

# Técnica Industrial 332

## Comunidades energéticas

### DETECCIÓN DE LA POSICIÓN Y TAMAÑO DE UNA GRIETA

Mediante impacto-eco y MCSD

### LA REALIDAD AUMENTADA

Como apoyo al diseño

### ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA (ACV)

Comparativo entre probetas obtenidas mediante fabricación tradicional por inyección (FI) y fabricación aditiva (FA)

### HERRAMIENTA DE BRUÑIDO

Con puntas intercambiables para el acabado de moldes

### DESMONTAJE EFICIENTE DE VÍAS EN PLACA FERROVIARIAS

Simulación numérica de la aplicación de corrientes de inducción al desmontaje eficiente de vías en placa ferroviarias

#### REPORTAJE

Las comunidades energéticas se abren paso en la producción y distribución de energía

#### INNOVACIÓN

Ecopolígono CCGreen: Cáceres acogerá el primer Campus Data Center neutro en carbono

#### ENTREVISTA

Francisco Javier Ramírez, director gerente de la Agencia Andaluza de Energía

# ¡COLÉGIATE!

Numerosas ventajas,  
¡conócelas!



¡INFÓRMATE!

->En tu Colegio Profesional

->En <https://cogiti.es/colegiacion>

## Ventajas de la Colegiación

- 1.- Acceso a la **Bolsa de empleo de ProEmpleo Ingenieros.**
- 2.- **Plataforma de Formación del COGITI.**
- 3.- **Acreditación Desarrollo Profesional Continuo.**
- 4.- **COGITI ToolBox:** Portal de gestión de licencias software.
- 5.- **Portal de Licitaciones Europeas del COGITI** (<https://cogiti.es/licitaciones>).
- 6.- **Portal La Ley Digital** (Contenidos de interés para la profesión y su ejercicio).
- 7.- **Normativa Técnica de AENOR.**
- 8.- **Visado de Proyectos, Visado electrónico, Libro de Incidencias Electrónico (LIE) y Libro de Órdenes Electrónico (LOE).**
- 9.- **Ventanilla única** (<https://cogiti.es/ventanilla-unica>).
- 10.- **Portal de tramitación industrial telemática Asesoría Jurídica, Técnica, Fiscal y Laboral.**
- 11.- **MUPITI**, (Mutualidad de Previsión Social de Peritos e Ingenieros) **Alternativa al RETA. Seguros de salud y de Responsabilidad Civil y Profesional.**
- 12.- **Prestaciones sociales** a través de la Mutualidad.
- 13.- Servicio de **préstamo de equipos técnicos de medida.**
- 14.- **Seguros de accidente y de invalidez.**
- 15.- **Convenios de colaboración** con organizaciones y Convenios con Universidades: fomento de formación y empleo.
- 16.- **Ejercicio Libre, ayudas, asesoramiento y defensa profesional.**
- 17.- **Club COGITI** con descuentos en tecnología, ocio, alimentación, etc.
- 18.- **Cuotas colegiales** reducidas en condiciones particulares y gratuitas para precolegiados.
- 19.- **Ventajas fiscales.**
- 20.- **Acreditación EURO INGENIERO**, para reconocimiento en la UE.



**EN PORTADA Comunidades energéticas**

**10 Las comunidades energéticas se abren paso en la producción y distribución de energía** La obligada transición energética no solo pretende descarbonizar los diferentes sectores productivos, eliminando la utilización de los combustibles fósiles.

*Mónica Ramírez*

**16 ENTREVISTA Francisco Javier Ramírez** Director gerente de la Agencia Andaluza de Energía: "Las comunidades de energía son una magnífica oportunidad para luchar contra la pobreza energética".

*M. R.*

**20 Innovación social y transición energética: iniciativas de comunidades energéticas**

*Marita Morcillo*

**24 ENTREVISTA Francisco Espín Sánchez** Director de proyectos de comunidades energéticas: "Los ingenieros estamos llamados a ser actores clave en el desarrollo de las comunidades energéticas".

*M. R.*

**28 Emancipaciones energéticas**

*Fernando Doncel*

**30 ENTREVISTA Jesús Manzano del Pozo** CEO de GRUPOETRA: "En GRUPOETRA ponemos todo nuestro empeño en atraer y retener al mejor talento".

*Redacción TI*

Foto de portada: Shutterstock.

**ARTÍCULOS**

**32 ORIGINAL**  
**Detección de la posición y tamaño de una grieta mediante impacto-eco y MCSD**

Detecting size and position of a crack by impact-echo and MCSD

*R. Medina, P. García-Albaladejo, F. Barrio-Parra, B. Biosca, J. Díaz-Curiel, L. Arévalo-Lomas*



**40 ORIGINAL**  
**La realidad aumentada como apoyo al diseño**

Augmented reality to support design

*Pérez Fernández, C.; Espinosa, M.*



**50 ORIGINAL**  
**Análisis de ciclo de vida (ACV) comparativo entre probetas obtenidas mediante fabricación tradicional por inyección (FI) y fabricación aditiva (FA)**

Comparative life cycle analysis (LCA) between specimens obtained by traditional injection manufacturing (IM) and additive manufacturing (AM)

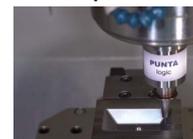
*José Adolfo Lozano Miralles, Rafael López García, Amalia Palomar, Alberto García Collado*



**58 ORIGINAL**  
**Herramienta de bruñido con puntas intercambiables para el acabado de moldes**

Burnishing tool with interchangeable tips for mould finishing

*Jordi-Adalbert Marqués Salvador, Ramón Jerez-Mesa, Jordi Llumà, J. Antonio Travieso-Rodríguez*



**64 ORIGINAL**  
**Simulación numérica de la aplicación de corrientes de inducción al desmontaje eficiente de vías en placa ferroviarias**

Numerical simulation of the application of induction currents to the efficient dismantling of slab tracks

*Ane Onaindia Rodríguez-Maribona, Olatz Oyarzabal de Celis, Aimar Orbe Mateo, Roque Borinaga Treviño, Javier Canales Abaitua, Ernesto García Vadillo*



**ACTUALIDAD**

**04 Ecopolígono CCGreen: Cáceres acogerá el primer Campus Data Center neutro en carbono** Implementar la transición energética, la descarbonización de la economía y el desarrollo de las tecnologías digitales es el objetivo de los ecopolígonos industriales. En nuestro país, la ciudad de Cáceres será pionera en esta materia y se situará a la vanguardia en el desarrollo industrial sostenible con la iniciativa CCGreen.

*Mónica Ramírez*

**08 ENTREVISTA Manuela Manzano Zahinos** Jefe de Mercado Industria, Marina & OEM en SAINT GOBAIN ISOVER IBERICA SL: "El aislamiento industrial es una de las formas más rentables y sostenibles de ahorro energético".

*M. R.*

**INGENIERÍA Y HUMANIDADES**

**92 INGENIEROS EN LA HISTORIA John Vincent Atanasoff, el hijo de un inmigrante búlgaro que inventó el primer ordenador**

*Laura Álvaro y Rosa Lerma*



**95 Publicaciones**

Técnica Industrial Revista cuatrimestral de ingeniería, industria e innovación revisada por pares. [www.tecnicaindustrial.es](http://www.tecnicaindustrial.es)

Directora: Mónica Ramírez Helbling

Secretario de redacción: Enrique Soriano Heras (Universidad Carlos III de Madrid). Consejo de redacción: Alessandro Ruggiero, Petr Valášek, Juan Antonio Monsoriu, Rubén Puche Panadero, Roberto D'Amato, Manuel Islán Marcos, Jesús Manuel García Alonso, Higinio Rubio Alonso y Fernando Blaya Haro. Consejo asesor: Jorge Arturo Ávila Rodríguez (México), Manuel Campo Vidal (España), Nuria Martín Chivelet (España), Sara Nauri (Reino Unido), Jerry Westerweel (Holanda).

Redacción, administración y publicidad: Avda. Pablo Iglesias, 2, 2º. 28003 Madrid. Tel: 915 541 806 / 809. [revista@tecnicaindustrial.es](mailto:revista@tecnicaindustrial.es)

Impresión: Monterreina. C/ Cabo de Gata, 1-3, Área empresarial Andalucía 28320 Pinto, Madrid.

Depósito legal: M. 167-1958 ISSN: 0040-1838. ISSN electrónico: 2172-6957.

PROFESIÓN

03 Editorial ¡Felicidades Técnica Industrial por tus 70 años de historia!

José Antonio Galdón Ruiz

74 Premio a la Innovación Tecnológica, Empresarial y Sostenibilidad, y a los mejores artículos técnicos

Los premios de la Fundación Técnica Industrial se entregaron el pasado 10 de junio, en el salón de actos del Colegio de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid (COGITIM), en formato híbrido (presencial y telemático).



79 TRIBUNA El sector industrial español debe ser digital y sostenible

Julio Juan Prieto



80 Casi el 50% de los grados en Ingeniería del ámbito industrial carecen de habilitación profesional

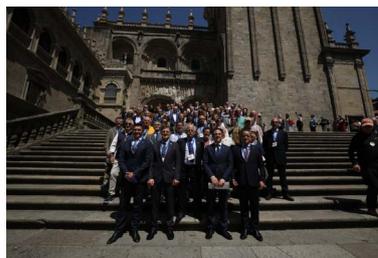
82 Se duplica el número de ingenieras matriculadas y se quintuplica el de egresadas en la última década

84 Más de 220.000 proyectos visados en 2021 en el ámbito industrial

86 ENTREVISTA Lillian Barros Científica e investigadora. Graduada en Ingeniería Biotecnológica por el Instituto Politécnico de Bragança (IPB). Doctor Europeus en Farmacia por la Universidad de Salamanca: "Veo mi profesión como una misión, en una enorme cadena de valor".  
M. R.



89 Ofrenda de los Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales al Apóstol Santiago El Consello Galego de Enxeñeiros Técnicos Industriais (CGETI) se encargó de organizar la Ofrenda de los Ingenieros Técnicos Industriales al Apóstol Santiago, con motivo del Año Santo Jubilar, que se llevó a cabo el pasado domingo 8 de mayo, en la Misa del Peregrino.



90 Entregados los VII Premios Nacionales de Iniciación a la Investigación Tecnológica 2022 de UAITIE



96 Engineida/UAITIE



**Técnica Industrial** Fundada en 1952 como órgano oficial de la Asociación Nacional de Peritos Industriales, es editada por la Fundación Técnica Industrial, vinculada al Consejo General de la Ingeniería rama industrial e Ingenieros Técnicos Industriales de España (Cogiti).

**Fundación Técnica Industrial**

**Comisión Permanente**

**Presidente** José Antonio Galdón Ruiz

**Vicepresidenta** Ana M<sup>a</sup> Jáuregui Ramírez

**Secretario** Jesús E. García Gutiérrez

**Tesorero** Fernando Blaya Haro

**Interventor** José Luis Hernández Merchán

**Vocales** Antonio Miguel Rodríguez Hernández y Angélica Gómez González

**Gerente** Santiago Crivillé Andreu

**Patronos**

Unión de Asociaciones de Ingenieros Técnicos Industriales de España (UAITIE), Cogiti y Colegios de Ingenieros Técnicos Industriales, representados por sus decanos:

**A Coruña** Macario Yebra Lemos

**Álava** Alberto Martínez Martínez

**Albacete** Emilio Antonio López Moreno

**Alicante** Antonio Martínez-Canales Murcia

**Almería** Francisco Lores Llamas

**Aragón** Enrique Zaro Giménez

**Ávila** Samuel Gavilán López

**Badajoz** Vicenta Gómez Garrido

**Illes Balears** Juan Ribas Cantero

**Barcelona** Miquel Darnés i Cirera

**Bizkaia** Alberto García Lizaranzu

**Burgos** Antonio Ruiz Saiz

**Cáceres** Fernando Doncel Blázquez

**Cádiz** Domingo Villero Carro

**Cantabria** Luis Miguel Muñoz González

**Castellón** José Luis Ginés Porcar

**Ciudad Real** José Carlos Pardo García

**Córdoba** Francisco López Castillo

**Garraf i l'Alt Penedès** Mar López Almagro

**Gipuzkoa** Santiago Beasain Biurrarena

**Girona** Jordi Fabrellas Payret

**Granada** Fernando Terrón Bote

**Guadalajara** Juan José Cruz García

**Huelva** Manuel León Gómez

**Jaén** Rafael Fernández Mesa

**La Rioja** Jesús Velilla García

**Las Palmas** José Antonio Marrero Nieto

**León** Miguel Ferrero Fernández

**Lleida** Ramón Grau Lanau

**Lugo** Jorge Rivera Gómez

**Madrid** José Antonio Galdón Ruiz

**Málaga** José B. Zayas López

**Manresa** Àngel Vilarasau Soler

**Región de Murcia** César Nicolas Martínez

**Navarra** Luis Maestu Martínez

**Ourense** Santiago Gómez-Randulfe Álvarez

**Palencia** Jesús de la Fuente Valtierra

**Principado de Asturias** Enrique Pérez Rodríguez

**Salamanca** José Luis Martín Sánchez

**S. C. Tenerife** Antonio M. Rodríguez Hernández

**Segovia** Gabriel Vallejo Álvarez

**Sevilla** Ana M<sup>a</sup> Jáuregui Ramírez

**Soria** Levy Garjito Tarancón

**Tarragona** Antón Escarré Paris

**Toledo** Ángel Carrero Romero

**Valencia** Angélica Gómez González

**Valladolid** Rafael Álvarez Palla

**Vigo** Jorge Cerqueiro Pequeño

**Zamora** Jose Luis Hernández Merchán

# ¡Felicidades Técnica Industrial por tus 70 años de historia!

Este año estamos de celebración, y es que nuestra querida revista Técnica Industrial cumple nada y más y nada menos que la friolera de 70 años. Mucho ha llovido desde aquel marzo de 1952 cuando vio la luz por primera vez, como una publicación trimestral del entonces denominado Órgano Oficial de la Asociación Nacional de Peritos Industriales.

Alcanzar todos estos años de publicación ininterrumpida es un éxito para cualquier revista. Podemos estar orgullosos por ello, y no solo por el hecho de haber llegado a este aniversario, sino también por haberse consolidado, además, como publicación de referencia de la "Ingeniería española". Desde el principio, ha gozado de un amplio reconocimiento y prestigio en este ámbito, y entre los profesionales. Sus 332 números editados hasta la fecha atestiguan el compromiso firme y sin fisuras de la Ingeniería Técnica Industrial por ofrecer una publicación actualizada y adaptada a los nuevos tiempos, sin olvidar a los graduados e ingenieros técnicos que con su trabajo contribuyen a mejorar la calidad de vida de las personas y a lograr una sociedad cada vez más desarrollada y sostenible, como se pretende también reflejar en las páginas de nuestra revista, a través de artículos técnicos de calidad, reportajes, entrevistas, informes, etc.

No en vano, en alusión a los artículos técnicos publicados en cada número, Técnica Industrial es una "revista científica" (revisada por pares), pues este contenido específico representa lo más actual e inédito en la investigación en el campo que cubre la publicación, y está enteramente disponible, además, para toda la comunidad científica y la sociedad, en general.

Y es que ya en el primer número se hacía una declaración de intenciones de lo que pretendía ser la revista Técnica Industrial: "Las páginas de esta publicación que hacen los peritos industriales de España se abren, por primera vez, con el deseo de cooperar intelectualmente con aquellos conocimientos que hace ahora cien años tienen puestos al servicio de la industria española. Los peritos industriales han sentido desde el primer momento la necesidad de que una industria eficaz contribuya a elevar el nivel de vida de España". Lo cierto es que echando la vista atrás, aun con todos los cambios experimentados en los años transcurridos, así ha seguido siendo.

La sociedad nos sigue necesitando, y ahora, si cabe, más que nunca. Nuestro compromiso con la industria española y europea es firme y voluntariosa. Vivimos tiempos complicados y muy cambiantes, en los que la tecnología y la innovación es cada vez más necesaria. Y en este contexto, los ingenieros tenemos mucho que aportar.

Las ingenierías son imprescindibles para el desarrollo de cualquier sociedad. Además, son un seguro ante el incierto futuro laboral, debido a la alta demanda de estos profesionales por parte de las empresas, en la actualidad, y constituyen una de las profesiones con más estabilidad laboral, como demuestran las

conclusiones de la encuesta del Barómetro Industrial que elabora cada año nuestro Consejo General, y que en breve comenzará a elaborar su sexta edición.

Nos hallamos ante un panorama incierto por diversos factores, como el encarecimiento y desabastecimiento de materias primas, los altos costes energéticos, las numerosas inversiones que son necesarias realizar, los problemas con los que se encuentran las pymes, y la propia situación de inestabilidad que estamos viviendo, que están afectando de forma especial al tejido industrial, y que sin duda está más necesitado de estímulos que nunca.

Pero también hay muchas oportunidades y retos para el sector que no podemos dejar escapar y por las que hay que apostar decididamente. Por ello, los ingenieros debemos ser capaces de crear el entorno productivo que se necesita hoy en día, y liderar las tecnologías con las que realizar la transición energética y sostenible de nuestra economía, porque serán el eje del desarrollo de los próximos años.

Sin embargo, para lograr este objetivo es imprescindible despertar las vocaciones entre los estudiantes de educación secundaria hacia las ingenierías, ya que en los últimos años se ha detectado un déficit de alumnos en los ámbitos STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics). Como ha trascendido en numerosas ocasiones, a las empresas les cuesta encontrar "talento" y personal altamente cualificado para el desempeño de los nuevos trabajos que han ido surgiendo como consecuencia del desarrollo tecnológico de la sociedad, y de los que todavía están por venir.

En este sentido, el papel de los colegios profesionales es fundamental para despertar las vocaciones entre los jóvenes, así como para hacerles ver que la profesión de ingeniero es básica en nuestro modelo productivo y en el desarrollo sostenible de la sociedad, y con ella, el desempeño profesional de los ingenieros e ingenieras.

Y para terminar, volviendo al 70 aniversario de Técnica Industrial, quiero dedicar unas palabras de agradecimiento a todas aquellas personas que a lo largo de todos esos años han hecho posible llegar hasta el momento actual, y que ya forman parte de la historia de nuestra publicación. Sin duda, ha merecido la pena, el aprendizaje, el trabajo y el esfuerzo que ha supuesto llevar a buen término cada número. La intención ha sido en todo momento proporcionar un legado que resulte estimulante e interesante a los lectores, y podéis estar seguros de que la ilusión continúa intacta para seguir cumpliendo muchos años más.

**José Antonio Galdón Ruiz.**  
Presidente de COGITI y de la Fundación Técnica Industrial.

## Ecopolígono CCGreen: Cáceres acogerá el primer Campus Data Center neutro en carbono

Implementar la transición energética, la descarbonización de la economía y el desarrollo de las tecnologías digitales es el objetivo de los ecopolígonos industriales. En nuestro país, la ciudad de Cáceres será pionera en esta materia y se situará a la vanguardia en el desarrollo industrial sostenible con la iniciativa CCGreen. Este polígono empresarial albergará centros de datos y empresas tecnológicas (TIC), y contará con el primer Campus Data Center neutro en carbono de la Unión Europea



El ecopolígono CCGreen ocupará una superficie industrial de unas 200 hectáreas en el término municipal de Cáceres. Foto: Shutterstock.

### Mónica Ramírez

Cáceres es conocida como la “ciudad verde”, por su gran cantidad de parques y zonas arboladas, y próximamente también por un desarrollo empresarial marcado por las energías renovables. Se trata del ecopolígono CCGreen y el Centro Ibérico de Investigación y Almacenamiento Energético.

La novedad más destacada es que este ecopolígono será “neutro en carbono”. CCGREEN es una iniciativa centrada en el desarrollo industrial sostenible, amplia, transversal y ambiciosa, que se va haciendo realidad en varias etapas, la primera de las cuales consiste en la implementación de un campus digital tecnológico que atraerá al primer complejo de centro de datos neutro en carbono de Europa.

El promotor del proyecto, a través de la sociedad CCGreen, es la empresa Ingenostrum, que acomete proyectos de distinta índole vinculados a la transición ecológica desde la perspectiva del desarrollo responsable y la sostenibilidad ambiental.

Santiago Rodríguez, CEO de Ingenostrum, explica a *Técnica Industrial* que promueven proyectos de generación eléctrica a partir de fuentes renovables no convencionales. “Estructuramos y desarrollamos proyectos industriales que tienen asociados una reducida huella de carbono, en los que la componente de circularidad económica siempre está muy presente. Todas las iniciativas que promovemos y los proyectos en cuyo desarrollo nos embarcamos están alineados con los ODS (Objetivos de Desa-

rollo Sostenible), abordando problemas reales y acuciantes como el estrés hídrico, la necesidad de un crecimiento tecnológico sostenible que llegue a todos los rincones, y la reducción de los impactos nocivos para el medio del consumo de combustibles fósiles”.

El proyecto CCGreen prevé una inversión aproximada de 1.300 millones de euros a lo largo de varias fases, que se desarrollarán desde 2023 hasta 2030. Del total de dicha inversión, 100 millones se dedicarán a la urbanización y las conexiones, hasta 400 millones a los proyectos de generación renovable y almacenamiento, y otros 800 millones de euros a la construcción de un campus data center ecosostenible, un novedoso centro de datos que estaría conectado con la conexión marítima de fibra óptica que une Europa



Santiago Rodríguez, CEO de Ingenostrum

con América, a través de Bilbao y Sines (Portugal). Esta situación estratégica convertirá a Extremadura en un nodo de conexiones para las grandes infraestructuras de transmisión de datos por internet.

El proyecto contempla, por tanto, la construcción del Campus Data Center CCGreen, un centro de datos de 70 MW IT, que para conseguir la neutralidad en carbono recurrirá a diferentes soluciones, como la construcción de un lago artificial y dos plantas fotovoltaicas, una para autoconsumo del centro de datos y otra de mayor capacidad que podría suministrar energía renovable adicional. Los dos primeros edificios de data center tienen previsto empezar su construcción en octubre de 2023, y empleará hasta 1.200 personas de mano de obra.

En total, CCGreen contempla la creación de hasta 2.500 puestos de trabajo en la comunidad autónoma de Extremadura para las actividades industriales, energéticas y tecnológicas que están previstas. El desarrollo del proyecto, llevado a cabo por Ingenostrum en colaboración con la Universidad de Extremadura, contempla también la construcción de un espacio industrial dedicado a tecnologías del Centro Ibérico de Investigación en Almacenamiento Energético y áreas de desarrollo, y un sistema de *district heating*, que utilizará parte del calor sobrante de los data centers para la climatización de edificios de oficinas, para empresas del sector tecnológico, con capacidad para 1.400 personas.

La iniciativa impulsará la revitalización de la industria extremeña, y en par-

ticular la de la provincia de Cáceres, al tiempo que aspira a cambiar el modelo productivo de la región. “La elección del territorio no es casual y responde a criterios objetivos como el ingente recurso renovable presente en la comunidad, la conexión con los principales enlaces de fibra óptica intercontinentales, la abundancia de suelo, la cualificación del personal (que será requerido en abundancia) o el apoyo de las administraciones a este tipo de iniciativas, siempre tan apreciado y, en este caso, necesario...”, explica el CEO de Ingenostrum.

### Innovaciones tecnológicas del proyecto

El nuevo Campus Data Center CC Green incluirá siete grandes edificios data centers con 70 MW IT, en lo que es “un gran hito para la economía digital de todo el sur de Europa”. “Hay varios aspectos que hacen de este proyecto un ejemplar único y singular, entre los que destaca el sistema de refrigeración necesario para retirar la ingente cantidad de calor producido por las máquinas alojadas en los edificios, elemento responsable de la mayor parte de consumo energético no asociado a la operación principal del centro de datos”, señala Rodríguez.

El sistema de refrigeración utilizará para su funcionamiento agua procedente de los efluentes (agua de desecho) de las depuradoras de la ciudad, dándole a estos un aprovechamiento que actualmente no tienen. Además, se construirá una balsa o lago artificial ob-

servando siempre las mejores técnicas disponibles (MTD), que hará las veces de reservorio para la acumulación de agua para apoyar al sistema de enfriamiento mecánico y fuente de refrigeración renovable (lo que se conoce como *free cooling*).

“Asimismo, esta gran cantidad de calor generada en el interior del recinto, que en los centros de datos convencionales se disipan al medio, será reaprovechado mediante intercambiadores de calor de última tecnología para proveer de calefacción a futuras industrias próximas y a edificios de oficinas planeados en la zona”, indica.

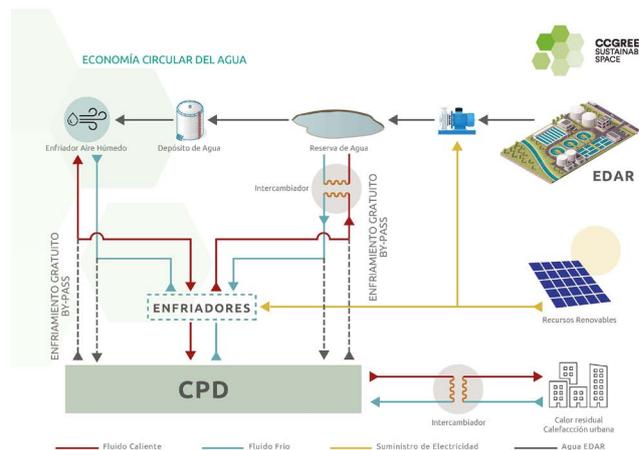
Además, el propio edificio está siendo proyectado y será construido siguiendo las pautas y recomendaciones del estándar más exigente del método internacional BREEAM, de edificación sostenible, estándar bajo el cual será certificado el complejo, y que acredita la sostenibilidad de la instalación en relación con las categorías abarcadas por el código que son, entre otras, energía, agua, materiales, uso ecológico del suelo o residuos.

CC Green estará dotado de una infraestructura “a la vanguardia de la tecnología”, así como de un parque fotovoltaico de 520 MW (de los cuales 120 MW serán para autoconsumo), que según las previsiones, permitirá un precio final de la energía altamente competitivo.

### Sistema “free cooling”

El centro de datos conseguirá ahorrar hasta un 35% de energía gracias a un sistema de *free cooling*, que utilizará el agua de un lago artificial, construido ‘ad-hoc’ para el proyecto, para refrigerar el centro de datos. Con una “imbatible eficiencia energética”, el campus contará con un sistema de enfriamiento y almacenamiento por lago artificial con aguas recuperadas, así como grupos electrógenos alimentados por hidrógeno verde, además de un sistema para recuperación de calor, entre algunas otras tecnologías disruptivas y altamente sostenibles.

“El sistema de *free cooling*, enfriamiento gratuito en inglés, es el paradigma de refrigeración más eficiente que existe y se apoya en el aprovechamiento de la temperatura del medio exterior, en este caso agua, para enfriar directamente el centro de datos sin necesidad de hacer uso de los medios de compresión habituales, presentes en una enfriadora mecánica convencional, reduciendo sensiblemente el consumo de energía para este fin”, destaca el CEO de Ingenostrum.



trum. Este sistema se desarrollará con la colaboración de la multinacional sueca Alfa Laval, líderes en proceso de transferencia de calor y especialistas en la refrigeración de centros de datos.

Además, el sistema que será implementado en los “data centers” de CCGREEN tiene la particularidad de que el agua usada se almacenará en una balsa próxima a las instalaciones, que será abastecida a partir de los efluentes de las depuradoras de la ciudad, dotando al sistema de un componente de circularidad económica evidente e innovador. Las bombas necesarias para conducir el agua desde la depuradora a la balsa, construido expreso para el campus, se alimentarán a partir de energías renovables.

El desarrollo del proyecto, que lleva a cabo Ingenostrum en colaboración con la Universidad de Extremadura, contempla también la construcción de un espacio industrial dedicado a tecnologías del Centro Ibérico de Investigación en Almacenamiento Energético y áreas de desarrollo y el mencionado sistema *district heating* o red centralizada. Este concepto hace referencia a un sistema de suministro de agua caliente sanitaria y calefacción (y en algunos casos también refrigeración) a distintos edificios a partir de una planta central.

El calor producido en dicha planta se entrega a los usuarios para su consumo mediante una red de tuberías pre aisladas y enterradas. “La singularidad de este sistema reside en la propia fuente de calor, y es que esta energía es generada por el propio funcionamiento del data center, y es aprovechada para ser suministrada a los edificios abastecidos por la red, en lugar de ser evacuada y

dissipada al medio, como ocurre en los centros de datos convencionales”, explica Rodríguez.

La empresa encargada de suministrar la energía eléctrica renovable al proyecto será la noruega Statkraft que, a su vez, es la mayor compañía productora de energía renovable de Europa. Esta firma pertenece al Gobierno de Noruega y, según los promotores de CC Green, tiene como uno de sus principales objetivos “la creación de valor en las zonas donde construye y opera sus proyectos”.

En cuanto a los plazos que se manejan para el centro de procesamiento de datos, la idea es poner en marcha una primera fase de 70 MW entre 2023 y 2025, una segunda de 40 MW en 2027, y una cuarta de otros 40 MW en 2028. Al mismo tiempo se irían construyendo los edificios de oficinas en función de la demanda de empresas del sector de las tecnologías y las energías verdes que se quieran instalar en ellos, hasta un máximo de siete.

### Primer Campus Data Center neutro en carbono de la UE

El impacto que tendrá el primer Campus Data Center neutro en carbono de la Unión Europea será impresionante, para una ciudad como Cáceres y, en general, para Extremadura. El CEO de Ingenostrum destaca la colaboración entre administraciones en el aspecto urbanístico: “El Ayuntamiento de Cáceres, la Junta de Extremadura y el Ministerio de Transición Ecológica han sido fundamentales para que este proyecto pueda ver la luz”.

Para Santiago Rodríguez, CEO de Ingenostrum, “Extremadura es uno de los mejores sitios de España y del sur de Europa para hacer proyectos renovables,

por lo que decidimos hacer una gran inversión en un centro de datos, porque tenemos energía barata y agua, y además pasan por aquí las grandes redes de fibra óptica. Estamos en plena transición ecológica y en este proyecto no hay nada de energía fósil”.

Por su parte, el presidente de la Junta de Extremadura, Guillermo Fernández Vara, ha señalado que CCGreen es un proyecto que “lo tiene todo” para que Extremadura entre a formar parte del “proceso de recuperación de la soberanía industrial de la Unión Europea”. “Entra de lleno en el nuevo mundo de la conectividad y los datos, y lo hace sumando empresas complementarias entre sí. Este proyecto es pura economía circular en el mejor sentido de la palabra. Probablemente es el proyecto más completo que me han presentado en los últimos años”.

Luis Alaya, alcalde de Cáceres, destaca que “este proyecto es lo más importante que le ha pasado a la ciudad desde su declaración como Patrimonio de la Humanidad. El posicionamiento de marca de Cáceres como ciudad verde no sólo tiene beneficios para la salud, sino también para la inversión”.

El trabajo para desarrollar y poner en marcha el proyecto supondrá también todo un reto para los ingenieros que lo lleven a cabo, como destacados baluartes en la transición energética y en el sector de las energías renovables. Juan Luis Barandarián Muriel es el Project manager de Ingenostrum, y colegiado en el Colegio de Graduados e Ingenieros Industriales de Cáceres. Su papel será fundamental a la hora de convertir este macro proyecto en una realidad, junto a todo el equipo que forma parte de la empresa.

# Plan Ingeniería el futuro

Ahora más que nunca, la unión hace la fuerza



**FORMACIÓN online de COGITI**



**INFORMACIÓN ACTUALIZADA**



**PORTAL DE LICITACIONES  
EUROPEAS**



**ACREDITACIÓN DPC Ingenieros**



**SOFTWARE TÉCNICO**



**WEBINAR Y TV EDUCATIVA**



**NORMAS UNE PARA FABRICACIÓN  
EPIS (descarga gratuita)**



**ACTUACIONES SOLIDARIAS COLEGIOS**



**REVISTA TÉCNICA INDUSTRIAL  
en abierto**



**YOUNG ENGINEERS**



**CUESTIONARIO**



**CLUB COGITI**

# Manuela Manzano Zahinos

Jefe de Mercado Industria, Marina & OEM en SAINT GOBAIN ISOVER IBERICA SL.

## “El aislamiento industrial es una de las formas más rentables y sostenibles de ahorro energético”

**Mónica Ramírez**

La economía española debe afrontar en las próximas décadas el desafío de llevar a cabo un rápido proceso de descarbonización, que va a afectar a todos los sectores de actividad. Todo ello enmarcado en el contexto del reto internacional y de los compromisos de la Unión Europea de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero para hacer frente al impacto del cambio climático.

La industria, sector destacado a nivel de consumo energético y emisiones de CO<sub>2</sub>, no puede permanecer ajena a este objetivo. Las actividades industriales son responsables de casi un tercio (31%) del consumo de energía de nuestro país.

A pesar del esfuerzo que ha venido realizando en la mejora de la eficiencia energética y en la reducción del consumo de combustibles fósiles, la industria se enfrenta al gran reto de llevar a cabo la adaptación tecnológica y energética de sus procesos productivos, sin perder competitividad.

En este contexto, la eficiencia energética puede significar la diferencia entre la rentabilidad y las pérdidas económicas. La reducción de costes es un factor clave para la supervivencia de cualquier industria o empresa, y por este motivo, invertir en eficiencia energética puede ser la llave para mantener la competitividad.

Las auditorías energéticas térmicas juegan un papel relevante en la evaluación de los sistemas de aislamiento de instalaciones, ayudando a mejorar la eficiencia energética de los procesos industriales.

Para conocer más a fondo este tema, *Técnica Industrial* ha entrevistado a Manuela Manzano Zahinos, jefe de Mercado Industria, Marina & OEM en SAINT GOBAIN ISOVER IBERICA SL.

**Con el fin de fomentar la eficiencia energética, y la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, la Unión Europea lleva años tomando destacadas medidas**



Manuela Manzano Zahinos

**para favorecer la reducción del consumo energético en sectores como la edificación, el transporte y la generación de energía. Sin embargo, la industria juega también un papel muy importante en este aspecto, ya que se pierde una gran cantidad de energía en las plantas industriales por un aislamiento insuficiente o incluso, en muchos casos, inexistente. ¿Qué aportan las auditorías energéticas en la resolución de problemas ante esta situación?**

La Unión Europea se ha fijado dos objetivos ambiciosos: reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en al menos un 55% para 2030, y ser climáticamente neutro para 2050, con cero emisiones netas de CO<sub>2</sub>. La descarbonización de la industria de la UE es uno de los principales retos que deben superarse para conseguir este objetivo.

Las auditorías energéticas térmicas, TIPCHECK, evalúan los sistemas de aislamiento de instalaciones existentes ayudando a mejorar la eficiencia energética de procesos industriales. Cuantifican la cantidad de energía y dinero que se está perdiendo con la instalación actual, así como las emisiones de CO<sub>2</sub> que podrían

evitarse. Además, contribuyen en los sistemas de gestión de energía como la ISO 50001 identificando mejoras de eficiencia en los procesos y riesgos de seguridad para las personas y los equipos. Los TIPCHECK, Technical Insulation Performance Check, son una herramienta estandarizada a nivel europeo por EEIF (la Fundación Europea del Aislamiento Industrial, creada para promover y establecer el uso del aislamiento industrial como un medio ampliamente comprendido y aceptado para lograr la sostenibilidad en la industria), y debe ser utilizada únicamente por ingenieros TIPCHECKs.

**¿Qué puede significar, en términos de ahorro energético y económico, realizar las inversiones pertinentes en esta materia, para una instalación industrial?**

Es muy común encontrarnos en las plantas industriales con líneas de tuberías o equipos tales como válvulas o bridas sin aislar; en estos casos, la energía que se está perdiendo es tal que si hiciéramos la inversión correspondiente instalando el aislamiento adecuado la amortización se haría en meses.

Para hacernos una idea con números: uno de los últimos TIPCHECKs realizados en una planta de fabricación de extractos naturales, tras ejecutar la inversión en aislamiento en la sala de calderas, que supuso unos 27.000€, se han conseguido unos ahorros de 982MWh/año, que económicamente han supuesto unos 29.000€/año. Es decir, en poco más de 11 meses la inversión está amortizada. Además, no debemos perder de vista la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, que en este caso fueron más de 200 toneladas al año.

**¿Cuáles son las últimas innovaciones en el ámbito del aislamiento industrial?**

Las últimas innovaciones surgen de las nuevas necesidades que aparecen en el



Las auditorías energéticas térmicas juegan un papel relevante en la evaluación de los sistemas de aislamiento de instalaciones.

ámbito industrial; de ahí las mejoras que se han realizado en las soluciones tradicionales de aislamiento industrial para combatir el CUI (la corrosión bajo el aislamiento), fenómeno que afecta a tuberías y equipos de acero como resultado de la entrada o condensación de agua bajo el aislamiento.

Por otro lado, cada vez toma más relevancia la acústica en el sector industrial. Desde ISOVER diseñamos soluciones y sistemas específicos que aportan tanto absorción acústica como aislamiento acústico, destacando las soluciones concretas para ruido en tuberías, según la norma ISO 15665.

#### **Desde su experiencia, ¿cuáles consideran que son las inversiones más sostenibles y rentables en el sector industrial?**

El aislamiento industrial es una de las formas más sencillas, rentables y sostenibles de ahorro energético. Normalmente en aquellas partes del proceso donde no exista aislamiento o el aislamiento esté muy deteriorado, los retornos de inversión son menores a un año; lo que significa que pasado el primer año ya está amortizada la inversión y todo son ahorros.

#### **¿Cómo valoran en este sentido la situación de las plantas industriales**

#### **españolas en comparación con otros países europeos? ¿Hace falta una mayor concienciación?**

El Estudio EiiF 2021 analiza que se pueden ahorrar 14 Mtoe de energía mejorando los estándares de aislamiento en la industria, ofreciendo el potencial de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> de la UE en 40 Mt cada año.

En el caso concreto de España, el potencial de ahorro energético y reducción de emisiones de gases a través de la mejora del aislamiento en las plantas industriales sería de 1.280 ktoe y 3.880 kt respectivamente.

El potencial de ahorro energético en España supone un 9,14 % de todo el potencial de ahorro dentro de la Unión Europea en su conjunto, representando así una oportunidad de mejora indispensable para la consecución de estos ambiciosos objetivos. En la situación actual, encontramos un importante camino por recorrer para el aprovechamiento de este potencial de ahorro energético que, por medio de las mejoras de aislamiento industrial, centrándonos en los incrementos de espesor y el aislamiento de los elementos que todavía no se aíslan (bridas, válvulas, etc.) encontramos que es el camino más rentable y sencillo a la hora de aprovechar este potencial de ahorro energético.

El sector con mayor potencial, sin duda, es el de las refinerías, seguido de

la producción de electricidad (producción energética) y los sectores de industria química, minerales no-metálicos y la industria alimentaria.

Así como en Edificación existe un Código Técnico de obligado cumplimiento, en la industria no existe ninguna normativa que regule las pérdidas máximas o los espesores necesarios en cada proceso industrial. Por esta razón, es importante la difusión y la concienciación del sector industrial en España, que no es uno de los más avanzados en Europa en cuanto a aislamiento industrial se refiere.

#### **¿Qué herramientas para la selección de la solución óptima se pueden encontrar actualmente?**

En el mercado hay muchos softwares de cálculo térmico que ayudan a calcular la solución y el espesor óptimo de aislamiento. En ISOVER contamos con nuestro software TECH CALC, un software muy sencillo de manejar que nos permite de una forma rápida realizar cálculos con diferentes instalaciones tales como tuberías, conductos, tanques, etc. Todos los cálculos y resultados están basados y de acuerdo a la norma UNE-EN-ISO 12241.

Así mismo, ISOVER cuenta con técnicos especialistas en Aislamiento Industrial que dan soporte y ayudan a encontrar la solución más eficiente en cada caso.

#### **También realizan una formación pedagógica en el ámbito universitario, ¿qué colaboraciones y proyectos desarrollan en la actualidad?**

Además de colaborar en diferentes Universidades, como en la Escuela de Ingenieros Industriales de Badajoz, o en la Politécnica de Madrid, realizando jornadas para diferentes master o sesiones concretas en asignaturas de grados, hace años que desde ISOVER se organizan los Premios Eficiencia Industrial ISOVER, donde se estudia un proyecto real, en una planta industrial existente, y los alumnos tienen que proponer y evaluar diferentes soluciones de eficiencia energética para dicho proyecto. En 2023 celebraremos la tercera edición de estos premios.

Para Saint-Gobain ISOVER es un orgullo formar parte de la formación de los ingenieros del futuro y de contribuir a tener un mundo más sostenible, fieles al propósito del grupo Saint-Gobain: "Making the world a better home".

# Las comunidades energéticas se abren paso en la producción y distribución de energía

La obligada transición energética no solo pretende descarbonizar los diferentes sectores productivos, eliminando la utilización de los combustibles fósiles. Implica también un cambio intrínseco en la propiedad de quien produce y gestiona dicha energía. En este sentido, las comunidades energéticas permiten extender la cultura cooperativista al ámbito de la energía, a través de la democratización del sistema energético y de un considerable ahorro para el consumidor final. Las primeras comunidades creadas en España aseguran que se puede reducir más de un 20% del precio de la factura eléctrica



Foto: Shutterstock.

## **Mónica Ramírez**

Las comunidades energéticas son, por tanto, una pieza clave en la reorganización de los sistemas de producción y distribución de energía, pues permiten aprovechar los recursos renovables de los lugares donde se encuentran. Su objetivo no es lograr una rentabilidad financiera, sino impulsar y facilitar una participación activa y voluntaria de los ciudadanos en el sistema energético, así como mejorar, al mismo tiempo, la gestión de la energía.

Por ello, el aumento de la autogeneración implica importantes cambios en la forma en que se genera, se transporta y se distribuye la electricidad, de tal manera que estas prácticas comunitarias

proponen cambiar el modelo actual. Los ciudadanos pueden ser productores, gestores y consumidores, lo que permite democratizar la energía.

El autoconsumo colectivo se centra en la posibilidad de que varias personas propietarias puedan compartir, por ejemplo, una instalación de placas solares, pero las comunidades energéticas renovables van más allá, porque tienen que asegurar la participación abierta de la ciudadanía, e incluyen también otras energías, como la hidráulica o eólica. Su objetivo se centra en ofrecer beneficios energéticos, de los que se derivan los medioambientales, económicos y sociales a los territorios donde se implementan.

## **¿Qué son las comunidades energéticas?**

El proceso de transición energética se basa en un principio clave, que supone un cambio de paradigma, como es el empoderamiento del ciudadano y su participación de manera activa como elemento fundamental del proceso. El objetivo es que esta transformación esté diseñada por y para el ciudadano, y trate de resolver una parte destacada de los retos a los que nos enfrentamos como sociedad, entre los que se encuentran los altos costes energéticos, la fuerte dependencia de la energía, la lucha contra la pobreza energética o incluso la reducción de emisiones de los gases de efecto invernadero.

Las comunidades energéticas se crean en torno al concepto del autoconsumo energético local, basado en la producción de energía para uso propio, individual o colectivo, y en el mismo lugar en el que se genera. La idea no es nueva, pero sí ha ganado relevancia en los últimos años, tras haberse reconocido un cierto estatus jurídico y legal, y señalar su importancia para acelerar la transición hacia un sistema energético sin emisiones de CO<sub>2</sub>.

Según el Instituto para la Diversificación y el Ahorro de Energía (IDAE), una comunidad energética es una entidad jurídica formada por socios que pueden ser tanto personas físicas como otras asociaciones, pequeñas y medianas empresas (pymes) o, incluso, administraciones públicas. Esta sociedad, de forma cooperativa, establece una serie de objetivos de obtención de energía para sí misma, una comunidad o terceros beneficiarios. Su objetivo principal será, por tanto, ofrecer beneficios energéticos, de los que se derivan los medioambientales, económicos y sociales.

En marzo 2021, el Consejo de Ministros aprobaba el acuerdo por el que se adoptaba la versión definitiva del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 (PNIEC), que fue publicado en el BOE el día 31 de ese mes. Este documento define el plan de trabajo estatal en materia energética para la próxima década.

Tal como y como recoge dicho Plan Nacional, la definición de comunidad energética engloba dos conceptos:

**Comunidad de energías renovables.** Enfocada a cualquier proyecto comunitario energético que implique el uso de fuentes renovables como la eólica o la fotovoltaica.

**Comunidad ciudadana de energía.** Está pensada para abarcar cualquier proyecto del sector eléctrico destinado a sus miembros, incluyendo distribución, suministro, consumo, agregación, almacenamiento y prestación de servicios energéticos (como renovación de edificios) o servicios de recarga para vehículos eléctricos.

En el ámbito europeo, las comunidades energéticas han sido reconocidas legalmente dentro del *Clean energy for all Europeans package*, la reforma de la Directiva Europea sobre las normas comunes para el mercado interior de la electricidad de 2019 y la revisión de la Directiva Europea de Energías Reno-

## Las comunidades energéticas se crean en torno al concepto del autoconsumo energético local

vables de 2018. Alemania, Dinamarca, Francia, Polonia y Reino Unido reconocen las comunidades energéticas en sus legislaciones y otros Estados europeos lo harán en el corto plazo.

En cuanto a su implantación en Europa, un informe de la Asociación de Comercializadores Independientes de Energía señala que en 2019 existían 1.750 proyectos comunitarios alrededor de la energía en Alemania, 700 en Dinamarca, 500 en los Países Bajos y 431 en el Reino Unido. Estas cifras están todavía muy lejos de las contabilizadas en España (no llegaban al medio centenar a principios de 2022).

### Ventajas de las comunidades energéticas

Las comunidades energéticas son una pieza clave en la reorganización de los sistemas de producción y distribución de energía, pues permiten aprovechar los recursos renovables de los lugares donde se encuentran, y son una puerta abierta para la participación activa de los ciudadanos en el sistema energético.

Según el informe *Community Energy: A practical guide to reclaiming power*, entre sus principales ventajas destacan una mayor eficiencia en el consumo, sobre todo en aquellas comunidades que tengan como objetivo mejorar la distribución y reducir el gasto de las viviendas y el transporte; la implantación de alternativas de inversión colectiva para el desarrollo de las energías renovables y, por tanto, la reducción de la huella de carbono local; la posible solución a la pobreza energética, al favorecer precios más bajos para los vecinos con menos recursos económicos; el desarrollo de la economía local; el fortalecimiento de los lazos de la comunidad, y la redistribución de beneficios.

Las comunidades energéticas son, en definitiva, una nueva forma de entender la generación y la distribución de la electricidad, así como multitud de servicios energéticos.

### Autoconsumo y autogeneración

Tras más de un siglo sin apenas haber variado el funcionamiento del sistema eléctrico, en la actualidad está inmerso en un profundo cambio de modelo, gracias a la aparición de nuevos actores y modelos de negocio, unidos a la irrupción de nuevas tecnologías. El sistema centralizado y oligopólico se está transformando en uno más descentralizado, abierto, limpio y digitalizado.

El nuevo sistema de generación distribuida se basa en proveer energía desde sistemas cercanos a los puntos de consumo y, a ser posible, a través de la utilización de fuentes de energía renovable, como la tecnología fotovoltaica. Es aquí donde entra en juego el autoconsumo, que se define como el aprovisionamiento de energía que el propio consumidor genera, gracias a una instalación ubicada en el propio punto de consumo.

Existen dos tipos de sistemas de autoconsumo, los conectados a la red y los aislados:

- Sistemas de autoconsumo aislados: esta modalidad no cuenta con conexión a la red eléctrica. En este caso, el consumo de electricidad es instantáneo, es decir, la electricidad producida se consume en el mismo momento y si hubiera excedentes se almacenarían en baterías.

- Sistemas conectados a red: estos sistemas están conectados a la red eléctrica general, por lo que se pueden volcar los excedentes y utilizar la red cuando la producción de energía propia no es suficiente.

La diferencia ente el autoconsumo y la autogeneración es que el primero se define como la cantidad de energía consumida que procede de la planta de generación del consumidor y que se consume instantáneamente, mientras que la autogeneración es la cantidad total de energía que un consumidor genera, independientemente de donde lo haga, respecto a la que consume en un mismo periodo de tiempo.

### Marco normativo

Los inicios de las comunidades energéticas, como proyecto, datan de 2016, cuando la Comisión Europea propuso poner a los ciudadanos como epicentro del cambio hacia una transición energética más sostenible, en el marco del «Paquete de Invierno». Por ello, la directiva europea exige que los Estados miembros garanticen a los consumidores el derecho a producir, consumir,

almacenar y vender su propia energía renovable.

Estas nuevas figuras aparecen en las Directivas Europeas 2018/2001/IEC y 2019/944/IEC de Mercado Interior, que incluyen las definiciones de Comunidades de Energías Renovables (CER) energéticas y Comunidades Ciudadanas de Energía (CCE), así como sus características.

En el marco normativo español, el Real Decreto-Ley 23/2020 introduce por primera vez la figura de las comunidades energéticas en el sector eléctrico como "entidades jurídicas basadas en la participación abierta y voluntaria, autónomas y efectivamente controladas por socios o miembros que están situados en las proximidades de los proyectos de energías renovables que sean propiedad de dichas entidades jurídicas y que estas hayan desarrollado, cuyos socios o miembros sean personas físicas, pymes o autoridades locales, incluidos los municipios, y cuya finalidad primordial sea proporcionar beneficios medioambientales, económicos o sociales a sus socios o miembros o a las zonas locales donde operan, en lugar de ganancias financieras."

En junio de 2020, la normativa española introdujo dos nuevas figuras jurídicas: las comunidades ciudadanas de energía y las comunidades de energía renovable. En noviembre de ese mismo año, el MITECO abrió el proceso de consulta pública previa para el desarrollo de Comunidades Energéticas Locales que ha servido, junto con la Manifestación de Interés para definir las líneas del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR), como base para diseñar las ayudas que se otorgan.

### Programas de ayudas

En septiembre de 2021, la vicepresidenta y ministra para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, Teresa Ribera, anunció la activación de 100 millones de euros en subvenciones para impulsar las comunidades energéticas en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR).

Durante su intervención, Ribera destacó la importancia de las comunidades energéticas locales: "Tienen muchas ventajas, porque aportan energía de proximidad y beneficios de proximidad. Además rebajan los gastos energéticos de los socios y del ámbito municipal y, al estar cercanas al territorio, conocen

## En 2020, la normativa española introdujo las comunidades ciudadanas de energía y las comunidades de energías renovables

sus puntos sensibles y las ventajas que pueden ofrecer, facilitando una buena relación con el entorno. Ahora podemos imaginar 1.200 pueblos con comunidades o 300.000 tejados solares".

En este sentido, la vicepresidenta destacó el papel de estas comunidades en el impulso de una transición hacia un modelo rural con energía asequible y sostenible: "Queremos que todos los territorios tomen un papel activo en la transición energética y se beneficien de las ventajas que genera, como el abaratamiento de la energía, la independencia frente a las tensiones que se producen en los mercados energéticos internacionales o la generación de actividad económica".

### 100 millones en tres convocatorias

Los 100 millones de euros del PRTR movilizados para este plan se repartirán en tres programas de gestión centralizada: CE-Aprende, CE-Planifica y CE-Implementa. Estas líneas se complementarán con una red de Oficinas de Transformación Comunitarias que, coordinadas por el IDAE y repartidas por todo el territorio, acompañarán y asesorarán a las comunidades energéticas en toda su cadena de desarrollo y facilitarán el acceso a cada línea de ayudas.

La primera de las líneas (CE-Aprende), en régimen de concurrencia simple, tiene como objeto ayudar a personas físicas u organizaciones interesadas en la constitución de una comunidad energética a familiarizarse con el concepto e identificar futuros socios o miembros, de tal modo que subvencionará actuaciones como los gastos asociados a la dinamización, promoción y publicidad de la comunidad.

Por su parte la segunda línea (CE-Planifica), también de concurrencia simple, se orienta al planteamiento y constitución de la comunidad energética en sí misma. En este programa se incluyen la financiación de estudios y modelos de contrato o la asistencia técnica especializada y el asesoramiento jurídico.

Una vez constituida legalmente, la comunidad energética podrá optar a la financiación de la tercera línea (CE-Implementa), que se articula en régimen de concurrencia competitiva. A través de ella se subvencionarán proyectos integrales y de carácter transversal en el ámbito de la energía renovable eléctrica y térmica, la eficiencia energética o la movilidad eléctrica.

La selección de los proyectos tendrá en cuenta factores como el grado de innovación, los niveles de participación social que haya incorporado la iniciativa, sus beneficios sociales, su contribución a la lucha contra la pobreza energética, la generación de empleo o la perspectiva de género, así como la combinación de distintas actuaciones, como el impulso de renovables, la eficiencia energética y la movilidad sostenible.

### COMPTEM, primera célula de autoconsumo colectivo

En los últimos años, en España se han impulsado numerosas experiencias de comunidades energéticas a escala local. Actualmente, se están desarrollando alrededor de 20 iniciativas, según datos del Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico, a los que todavía faltan por añadirse más de una docena.

En la Comunidad Valenciana, por ejemplo, la empresa Sapiens, proveedora de energía renovable, gestiona 6 proyectos en las localidades de Alzira, Albalat del Sorells, Gátova, Canet de Berenguer, Fontanars dels Alforins y Llíria.

También en esa comunidad autónoma, un caso de éxito es el de la comunidad energética instalada en el municipio alicantino de Crevillent. Se trata de la primera comunidad energética en activarse en España, bajo la denominación de COMPTEM (Comunidad Para la Transición Energética Municipal); un proyecto de la cooperativa Grupo Enercoop, que en colaboración del Ayuntamiento de Crevillent se ha marcado como objetivo convertir a este municipio de unos 30.000 habitantes en una comunidad energética de referencia.

Los vecinos aspiran a generar el 50% de la electricidad que consuman de cara a 2030, gracias a las comunidades energéticas. En un primer momento esperan un ahorro del 15% mensual, si bien los 120 kilovatios que generan satisfacen la mitad de la demanda de los vecinos, con la energía generada se paga la inversión que ellos no han tenido que adelantar.



Vista aérea de la instalación fotovoltaica de El Realengo, en la comunidad energética de Crevillent (Alicante).

Las comunidades energéticas están preconcebidas por la legislación en una distribución celular (como los teléfonos móviles), lo que significa que desde donde está la instalación sólo puede dar servicio a usuarios en un radio de 500 metros. La comunidad energética de Crevillent tiene que ir creciendo con diferentes células, y para ampliar su capacidad de generación de energía han contado con el apoyo del Ayuntamiento, que está cediendo espacios públicos para instalar más placas solares.

En concreto, ya se encuentran en desarrollo cinco nuevas células de autoconsumo colectivo. En el marco del proceso de licitación resuelto recientemente por el Consistorio de Crevillent, el Grupo Enercoop estima que se podrá instalar más de 1 MW de potencia fotovoltaica en el casco urbano en los dos próximos años.

La primera célula fue la instalación ubicada en la pedanía de El Realengo, montada en una marquesina con módulos solares en el aprovechamiento de un solar que carecía de uso. El acto de inauguración de la primera célula de COMPTM, en septiembre de 2021, contó con la participación de la vicepresidenta tercera y ministra para la Transición Energética y Reto Demográfico, Teresa Ribera; el conseller de Economía Sostenible, Rafa Climent; la Secretaria de Estado de Energía, Sara Aagesen; y del director general del IDAE, Joan Groizard, entre otras autoridades políticas y sectoriales.

El Realengo fue el escenario elegido para dar a conocer a nivel nacional el nuevo ecosistema con los principios

generales de las líneas de ayuda a comunidades energéticas, pero también para hacer partícipe a toda España de la inauguración oficial de la primera célula de esta comunidad energética, que se encuentra ya plenamente operativa dando servicio a los vecinos de esta pedanía.

Además, esta primera experiencia piloto ha permitido concretar el modelo desde el punto de vista técnico, normativo, jurídico, administrativo y social, y su viabilidad ya permite su replicación en otras zonas del municipio.

### Experiencias de comunidades energéticas locales

El portal de la Red de Comunidades Energéticas S.Coop. recoge una serie de "casos de éxito" repartidos por toda la geografía española, que mostramos a continuación:

#### - Esparza de Galar (Navarra)

La instalación, por el Concejo de Esparza, de una planta de generación fotovoltaica en la cubierta del Frontón, subvencionada por el Gobierno de Navarra y en el marco jurídico establecido por el Real Decreto 244/2019, dio lugar a la creación de la "Comunidad Energética de Esparza", con puntos de consumo eléctrico, en un proceso de participación voluntaria y abierta.

#### - Urroz Villa (Navarra)

Ya han comenzado las obras de un proyecto que, a través del autoconsumo de energía renovable, puede alcanzar un ahorro del 54% en la factura global y contribuir al cuidado del planeta evitan-

do la emisión anual de más de 26 toneladas de CO<sub>2</sub>.

Se trata de la instalación de las placas solares con una potencia de generación fotovoltaica de 36 Kwp, que se espera alcance una producción de 41.891 Kwh de energía de origen fotovoltaico. Además del Ayuntamiento, se están integrando en la comunidad energética más de un centenar de vecinos y vecinas de Urroz, que en conjunto lograrán un autoconsumo de electricidad que puede superar el 41%, con un ahorro en la factura global que puede alcanzar el 54%.

#### - San Cristóbal de la Laguna (Tenerife)

El Ayuntamiento de San Cristóbal de La Laguna ha iniciado el proceso para poner en marcha una comunidad energética en esta ciudad histórica de la isla de Tenerife. Con una población de algo más de 150.000 habitantes, tiene el título de Patrimonio de la Humanidad de la UNESCO y su corporación municipal ha adquirido un fuerte compromiso para lograr que el 30% del consumo energético sea renovable. En el marco de este compromiso, ha encargado a Red de Comunidades Energéticas S.Coop. la asistencia técnica para el desarrollo de un proyecto piloto para crear una comunidad energética que sirva de referente para el impulso de nuevas comunidades energéticas en la ciudad.

En la provincia de Álava se han puesto en marcha las siguientes iniciativas:

#### - Manurga (Álava)

La Junta Administrativa de la localidad alavesa de Manurga ha puesto en marcha el proceso para constituir una Comunidad Energética Local, con el fin de generar energía eléctrica renovable destinada al autoconsumo, siguiendo las características que establece la Directiva Europea relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables.

#### - Trespuentes (Álava)

Más de un centenar de vecinos, con el impulso de la Junta Administrativa de la localidad alavesa de Trespuentes, han iniciado el proceso de constitución de una Comunidad Energética Local. Su objetivo es generar energía eléctrica renovable destinada al autoconsumo, siguiendo las características que establece la Directiva Europea relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables.



Foto: Shutterstock.

- Lasiera (Álava)

La localidad alavesa de Lasiera es el primer lugar de Euskadi en el que se pone en marcha una Comunidad Energética Local siguiendo las características que establece la Directiva Europea sobre fomento del uso de energías renovables.

- Castillo (Álava)

Otro ejemplo de constitución de una Comunidad Energética Local se puede ver en la localidad de Gaztelu-Castillo, concejo perteneciente al municipio de Vitoria-Gasteiz. Una veintena de familias, junto con la Junta Administrativa, han tomado la iniciativa de hacer realidad su compromiso con las energías renovables.

- Ollavarre (Álava)

Con la instalación fotovoltaica de 47 kWp de potencia nominal, que estará operativa en los próximos meses, la Comunidad Energética Local de Olabarra-Ollavarre tiene previsto alcanzar un autoconsumo del 43%. Con esta potencia de generación fotovoltaica y su autoconsumo, se evitará la emisión anual de 27,4 toneladas de CO<sub>2</sub>. Otra iniciativa similar se encuentra en la Comunidad Energética de Amara, también en Álava.

**Otras iniciativas de comunidades energéticas**

En Arroyomolinos de León (Huelva), un pueblo de menos de mil habitantes, se ha puesto en marcha una comunidad energética rural denominada Alumbra y

centrada en los niños. La idea es tener dos instalaciones funcionando, una municipal, que compartirá los excedentes con los vecinos, y otra que van a financiar los vecinos con un crowdfunding impulsado por la ONG Greenpeace. En principio, el Ayuntamiento les cede la cubierta del colegio para instalar las placas, y los vecinos van a formar a los niños como gestores energéticos, ya que consideran que "son la vía de mayor impacto a nivel comunitario".

En municipio valenciano de Alginet, de unos 13.000 habitantes, cuenta con una cooperativa que comercializa energía, tiene red de distribución propia y contadores inteligentes para sus 6.000 socios. Estas características hicieron que resultara elegida en el proyecto europeo Lightness, que impulsa este tipo de iniciativas. Desde la cooperativa de Alginet explican que van a poner en marcha una comunidad energética en unos 15 o 20 edificios. "Hasta ahora, los socios son consumidores pasivos, mientras que los integrantes de esta comunidad tienen que ser más activos en la producción de energía; puede ser gente que ya tenga placas solares, o que use coche eléctrico, o que quiera investigar sobre el autoconsumo", señalan.

Además, este proyecto servirá para ver cómo se puede integrar una pequeña comunidad en la gran cooperativa. Los clientes, al convertirse en comunidad energética, pasan a ser actores activos, es decir, no solo pagan su factura, sino que pueden participar en la toma de deci-

siones sobre cómo se genera y se vende la energía.

Otro caso reseñable es el denominado *Viure de l'aire del cel*, un proyecto de energía eólica comunitaria, en la que participaron unas 600 personas y entidades, con una aportación media de 5.000 euros por participante. La compra e instalación de un molino eólico en Pujalt (Barcelona) costó 2,8 millones de euros. Sin embargo, como ellos mismos explican, la falta de normativa no les permite disponer de la electricidad que generan, así que la venden en el mercado mayorista y luego lo reparten entre los participantes. Por el momento, ya han recuperado en torno al 10% de lo aportado.

También en la provincia de Barcelona, el municipio de Viladecans, con una población cercana a los 70.000 habitantes, cuenta con Vilawat, un consorcio público que compra energía verde y la distribuye, más barata, entre sus 660 socios. Una parte del ahorro se transforma en una moneda local, llamada también Vilawat, que se puede usar en los comercios del municipio. Desde el consistorio local indican que la idea es instalar placas en 25 instalaciones municipales, y crear tres comunidades energéticas en otros tantos edificios. Toda la energía se compartirá entre todos los socios.

A estas iniciativas, se suma también la impulsada por la energética EDP, la ONG Ecodes y el Ayuntamiento de Zaragoza. Se trata de un proyecto de autoconsumo colectivo que busca proporcionar energía renovable, de proximidad y solidaria en un barrio (Barrio Solar de Zaragoza). Para ello, han instalado placas solares en dos pabellones municipales y cualquier vecino puede inscribirse pagando seis euros al mes, salvo las personas vulnerables, que no pagan. Además, en torno a las instalaciones fotovoltaicas se va a tratar de dinamizar el barrio e impulsar la participación social, señalan desde Ecodes.

En definitiva, la sociedad actual tiene ante sí un importante reto, basado en el ahorro de los gastos producidos por la generación y el consumo de energía, así como en el cuidado del planeta. Se ha generado la necesidad de cambiar de hábitos y abordar soluciones en la evolución del cambio climático. Todo un desafío en el que, por cierto, los ingenieros, por sus conocimientos y amplia experiencia en el ámbito de las energías renovables y en las nuevas tecnologías, tienen mucho que aportar.

# COGITI TOOLBOX

El portal de gestión de licencias de software para colegiados

[www.toolbox.cogiti.es](http://www.toolbox.cogiti.es)



Desde el Consejo General y los Colegios Oficiales de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de España presentamos las novedades del PORTAL COGITI TOOLBOX donde encontrarás los mejores Software para Arquitectura, Ingeniería y Construcción.



SUSCRIPCIÓN ANUAL A CANECO BIM - AUTOCAD 2021

**P.V.P. habitual: 8.140 €**  
**P.V.P. COLEGIADOS:**  
**Suscripción 1 año: 1.549 €**



**ECOSTRUXURE SPECIFICATION**  
**DESCARGA GRATUITA**

Paquete RFEM  
**Acero EC3 5.xx**  
 (RFEM + RF-STEEL + RF-STEEL EC3)

- Contrato de servicio Pro
- 2 horas de curso de formación

**5.400 € + IVA**  
**4.400 € + IVA**

**PAQUETE RFEM ACERO EC3 5.XX**  
**P.V.P. habitual: 5.400 €**  
**P.V.P. COLEGIADOS:**  
**4.400,00 €**



**NORMAS UNE**

**HELP engineering**

LLEGA UNA NUEVA FORMA DE HACER INGENIERÍA  
**Ingeniería Online, Ingeniería 4.0**

SOLUCIONES DE INGENIERÍA MECÁNICA PARA FACILITAR EL TRABAJO DE LOS INGENIEROS

**Premium Professional**  
 Cuota mensual  
**33% dto.**

- Diseño de maquinaria
- Cálculo Componentes
- Área de conocimiento
- Normativa
- Top Componentes
- Cálculo de mecanismos
- Proyectos a medida
- Cálculo de resistencia

**HELPEENGINEERING:**  
**LICENCIA PREMIUM PROFESSIONAL MENSUAL**

**PACK COMPLETO dmELECT**

**77% Descuento**

Instalaciones  
 - en Edificación  
 - en urbanización  
 - Térmicas

P.V. 2.100€+IVA  
**495€ + IVA**

**COGITI** PROMOCION especial **dmELECT**

*¡No esperes más!*  
*¡Esta Oferta es Por Tiempo Limitado!*

**PAQUETE COMPLETO dmELECT**

**Paquete PACK Completo**

**87% Descuento**

ARCHIVOS  
 - Generadores de planos  
 - Medición automática de planos y enlace programas CAD  
 CYPECAD  
 - Implantación  
 CYPECAD BASES LT3D  
 CYPECAD MEP CTE  
 CYPECAD MEP Climatización

P.V. 7.812€+IVA  
**990 € + IVA**

**COGITI** PROMOCION especial **cype**

**Paquete "PACK Completo"**

**REBT**

**MEP**

**PAQUETE COMPLETO CYPE**



# Francisco Javier Ramírez

Director gerente de la Agencia Andaluza de Energía

## “Las comunidades de energía son una magnífica oportunidad para luchar contra la pobreza energética”

**Mónica Ramírez**

El pasado mes de febrero, se conocía la noticia de que el barrio sevillano de Torreblanca, en colaboración con la asociación Torreblanca Ilumina, formaba parte de un proyecto piloto para desarrollar una comunidad energética y de aprendizaje, en un plazo de unos seis meses. De este modo, los vecinos más vulnerables de esta barriada podrán abastecerse de energía eléctrica renovable mediante paneles solares fotovoltaicos.

Los resultados de esta “acción piloto” de lucha contra la pobreza energética, enmarcada en el proyecto europeo Powerty, que aborda las energías renovables para grupos vulnerables y que lidera la Agencia Andaluza de la Energía, servirán además para que se puedan replicar más iniciativas de estas características en otras zonas desfavorecidas de Andalucía.

*Técnica Industrial* ha entrevistado a Francisco Javier Ramírez, director gerente de la Agencia Andaluza de Energía, para conocer más a fondo ésta y otras iniciativas que se están llevando a cabo.

### ¿Qué oportunidades suponen las comunidades energéticas para la transición energética y el desarrollo sostenible?

Esta figura es clave para la transición energética. Facilitan que cualquier ciudadano, pequeña empresa o entidad local puedan tener un papel más activo, generando su propia electricidad a través de fuentes energéticas renovables y compartiendo la energía con otros usuarios, almacenarla, venderla, etc.

Las propias directivas europeas, que definen el término de comunidad energética, hablan de la necesaria participación ciudadana en las comunidades de energía, así como también de garantizar que sean accesibles a todos los consumidores, incluidos los hogares con ingresos bajos o vulnerables. Por eso son consideradas como una magnífica oportunidad



Francisco Javier Ramírez

para luchar contra la pobreza energética.

Además de lo que suponen hablando en términos energéticos, estas comunidades pueden tener un impacto muy positivo en la producción de empleo e incluso en otros ámbitos, tales como la disminución de despoblación del entorno rural, ya que es aquí donde surgen muchas de estas iniciativas.

**La Agencia Andaluza de la Energía (entidad adscrita a las Consejerías de la Presidencia, Administración Pública e Interior y Hacienda y Financiación Europea), a través del marco comunitario de financiación Interreg Europe, dentro del proyecto europeo Powerty que lidera la entidad, ha presentado un proyecto piloto a la Comisión Europea, para impulsar la comunidad energética Asociación Torreblanca Ilumina, en un barrio periférico de Sevilla, ¿qué actuaciones está previsto llevar a cabo en este caso en concreto?**

El barrio de Torreblanca, en Sevilla, es uno de los más desfavorecidos del país. Posee una de las menores rentas netas medias anuales por habitante de toda España, según el Instituto Nacional de

Estadística. Gracias a este proyecto piloto, cuyo objetivo es combatir la pobreza energética mediante el uso de energías renovables, pretendemos suministrar energía eléctrica de forma gratuita a varias familias vulnerables a partir de instalaciones solares fotovoltaicas, que se ubicarán en las cubiertas de dos colegios públicos de la zona. Esto les permitirá generar y gestionar su propia energía limpia de forma colectiva y colaborativa.

Con los fondos europeos aprobados para esta iniciativa, la Agencia Andaluza de la Energía ha financiado los gastos de asistencia jurídica para superar todas las dificultades de tipo legal que lleva asociada la puesta en marcha de este tipo de iniciativas de consumo colectivo; la asistencia técnica para dimensionar la instalación de autoconsumo y garantizar que la electricidad generada ofrece el máximo beneficio a todos los miembros; y para la dinamización social, necesaria para involucrar y conseguir el compromiso del vecindario para llevar a buen fin la comunidad energética.

### ¿Qué iniciativas se están llevando a cabo en esta materia en Andalucía, además de la de Torreblanca?

Poco a poco, las comunidades energéticas empiezan a ser una realidad en nuestra región. En España hay una treintena de actuaciones embrionarias, algunas de las cuales se localizan en Andalucía. Aparte de la ya mencionada de la Asociación Torreblanca Ilumina, encontramos un ejemplo rural en Arroyomolinos de León, un pueblo de la sierra de Huelva con 965 habitantes, donde el Ayuntamiento y la Asociación MUTI participan en “Alumbra” para el impulso del autoconsumo colectivo. En el municipio almeriense de Almócita, en el edificio de usos múltiples del Ayuntamiento se han instalado 104 módulos fotovoltaicos, que cuentan con una potencia de 50kW. En la comarca cordobesa de Los Pedroches, Rural Bridge está impulsando un proyecto

de creación de diecisiete comunidades energéticas basadas en una hibridación de tecnologías renovables. Y en Granada, la cooperativa de servicios energéticos CooperASE está promoviendo la comunidad energética Río Monachil para instalar en cubiertas municipales energía fotovoltaica que se consuma localmente y compartir así los excedentes.

### **Existen también ejemplos en Andalucía de comunidades energéticas en zonas rurales ¿qué peculiaridades tiene una comunidad energética en este entorno?**

El entorno rural, con un gran número de cooperativas agrícolas y ganaderas en Andalucía, es el mejor ambiente para que proliferen las comunidades energéticas; algo que también puede contribuir a luchar contra la despoblación.

Desde el punto de vista social, cuentan con una mayor tradición de trabajo en comunidad, con lazos de vecindad; y desde un punto de vista más técnico, en el ámbito rural es posible desarrollar estas iniciativas incluyendo fuentes renovables distintas al sol, como la biomasa, la energía hidráulica o eólica, cuyo uso en entornos urbanos supone mucha más dificultad. Y hay un tercer factor que considero muy positivo, una mayor cercanía entre ayuntamientos y vecinos, lo que facilita, en gran medida, que se puedan crear comunidades energéticas en las que participen ambas partes.

### **En líneas generales, ¿qué medidas se están llevando a cabo en la Agencia Andaluza de la Energía para impulsar las comunidades energéticas?**

Somos muy conscientes del enorme potencial de las comunidades energéticas y, por ello, desde finales de 2020 estamos trabajando intensamente para promover estas iniciativas en nuestra Comunidad.

Dado que es una nueva figura poco conocida aún, consideramos que es fundamental su divulgación; por eso organizamos o participamos en jornadas y seminarios, como las celebradas, en colaboración con el COGITISE, el pasado mes de mayo.

Dentro del proyecto europeo Powerly, hemos promovido la creación de un grupo de trabajo con otras entidades andaluzas para abordar la creación de comunidades energéticas en entornos vulnerables. Y dentro de la Mesa para el Autoconsumo en Andalucía, hemos creado también un grupo de trabajo es-

pecífico de comunidades energéticas de autoconsumo colectivo.

A nivel nacional, estamos coordinando los trabajos en materia de comunidades energéticas de la Asociación de Agencias Españolas de Gestión de la Energía, EnerAgen, en la que participan casi 30 agencias de ámbito autonómico, provincial y local. En este sentido, me gustaría destacar el primer curso de formación sobre comunidades energéticas que se organiza en España, y que llevamos a cabo durante mayo/junio de 2021; o los premios de EnerAgen que, en su edición 2022, ha incluido por primera vez una categoría de comunidades energéticas a petición de la Agencia Andaluza de la Energía.

A ello hay que sumarle la gestión que realizamos de diversas líneas de ayuda, entre cuyos beneficiarios están también las comunidades de energía.

### **¿Qué papel juegan las autoridades locales como agente dinamizador de las comunidades energéticas, sobre todo en lo que respecta a la sensibilización de la ciudadanía hacia las oportunidades que ofrece la transición energética?**

El papel de las entidades locales es primordial para que las comunidades energéticas puedan desarrollarse y que se hagan con más rapidez. Así nos lo muestran experiencias que ya se están ejecutando en otros países europeos. Por ejemplo, en la región de Flandes, varios ayuntamientos compran electricidad directamente a proyectos de comunidades energéticas; y en Lisboa, se elaboran catastros solares o mapas de potencial de energías renovables para la instalación de comunidades energéticas.

Las entidades locales, además, cuentan con más herramientas para ayudar y dinamizar las comunidades energéticas, tales como ceder espacios públicos para que se instalen plantas de energías renovables o locales; poner en marcha dinámicas de participación y sensibilización ciudadana entre los vecinos; establecer bonificaciones en impuestos municipales; o incluso participar directamente en la comunidad energética como miembro. También me gustaría destacar la confianza que pueden ofrecer las entidades locales a sus vecinos a la hora de promover y crear comunidades energéticas.

### **¿Cuáles son los aspectos legales, técnicos y económicos que hay que tener en cuenta?**

Las comunidades energéticas han llegado para quedarse. Son nuevos actores del sector energético con una gran proyección a medio plazo. Las directivas europeas tanto de energías renovables, como de mercado interior de la electricidad, son lo suficientemente precisas como para que éstas puedan desarrollarse en España. Sin embargo, aún necesitamos que estas directivas sean trasladadas en su totalidad a nivel nacional.

Desde un punto de vista legal, las primeras comunidades energéticas están adoptando la forma de asociación o de cooperativa, y aunque podemos encontrar otras, estas dos formas jurídicas son las que mejor se adaptan a las definiciones de las directivas europeas.

Desde el plano técnico, la mayoría están llevando a cabo instalaciones de autoconsumo, sobre todo eléctrico, a partir de energía solar fotovoltaica. Si además instalan puntos de recarga de vehículo eléctrico, resultan más interesantes aún. En entornos rurales encontramos otros modelos de comunidad energética que poco a poco comienzan a desarrollarse donde, en lugar de autoconsumo colectivo, desarrollan plantas renovables solares de media potencia (1 o 2 MW), cuya generación eléctrica es suministrada a los miembros de la comunidad energética.

Por último, desde un punto de vista económico, las comunidades energéticas son, en esencia, entidades que no tienen ánimo de lucro o, al menos, no puede ser su finalidad principal, sino que deben tener como objetivo principal el de ofrecer a sus miembros beneficios sociales, económicos y medioambientales.

### **Por otra parte, hace unos meses, la Agencia Andaluza de la Energía y el Colegio Oficial de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de Sevilla (COGITISE) firmaron un protocolo general de colaboración para contribuir al desarrollo energético sostenible, gracias al impulso de la mejora de la eficiencia energética, las energías renovables y la movilidad sostenible. ¿Cuáles son los principales objetivos del convenio?**

Así es, en febrero firmamos un protocolo general de colaboración con COGITISE para contribuir al desarrollo energético sostenible gracias al impulso de la mejora de la eficiencia energética, las energías renovables y la movilidad sostenible. Con una especial incidencia en la mejora de la

formación curricular en estas materias de los alumnos de grados de ingeniería de la rama industrial. Algo que nos parece primordial para promover la transición energética eficiente de la que tanto hablamos, así como para impulsar la investigación y promocionar iniciativas innovadoras en estos ámbitos. La transición energética abre innumerables oportunidades profesionales y necesitamos contar con los conocimientos de los ingenieros técnicos industriales para alcanzar los objetivos europeos de descarbonización.

### ¿Qué pueden aportar los ingenieros en el proceso hacia la transformación del sistema energético?

Los profesionales de las ramas de la ingeniería son claves para conseguir un siste-

ma energético más renovable, eficiente y limpio. Pueden trabajar prácticamente en cualquier actividad de la cadena de valor del sector de la energía: generación, transporte, distribución, almacenamiento, comercialización, gestión, etc., y, en particular, en nichos con gran proyección como la eficiencia energética, las energías renovables, las redes inteligentes o la movilidad eléctrica sostenible.

Es muy importante tener en cuenta una cuestión: la transición energética va a suponer un cambio en el modelo energético. Esto, necesariamente, va a requerir un reciclaje profesional de todos los actores que participan en el sector de la energía. Una adaptación temprana de los profesionales a esta nueva tendencia podrá garantizar que puedan seguir

ofreciendo servicios de una forma verdaderamente competitiva y acorde con las enormes oportunidades que ofrece este sector, especialmente en Andalucía.

Respecto a esto, me gustaría destacar que en la Estrategia Energética de Andalucía 2030, aprobada el pasado 7 de junio en Consejo de Gobierno, hemos estimado que el aprovechamiento de las oportunidades que brinda la transición energética producirá un aumento del 15% del empleo directo vinculado a la transición energética. Debemos ponernos manos a la obra y, además, conseguir una mayor presencia de la mujer, que aún sigue estando infrarrepresentada en este sector.

## Comunidad Energética Local Toda Sevilla

A finales del pasado mes de junio, la Cámara de Comercio de Sevilla presentó el proyecto "Toda Sevilla", una comunidad energética provincial, pionera en Andalucía, promovida por la Cámara de la mano de los ayuntamientos de la provincia. Bajo la figura jurídica de Asociación sin ánimo de lucro, ya se ha inscrito en el Registro de Asociaciones de la Junta de Andalucía.

La Cámara de Comercio de Sevilla viene colaborando con ayuntamientos y estructuras comarcales de desarrollo, para llevar a cabo acciones en favor de la transición energética, "tan necesarias para combatir las amenazas del cambio climático global".

De este modo, la Cámara de Comercio, junto a diversos municipios de la provincia de Sevilla, ha trabajado en este modelo de gestión, que convierte a los ciudadanos en actores principales del modelo energético, como posible "agente generador de energía", y para contribuir, al mismo tiempo, en la estrategia global y local de descarbonización.

La Cámara de Comercio de Sevilla ha tomado como modelo la Comunidad Energética Toda Energía promovida por la Comunidad Foral de Navarra. Con las comunidades energéticas, cada Ayuntamiento puede generar su propia energía, distribuirla, consumirla y comercializarla, y su puesta en marcha se inicia con la constitución de una entidad legal con for-

ma jurídica de asociación sin ánimo de lucro, donde los ciudadanos, las pymes y las autoridades locales se unen, como usuarios finales de energía, para cooperar en la generación, la distribución del consumo, el almacenamiento, el suministro, la agregación de energía de fuentes renovables o para ofrecer eficiencia energética y servicio de gestión de la demanda. En este sentido, los ayuntamientos son el motor de estas comunidades que impulsan la innovación social y la participación ciudadana.

Esta fórmula permite que las familias y pymes integradas en la comunidad energética se beneficien de entre un 25% y un 30% de ahorro directo de su factura actual, junto con una gestión digitalizada, socialmente actualizada y comprometida.

El 30% de la energía es generada por las placas que se instalan en espacios cedidos por los ayuntamientos, y el 70% restante del suministro energético viene de la red habitual. En este caso, la Comunidad Energética se encarga de hacer una negociación mancomunada con las comercializadoras energéticas para ofrecer al cliente final las tres mejores ofertas de las comercializadoras para que el ciudadano elija con qué compañía consumirá ese 70%.

En la Comunidad Energética Local Toda Sevilla participan como Socios Fundadores el Grupo de Desarrollo Rural Gran Vega de Sevilla (que aglutina a los

ayuntamientos de Alcalá del Río, Alcolea del Río, La Algaba, Brenes, Cantillana, Guillena, Lora del Río, La Rinconada, Peñaflo, Tocina, Villanueva del Río y Minas (y Villaverde del Río), y los ayuntamientos de El Cuervo de Sevilla, Estepa y El Real de La Jara; con la colaboración de la Cámara de Comercio como certificadora del buen funcionamiento del proyecto Toda Sevilla con la marca certificadora "Garantía Cámara".

El acto de presentación del proyecto contó con la presencia del presidente de la Cámara de Comercio de Navarra, Javier Taberna; el consejero delegado de Edinor, Juan Luis Diego Casals; el presidente del Grupo de Desarrollo Rural Gran Vega de Sevilla, Juan Carlos Expósito; el presidente de la Cámara de Comercio de Sevilla, Francisco Herrero, y los alcaldes y representantes de los ayuntamientos de El Cuervo de Sevilla, Real de la Jara, la Algaba, la Rinconada, Villanueva del Río y Minas, Villaverde del Río, Estepa, Tocina, la Puebla de Cazalla, además de representantes de los Grupos de Desarrollo Local Campiña Alcores, Aljarafe-Doñana y del Bajo Guadalquivir, interesados todos ellos en conocer el funcionamiento de estas comunidades energéticas locales, como fórmula para reducir los costes de la energía en sus respectivos municipios.



**ELIGE TU GRADO DE INGENIERÍA CON TODA LA INFORMACIÓN**

*<https://cogiti.es/guia-de-titulaciones>*



**ATRIBUCIONES PROFESIONALES  
PROFESIÓN REGULADA  
EUROINGENIERO  
EMPLEABILIDAD  
COLEGIACIÓN...**

**ADELANTE, ¡CONSÚLTALO EN TU  
COLEGIO PROFESIONAL!**

**¡TU FUTURO ESTÁ EN JUEGO!**



**COGITI**  
Consejo General de Colegios Oficiales  
de Graduados e Ingenieros Técnicos  
Industriales de España

# Innovación social y transición energética: iniciativas de comunidades energéticas

El 5 de abril de 2019, el Consejo de Ministros aprobó el Real Decreto 244/2019 sobre autoconsumo, una pieza clave del Plan Integrado de Energía y Clima 2021-2030. De esta manera, se hizo viable en España la creación de instalaciones colectivas o de proximidad, abriendo la puerta a las comunidades energéticas



La comunidad energética Hacendera Solar está formada por dos instalaciones fotovoltaicas municipales y tres viviendas con paneles solares.

## Marita Morcillo

En junio de 2020, el Ayuntamiento de Zaragoza, junto a EDP y Ecodes, firmaron un acuerdo para desarrollar el proyecto Actur Barrio Solar, una instalación de autoconsumo colectivo que pretende facilitar el uso compartido de la energía eléctrica de origen renovable. Un año después, el barrio solar de Zaragoza comenzó a tomar forma tras el inicio de las obras de instalación de los primeros paneles solares en dos centros deportivos municipales, cada uno con 120 paneles y una potencia de 50 kWp. Participan en el proyecto 200 viviendas y negocios que, llegado el momento, se beneficiarán de un ahorro medio del 30% en su consumo de electricidad. Una pequeña cuota mensual les da derecho a 0,5 kWp de la energía generada. Este consumo será descontado del total de su factura de electricidad. El caso de Actur

Barrio Solar es un ejemplo más de comunidad energética, un nuevo enfoque que cambia las reglas de juego del mercado eléctrico convencional y convierte al ciudadano en consumidor y productor de energía al mismo tiempo.

El 5 de abril de 2019, el Consejo de Ministros aprobó el Real Decreto 244/2019 sobre autoconsumo, una pieza clave del Plan Integrado de Energía y Clima 2021-2030. De esta manera se hizo viable en España la creación de instalaciones colectivas o de proximidad, abriendo la puerta a las comunidades energéticas.

Pero hubo que esperar al Real Decreto-ley 23/2020 de 23 de junio para que la normativa española introdujera la figura jurídica de las comunidades energéticas, definidas por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico como “entidades jurídicas

basadas en la participación abierta y voluntaria, autónomas y efectivamente controladas por socios o miembros que están situados en las proximidades de los proyectos de energías renovables que sean propiedad de dichas entidades jurídicas y que estas hayan desarrollado, cuyos socios o miembros sean personas físicas, pymes o autoridades locales, incluidos los municipios, y cuya finalidad primordial sea proporcionar beneficios medioambientales, económicos y sociales a sus socios o miembros o a las zonas locales donde operan, en lugar de ganancias financieras”.

La puesta en marcha de una comunidad energética como Actur Barrio Solar se inicia con la constitución de una entidad legal con forma jurídica de asociación sin ánimo de lucro, formada por ciudadanos, pymes y autoridades locales, que se unen como usuarios finales



Tras el éxito de TODA Energía I, más de 50 municipios han manifestado su interés de formar parte de TODA Energía II, la segunda comunidad energética de ayuntamientos de Navarra.

de energía para cooperar en la generación de energía, la distribución del consumo, el almacenamiento, el suministro, la agregación de energía o para ofrecer servicios de eficiencia energética y de gestión de la demanda.

Locales, de barrio, de ayuntamientos, rurales, urbanas, industriales, empresariales... Desde la entrada en vigor de la nueva regulación, ha surgido una variedad de comunidades energéticas adaptadas a las necesidades de los asociados y a la peculiaridades de las zonas donde se establecen. Entre sus objetivos, poner al ciudadano en el centro de un sistema dominado, hasta el momento, por grandes compañías distribuidoras y comercializadoras; luchar contra la pobreza energética; reducir el precio de la energía y, sobre todo, contribuir al despliegue de las tecnologías de generación que permiten el aprovechamiento de las fuentes renovables.

El origen de las comunidades energéticas se inspira en las plantas de energía virtual, las conocidas como VPP (virtual power plants), que ya existían en el centro y el norte de Europa desde hace años. Alemania, Holanda y Dinamarca, por citar algunos países, cuentan con numerosos ejemplos de este mercado interior de la energía que surge como una alternativa a las grandes compañías o como solución para zonas de difícil acceso que se encuentran aisladas de la red de transporte y distribución de electricidad.

Precisamente las VPP centroeuropeas fueron la inspiración de un proyecto de comunidad energética formada por pequeñas y medianas empresas del

Polígono Industrial Arinaga, ubicado en el municipio de Agüimes, en la Isla de Gran Canaria. Lo mismo podría decirse del proyecto Hacendera Solar, la primera comunidad energética rural de España, o de Toda Energía, donde 29 ayuntamientos navarros están construyendo una de las mayores comunidades energéticas del país. Y así podríamos citar números ejemplos que en los últimos años han ido surgiendo en nuestro país, impulsadas por la política energética y las subvenciones.

Precisamente, en el mes de junio, el Ministerio para la Transición Energética y el Reto Demográfico ha dado a conocer el resultado de la primera convocatoria del programa CE Implementa, que subvencionará con 100 millones de euros 45 proyectos piloto de comunidades energéticas innovadoras de pequeño tamaño. Enmarcado en el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR) del Gobierno español, CE Implementa contempla más de 230 actuaciones en 14 comunidades autónomas y una movilización de inversión de 14,7 millones de euros.

Amparadas por la Unión Europea, las comunidades energéticas llevan en su ADN la innovación, porque rompen con el modelo establecido durante décadas e introducen un nuevo sistema de gobernanza en el sistema eléctrico, impulsan la innovación social y la participación ciudadana.

### Polígono Industrial Arinaga, Gran Canaria

Los ejemplos de comunidades energéticas innovadoras se suceden por todo

el territorio nacional, impulsadas por las convocatorias de programas de asesoramiento técnico y subvenciones lanzadas por la Unión Europea o el gobierno central. Es el caso del Polígono Industrial Arinaga, ubicado en el municipio de Agüimes, en la isla de Gran Canaria.

Según explica a *Técnica Industrial* el consejero de Desarrollo Económico, Energía e I+D+i del Cabildo de Gran Canaria, Raúl García Brink, este proyecto surgió hace varios años cuando la institución insular buscaba proyectos innovadores desde el punto de vista energético que solucionaran uno de los grandes retos de la isla, el aislamiento energético, al tiempo que pudiera beneficiar al tejido empresarial. El Cabildo se fijó en las plantas virtuales de energía de Holanda, cuando apenas se hablaba de comunidades energéticas, y vieron en ellas la alternativa que la isla necesitaba. A partir de ahí, el proyecto de Arinaga ha ido madurando poco a poco. El siguiente paso fue buscar un polígono industrial que, por sus características, pudiera albergar la comunidad energética. Participado en gran parte por el Cabildo, Arinaga es el polígono más grande de Gran Canaria y alberga unas 700 empresas, principalmente de mediano y pequeño tamaño. Muchas de ellas ya venían apostando por las energías renovables mediante la instalación de sistemas de autoconsumo en las cubiertas de sus edificios. Por ello, el Cabildo consideró que este entorno era el más adecuado para implantar el nuevo modelo energético. Tenía espacio y ubicaciones suficientes para que se pudieran instalar energías renovables y sistemas de almacenamiento.

Después, surgió la posibilidad de presentarse a la convocatoria europea Nesso, que fomenta la transición energética en las islas europeas. En el marco de este proyecto, la institución insular recibió no solo financiación, sino también asesoramiento técnico para hacer estudios de viabilidad de la comunidad energética. A partir de ahí se estableció contacto con el Instituto Tecnológico de Canarias (ITC) y otras instituciones, además de empresas europeas del sector energético. El siguiente paso fue contactar con el Ayuntamiento de Agüimes y, sobre todo, con la entidad de conservación del polígono (ECOAGA), quien ha estado liderando el proyecto de Arinaga.

De manera paralela, técnicos del Cabildo están realizando un trabajo de cam-

po dentro del polígono, visitando todas las empresas y explicando qué es una comunidad energética. De esta forma, han logrado que 100 empresas entren a formar parte de una plataforma digital que será clave en el proyecto.

El trabajo de campo consiste en monitorizar en tiempo real los consumos energéticos de las empresas, datos que son imprescindibles para conocer sus hábitos de consumo y sus necesidades, y que van a permitir diseñar la comunidad energética.

En este sentido, el caso de Arinaga se va a basar, fundamentalmente, pero no de forma exclusiva, en energía solar fotovoltaica. Aparte de los paneles solares que ya existen sobre algunos edificios del polígono, el Cabildo va a añadir plantas fotovoltaicas de titularidad pública, así como sistemas de almacenamiento.

El proyecto estrella de Arinaga, que actúa como agregador virtual de la demanda, es la creación de una plataforma digital que permita generar un mercado interior de la energía, donde no entra en juego ninguna compañía comercializadora.

Habitualmente, cuando una instalación conectada a red vende los excedentes a la empresa comercializadora, esta los compra a un precio por debajo de la tarifa de mercado y después los vende a un precio mucho más elevado. Este práctica es eliminada del tablero cuando existe un mercado interior de la energía como el que se quiere establecer en Arinaga.

En este caso, las empresas que tienen plantas solares en sus edificios pueden vender sus excedentes directamente a sus vecinos. Al no existir la figura del comercializador, la parte vendedora consigue más dinero y la compradora adquiere la energía a un precio más económico.

### ¿Cómo contribuye a los objetivos de ecoisla de Gran Canaria?

Como indica García Brink, el sistema insular es frágil desde el punto de vista energético, ya que son seis islas independientes que no tienen el mallado ni la diversidad de fuentes con los que cuenta la península. Como consecuencia, los territorios insulares están sometidos al riesgo de sufrir apagones en el suministro de energía eléctrica cuando las grandes plantas eólicas o fotovoltaicas no tienen suficientes recursos naturales con los que generar la energía.

En este sentido, las comunidades energéticas como la de Arinaga aportan seguridad de suministro, y permiten que las islas puedan tener mayor diversidad y cantidad de energía de origen renovable. Por todo ello, para el polígono industrial de Agüimes se consideró que la figura de agregador virtual de la demanda era la alternativa más factible.

El Cabildo cuenta con una subvención del Gobierno central de dos millones de euros para el desarrollo de la comunidad energética, que está dando pequeños pasos hasta que esté finalizada, previsiblemente dentro de dos años, si todo sigue su curso. Los pliegos de licitación de la plataforma digital ya están en fase de preparación. Una de las condiciones que se ha puesto en la contratación es que sea replicable en otros polígonos industriales de la isla, y que sea capaz también de adaptarse a las condiciones socioeconómicas, medioambientales o meteorológicas de cada caso.

Por ejemplo, el municipio de Agüimes se encuentra en una zona muy ventosa de la isla de Gran Canaria (es la mayor zona eólica de Europa), con numerosos parques eólicos y también muchos fotovoltaicos. El objetivo, nos cuenta García Brink, es que la plataforma digital sea replicable sin ningún tipo de problema en otros polígonos con una realidad bien distinta a la de Arinaga.

Por los estudios realizados, la plataforma digital debe contener inteligencia artificial, capacidad de predicción y tecnología blockchain que permita la máxima trazabilidad en las transacciones de compraventa de energía dentro de la comunidad energética.

Tendrá varias plantas fotovoltaicas. Una de ellas está impulsada por la entidad conservadora del Polígono industrial de Arinaga, otra por el Ayuntamiento de Agüimes y tres por el Cabildo. Estas últimas estarán ubicadas en tres edificios de la institución insular.

“Ahora mismo las comunidades energéticas se basan en autoconsumo compartido. Pero para nosotros, el polígono industrial de Arinaga tiene que ir más allá, por eso es tan importante crear un mercado interior donde los miembros puedan comprar y vender la energía. Ahí radica el carácter innovador de este proyecto”, declara García Brink, quien explica que la mayor dificultad que se han encontrado es llegar a todas las empresas, por eso han tenido que ir visitando una a una, y han realizado asambleas con los

empresarios de la zona para explicar en qué consiste una comunidad energética y qué beneficios pueden obtener. Es un trabajo que está resultando muy complicado y que requiere muchos meses, pero que finalmente dará sus frutos.

La otra dificultad a la que se enfrentan los impulsores de Arinaga se encuentra en el marco regulatorio. El Cabildo está esperando que los bancos de prueba regulatorios, llamados sandboxes, salgan ya a concurso y se permita la existencia de proyectos piloto verdaderamente innovadores que vayan más allá del autoconsumo compartido. Además, se podrá utilizar la digitalización a favor de una “democratización” del sistema energético, lo que hará posible que en los polígonos industriales podamos encontrarnos a prosumidores que hagan transacciones a través del internet de la energía.

## El origen de las comunidades energéticas se inspira en las plantas de energía virtual, que ya existían en el centro y el norte de Europa

### Hacendera Sola (Soria)

Arinaga es un proyecto que aún está en desarrollo y, si todo sigue su curso normal, la puesta en marcha de la comunidad energética podría producirse dentro de dos años. La que sí está ya en funcionamiento es la iniciativa Hacendera Solar, que ostenta el título de ser la primera comunidad energética rural de España.

Hacendera Solar se encuentra en el pequeño pueblo de Castilfrío de la Sierra, situado al norte de la provincia de Soria. Este municipio apenas cuenta con 35 habitantes, pero su baja densidad de población no le ha impedido constituir la comunidad energética. Para ello, el Ayuntamiento ha contado con el apoyo del Grupo Red Eléctrica, la cooperativa Megara Energía y Caja Rural de Soria. Se trata de un proyecto piloto basado en autoconsumo colectivo y en la participación ciudadana, que se puso en marcha a finales de 2020.

Este proyecto piloto es un prototipo de innovación social que Red Eléctrica pretende extender a otras poblaciones con el objetivo de llevar la transición energética a la “España vaciada”. De hecho, el proyecto se está replicando en



Comunidad energética del Polígono Industrial Arinaga, ubicado en el municipio de Agüimes, en la Isla de Gran Canaria.

los 16 municipios de la Mancomunidad de Tierras Altas.

Para Tomás Cabezón, teniente de alcalde del Ayuntamiento de Castilfrío, el balance de la experiencia es positivo porque contribuye a la descarbonización del municipio, y porque reduce los costes energéticos de los edificios municipales. El Ayuntamiento ha conseguido una reducción del 80% en el consumo de electricidad, lo que tiene su repercusión en las arcas municipales y en la mejora de los servicios públicos que se ofrecen al pueblo. Además, han conseguido que los vecinos se sumen a la iniciativa con sus propias instalaciones de autoconsumo.

Hacendera Solar cuenta con dos instalaciones fotovoltaicas municipales, una está ubicada en el lavadero y la otra en el centro social, y tres particulares. Las dos primeras plantas solares abastecen a otros edificios como el propio ayuntamiento, el consultorio médico, la vivienda de alquiler y el sistema de bombeo del agua que están unidos entre sí mediante fibra óptica para monitorizar todos los datos de generación y consumo de energía.

En este caso, al carecer de baterías de acumulación, estas instalaciones han sido sobredimensionadas para producir más energía de la que se consume, de manera que el excedente se vuelca en la red y se vende a la comercializadora, compensando así el gasto en electricidad del alumbrado público.

Hacendera Solar fue por delante de la normativa, ya que se puso en marcha antes de que entrara en vigor el Real Decreto que regula el autoconsumo compartido. El retraso en transponer al marco jurídico español la directiva europea

ha sido, según nos cuenta Tomás Cabezón, una de las principales dificultades que la comunidad energética de Castilfrío de la Sierra se encontró durante su constitución.

En esa capacidad para adelantarse al marco jurídico e introducir en España modelos que ya existían en el centro y el norte de Europa es donde radica, precisamente, el carácter innovador de Hacendera Solar.

### TODA Energía (Navarra)

Innovador también es el enfoque de TODA Energía, una comunidad energética formada por 29 ayuntamientos. Este proyecto, impulsado por la Cámara de Comercio de Navarra y la Federación Navarra de Municipios y Concejos, cuenta con el respaldo del Departamento de Industria del Gobierno Foral y podría suponer una inversión que supera los cinco millones de euros.

Basada en instalaciones fotovoltaicas de autoconsumo colectivo, TODA Energía suma 4 MW de potencia que generarán anualmente más de 5 GWh. Esta energía renovable y de proximidad se repartirá de forma digitalizada entre 6.000 hogares, comercios y pymes de los municipios constituyentes, unos 200 en cada municipio por término medio.

TODA Energía nace en el contexto de dos ayudas del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico para proyectos piloto de comunidades energéticas. El proyecto podría recibir en subvenciones hasta el 60% de la inversión, mientras que el resto estará sufragado por una entidad financiera.

La inversión irá destinada a instalaciones solares fotovoltaicas en cubiertas de

equipamientos municipales, que compartirán la energía verde con los edificios situados en un radio de 500 metros, tal y como establece la normativa.

La entidad sin ánimo de lucro es escalable y se irán incorporando nuevas innovaciones e inversiones. El proyecto contempla, por ejemplo, el desarrollo de puntos de recarga para vehículos eléctricos en cada municipio, en colaboración con el Centro Nacional de Energías Renovables.

Los 6.000 hogares y pymes adheridos a la comunidad energética se beneficiarán de entre un 25% y un 30% de ahorro directo en su factura de electricidad, lo que representa más de cuatro millones de euros al año. Además, la nueva entidad podría negociar el precio del resto del consumo, lo que supone un mayor ahorro.

En términos de beneficios medioambientales, TODA Energía supone un ahorro de emisiones de 35.000 toneladas de CO<sub>2</sub> en la vida útil de las instalaciones, lo que equivale a plantar 150.000 árboles que estuvieran absorbiendo esas emisiones durante 25 años.

TODA Energía ha despertado tanta expectación en toda la geografía de Navarra, que desde su lanzamiento en febrero de este año, más de 50 municipios ya han mostrado interés por formar parte del segundo proyecto, TODA Energía II.

La intensa labor informativa y divulgativa de la Cámara de Comercio de Navarra, en el caso de TODA Energía, o del Cabildo de Gran Canaria, en el caso del Polígono Industrial de Arinaga, o del ayuntamiento de Castilfrío de la Sierra han sido cruciales para impulsar estas entidades sin ánimo de lucro por los beneficios y oportunidades que ofrecen a las localidades y a los vecinos involucrados: descarbonización, economía circular, entorno sostenible, ahorro en la factura de la luz, oportunidades de empleo local en energías sostenibles, innovación y cohesión social.

Las comunidades energéticas han dejado de ser exclusivas del norte y el centro de Europa. Aunque aún tienen que pasar varios años para que maduren y se arraiguen en la cultura energética de nuestro país, ya son una realidad. Es tarea de las autoridades públicas difundir los beneficios de estas entidades sin ánimo de lucro y concienciar a los ciudadanos de que existe un nuevo mercado de energía en el que ellos son los principales actores.

# Francisco Espín Sánchez

Director de proyectos de comunidades energéticas

## “Los ingenieros estamos llamados a ser actores clave en el desarrollo de las comunidades energéticas”

**M.R.**

Situar al usuario en el centro del sistema, crear conciencia y seguir avanzando hacia un cambio de modelo energético. Estas son las principales claves de las comunidades energéticas, “la herramienta que necesita el sector para conseguir en un futuro, espero que no muy lejano, posibilitar la participación de la ciudadanía y por fin hacer realidad el empoderamiento ciudadano, así como movilizar capital privado para impulsar la tan necesaria transición energética hacia un nuevo modelo y ante todo más descentralizado, justo y democrático”.

Así de contundente se expresa Francisco Espín, director de proyectos de comunidades energéticas, emprendedor, empresario de la “economía solar”, ingeniero técnico industrial y graduado en Ingeniería Eléctrica. Además, es presidente de la Asociación de empresas de energías renovables y ahorro energético de la Región de Murcia (AREMUR), director de la consultora de ingeniería Efficiency Services Consulting, y miembro del consejo rector de La Solar. Esta cooperativa de consumidores y usuarios de electricidad, fundada en 2016, como iniciativa ciudadana, cuenta en la actualidad con 255 socios y ronda los 1.700 puntos de suministro.

### ¿Cómo definiría a las comunidades energéticas?

Para mí una comunidad energética es una agrupación de socios (como personas físicas, asociaciones, pymes, entidades locales...), que voluntariamente y con participación abierta, establecen sus objetivos en la obtención de beneficios energéticos, sociales, medioambientales y económicos, para los miembros de la comunidad o la localidad donde desarrolla su actividad.

He comenzado la definición de lo que considero comunidad energética, con un “para mí”, pues quiero destacar que cuando hablamos de conceptos nuevos



Francisco Espín, junto a la instalación fotovoltaica de autoconsumo instalada en la terraza del edificio donde se ubica su empresa de ingeniería.

### Las directivas europeas no tienen todavía su trasposición a la legislación española, lo que lleva consigo una gran incertidumbre

y todavía en evolución, es importante entender el significado que va adquiriendo como concepto conforme se van desarrollando proyectos amparados por este. Es decir, bajo el paraguas de “comunidad energética” se engloban varios tipos concretos de comunidades energéticas, de los cuales unos son figuras jurídicas y otros no, y donde en consecuencia unos, como figura jurídica, siguen las directrices marcadas por la legislación europea y sus aún incipientes transposiciones a la norma española, pero otras no, no siendo, por tanto,

de participación abierta o voluntaria y, sobre todo, persiguen ganancias financieras para sus accionistas o promotores, que a su vez quiero destacar que también conllevan beneficios medioambientales y alguna de ellas incluso beneficios sociales a la localidad donde se desarrollan. En cualquier caso, considero importante remarcar que todos los modelos son totalmente lícitos e incluso necesarios, siendo de un gran valor como herramienta comunicativa este concepto para avanzar en la transición energética.

### ¿Cuál es su visión sobre el momento actual de las comunidades energéticas y su proyección hacia el futuro?

Las comunidades energéticas son con toda certeza la herramienta que necesita el sector energético para conseguir en un futuro, espero que no muy lejano, posibilitar la participación de la ciudadanía y por fin hacer realidad el empoderamiento ciudadano, movilizar capital privado

para impulsar la tan necesaria transición energética hacia un nuevo modelo y ante todo más descentralizado, justo y democrático.

De momento, estamos en una fase aún muy incipiente. Las directivas europeas no tienen todavía su trasposición a la legislación española, lo que lleva consigo una gran incertidumbre regulatoria, tanto para las comunidades energéticas, como otros términos tan importantes asociados, como la agregación de red o el autoconsumo dinámico. Por otra parte, y tecnológicamente, se hace necesario un mayor desarrollo de lo que se conoce como "Smart grid" o red inteligente, que posibilite la interacción de los ciudadanos en cuanto a la compra-venta de la energía dentro de la comunidad o incluso fuera, además de "agregar energía" a través de ofertas de servicios de flexibilidad y balance de red al operador del sistema, y como no, un mayor desarrollo y reducción de costes en la acumulación de energía, que permita la implantación del almacenamiento compartido de energía.

#### **¿Quién puede constituir una comunidad energética y qué proyectos pueden abordar?**

Pueden constituirse bien desde la ciudadanía, o empresas, profesionales autónomos, entidades locales, o bien pueden ser mixtas, constituyéndose en asociación o como cooperativa principalmente. Pueden abordar aquellos proyectos que cubran las necesidades de la propia comunidad, de los recursos disponibles y de las tecnologías a su alcance. Destacar que no tienen por qué ser exclusivamente de autoconsumo fotovoltaico. Pueden ser también proyectos térmicos, de movilidad eléctrica, de eficiencia energética en las edificaciones, mixtos, etc.

#### **¿Cuál es su experiencia y qué modelo de comunidad energética están desarrollando en la actualidad?**

Precisamente el pasado 23 de junio, organizado en conjunto por la Federación de Municipios de la Región de Murcia y el Colegio de Ingenieros Técnicos Industriales, presenté junto con la cooperativa de consumidores y usuarios de electricidad La Solar, una propuesta a los ayuntamientos de nuestra región, basado en el modelo cooperativista y cómo no, bajo la figura jurídica regulada por la directiva de energías renovables, las comunidades de energías renovables, si bien con un

## **Como modelo, apostamos por el cooperativista, pues compartimos los valores propugnados en las comunidades de energías renovables**

planteamiento inicial de desarrollo que hemos llamado comunidad energética municipal "Semilla" o "proyecto Semilla".

Como modelo, quiero incidir en que apostamos por el cooperativista, pues como cooperativas de consumidores y usuarios de electricidad que somos y que formamos parte de la Economía Social y Solidaria, compartimos los valores humanos, sociales, organizativos y ambientales, perfectamente identificados con los propugnados en las comunidades de energías renovables.

Este proyecto o propuesta de dinamización e impulso de comunidades energéticas en nuestra región, se basa principalmente en la experiencia de estos últimos años en mi pueblo, en Bullas, donde hemos impulsado e involucrado al Ayuntamiento en el desarrollo de las comunidades energéticas, constituyendo en el año 2018 lo que llamamos "banco solidario de energía", para la lucha contra la pobreza energética.

#### **¿Qué es el Proyecto "Semilla"?**

Consiste básicamente en crear una primera comunidad energética "piloto o semilla" de iniciativa exclusivamente municipal, con el objeto de ofrecer a la ciudadanía un proyecto demostrativo y replicable, apoyando e impulsando a los ciudadanos y empresas de la localidad a crear su propia comunidad, o bien en conjunto con el Ayuntamiento.

A su vez, este proyecto nos ha servido de modelo para ser implementado en cualquier municipio de la Región de Murcia o en cualquier área industrial, naciendo así el proyecto de comunidades energéticas de la Región de Murcia, que hemos desarrollado desde Efficiency Services consulting, como consultora de ingeniería especializada en energía, en conjunto con la cooperativa La Solar.

#### **¿Cómo funciona el Banco Solidario de Energía?**

El concepto en sí, nace en 2017 a raíz de un proyecto que presenté a los presu-

puestos participativos de ese año en mi pueblo, y que finalmente fue el más votado por mis vecinos. Llamamos "Banco Solidario de Energía" a aquellos ingresos en forma de bonos, bien económicos, o en su caso kilovatios/hora procedentes de la actividad, desarrollado por la comunidad como consumidor asociado, y que en forma de bonos energéticos se destinan a mitigar la pobreza energética en la zona donde opera dicha comunidad. A su vez, los "bonos energéticos" es la cantidad de energía o económica, o bien cualquier otro derecho derivado de la actividad de la comunidad emitido por ésta y a favor de los ciudadanos y ciudadanas con problemas de pobreza energética en la localidad, municipio, comarca, o bien aquellos situados en las proximidades de los proyectos de energías o zona donde opera dicha comunidad.

#### **¿En qué consiste una cooperativa de consumidores y usuarios de electricidad?**

Es la unión de un grupo de personas usuarias y consumidoras de electricidad, que nos convertimos en socios, en copropietarios de nuestro abastecimiento energético, dejando de estar al margen para participar en la gestión de nuestra energía, con un claro compromiso con nuestro entorno más próximo, propugnando un consumo más responsable, la economía local y la generación renovable distribuida.

#### **¿Qué ventajas tienen?**

En primer lugar, pasas a formar parte del sistema eléctrico, no siendo un mero observador del sistema sujeto a las directrices de las grandes empresas eléctricas tradicionales, sino que te permite tomar decisiones y participar en la gestión de tu suministro. Además, todas estas decisiones se toman de manera conjunta con la participación de todos los socios y socias que quieran asistir, opinar y votar en la asamblea general, o bien, con una participación más directa formando parte de su consejo rector.

#### **¿Cómo comenzó la cooperativa La Solar Energía?**

Nace en Murcia en 2016 como iniciativa ciudadana, siendo en 2017 cuando suscribimos nuestro primer contrato de suministro. Quiero destacar que, en 2020, recibimos el premio Fundación Mediterráneo a la mejor iniciativa empresarial para la sostenibilidad.

**¿Cuántos usuarios tiene?**

Actualmente somos 255 socios y socias, y más de 1.650 usuarios, entre los cuales hay que destacar que se encuentran 50 centros educativos.

**¿Cuentan con algún tipo ayuda económica?**

En absoluto, nos financiamos solo con las aportaciones de nuestros socios y con los ingresos derivados de nuestra actividad.

**¿Qué proyectos lidera en esos momentos la cooperativa La Solar Energía?**

Además del proyecto de comunidades energéticas mencionado, y en general el de fomentar las instalaciones de autoconsumo, quiero destacar nuestra participación en un proyecto europeo, el proyecto ACCEPT H2020, cuyo objetivo es demostrar que se puede reducir la dependencia de los combustibles fósiles,

ahorrando energía en los hogares y empresas, reduciendo su factura de electricidad, sin que ello afecte a su calidad de vida e incrementando, además, su confort a través de dispositivos inteligentes.

**¿Qué potencial y proyección tienen los ingenieros en el ámbito de las comunidades energéticas?**

Considero que los ingenieros estamos llamados a ser uno de los actores clave en el desarrollo de las comunidades energéticas. Es muy amplio y diverso el abanico de servicios que podemos ofrecer. Por ejemplo, estamos cualificados para elaborar los primeros estudios técnicos de viabilidad económica, el propio desarrollo de los proyectos que se derivan de estos estudios, tanto en la redacción de los proyectos, tramitación y legalización, como incluso participando en la divulgación y formación a los miembros de la comunidad energética y, por último,

en las tareas de gestión técnica, no solo en mantenimiento de las infraestructuras, sino también incluso en las tareas operativas y gestión de la comunidad.

**Y en el aspecto formativo, ¿cuáles serían sus principales necesidades en la formación como expertos en la materia?**

Pues al encontrarnos aún en los primeros pasos de las comunidades energéticas, hay una gran necesidad de formarse en este campo y sobre todo de ir continuamente actualizándose.

Precisamente en fechas recientes, y para la plataforma de formación del COGITI, me encuentro trabajando en la finalización de los contenidos de un próximo curso sobre comunidades energéticas, curso que se unirá a los que llevo impartiendo para esta plataforma y desde hace varios años de autoconsumo, medida y tarificación, y de experto en energía.

## Presentado el proyecto “Comunidades Energéticas de la Región de Murcia”

El pasado 23 de junio se llevó a cabo la presentación de la Primera Comunidad Energética de la Región de Murcia, que supondrá un importante ahorro para las empresas y los ciudadanos de Bullas, donde se está desarrollando el proyecto piloto.

La jornada técnica, en la que se ha presentado el proyecto, ha tenido lugar en la sede de la Federación de Municipios de la Región de Murcia, y ha contado con la participación de su presidenta, María Dolores Muñoz; Francisco Espín Sánchez, presidente de la Asociación de Energías Renovables de la Región de Murcia (AREMUR), director de la consultora de ingeniería Efficiency Services Consulting, y miembro del consejo rector de La Solar; el decano del Colegio de Ingenieros Técnicos Industriales de la Región de Murcia (COITIRM), César Nicolás, y el Delegado del Gobierno, José Vélez, que ha clausurado el acto. También han asistido alcaldes y empresarios especializados en el sector de la energía, así como representantes de la sociedad civil.

Francisco Espín ha ofrecido todos los detalles de este proyecto en marcha desde hace 5 años, y que tiene como principal característica su condición solidaria, con los bonos energéticos para las familias más desfavorecidas.

La iniciativa de Bullas es pionera en la Región de Murcia, y como indica Francisco Espín, “la idea es ampliar a otras zonas de la Comunidad, estas comunidades energéticas que cuentan con mecanismos de financiación y ayudas europeas”.



Además, las comunidades energéticas tienen una peculiaridad clave: generan electricidad diez veces más barata que la convencional (a un 10% del precio medio del mercado libre), y ofrece beneficios sociales al municipio mediante la creación de lo que se ha llamado “Banco solidario de Energía”, proyecto que año a año permitirá aumentar el número de familias que puedan acogerse a estas ayudas.



# ACREDITACIÓN DPC INGENIEROS

JUNIOR SENIOR ADVANCED EXPERTISE

Tu experiencia y formación tienen un valor

Tu experiencia y formación

tienen un valor

El Sistema de Acreditación DPC de Ingenieros, realizado y gestionado por el COGITI, implanta un procedimiento de acreditación del desarrollo profesional continuo (DPC) bajo 4 niveles, que documentalmente valida y acredita la competencia profesional, compuesta por formación y experiencia adquirida a lo largo de la vida profesional del Ingeniero en el desarrollo de la profesión de Ingeniero Técnico Industrial.

La acreditación como ingeniero, en cualquiera de los niveles, aporta a los profesionales beneficios

intangibles, prestigio profesional, y beneficios tangibles, acceso a la bolsa de empleo de ingenieros acreditados, descuentos en formación, seguro profesional, etc.

La acreditación DPC de ingenieros es un título profesional, respaldado por la marca COGITI que transmite confianza y credibilidad a consumidores y empresas, y que aporta a aquél que lo ostente, prestigio, visibilidad profesional y el derecho a disfrutar de servicios exclusivos.

**COGITI**  
ACREDITACIÓN DPC  
INGENIERO JUNIOR

**COGITI**  
ACREDITACIÓN DPC  
INGENIERO SENIOR

**COGITI**  
ACREDITACIÓN DPC  
INGENIERO ADVANCED

**COGITI**  
ACREDITACIÓN DPC  
INGENIERO EXPERTISE

## Beneficios de la acreditación



### Prestigio profesional

Sello de garantía avalado por el COGITI como órgano representativo de la Ingeniería Técnica Industrial Española que aporta una certificación de la formación y la experiencia a lo largo de la vida profesional.



### Empleo

Da acceso a la "Bolsa de empleo de Ingenieros Acreditados" cuya función será la promoción de los perfiles de los ingenieros acreditados.  
Acceso a grupos de redes sociales profesionales del COGITI.



### Certificado curricular

Certificación y validación de la veracidad del curriculum vitae del colegiado acreditado en cualquiera de los niveles.



### Descuentos en formación

Descuentos en las actividades formativas de la Plataforma on-line de formación del COGITI, existiendo además la posibilidad de descuentos adicionales en las acciones formativas impartidas por los Colegios.



### Visibilidad profesional

Diploma acreditativo del nivel DPC, tarjeta acreditativa, incorporación en el Registro Profesional de Ingenieros Acreditados (RPIA), identificación pública de los ingenieros inscritos acreditados.



### Movilidad UE

Válido en procesos de reconocimiento de cualificaciones para ingenieros que deseen desplazarse a trabajar a países UE.  
Asesoramiento directo del COGITI en la preparación de los dossieres de reconocimiento de cualificaciones profesionales.



### Condiciones especiales SRC

La Acreditación modulará las prestaciones y coberturas del seguro de Responsabilidad Civil, accediendo a condiciones específicas.



### Acceso a Grado

El Sistema de Acreditación de ingenieros como instrumento para el reconocimiento de la experiencia profesional, y otros méritos por parte de las Universidades.

## Empresas colaboradoras.

ARAMBARRI & GONZÁLEZ  
EXECUTIVE SEARCH

MARSH

Michael Page  
INTERNATIONAL

HAYS Recruiting experts  
worldwide

NB : NORMAN  
BROADBENT

Wolters Kluwer  
España

marketyou  
BETA

MAPFRE

câtenon®  
WORLDWIDE EXECUTIVE SEARCH

ferroser

Gehrlicher  
Solar

ADARTIA

# Emancipaciones energéticas

Fernando Doncel

En la unión está la fuerza... ¿para desunirnos de la fuerza del sistema? Este juego (intencionado) de palabras no es una afirmación, sino una pregunta; las preguntas buscan respuestas a dudas; y las dudas surgen cuando parece que todo el mundo está encantado con algo. Ese algo lo constituyen las «comunidades energéticas», y si con ellas se pretende una mayor independencia, y, a la vez, aquellos de los que se busca dicha «emancipación» están diciendo que ese es «el camino», parece que tenemos motivos suficientes para dudar.

## El mito

El término «comunidad» siempre lo hemos utilizado para afrontar juntos grandes retos. De hecho, la sociedad no sería tal, si no fuese por las comunidades, y la agrupación de ellas en otras mayores. El factor común es la «unidad», y con ella todos buscamos un mundo mejor.

Tenemos un nuevo reto a superar: la transición energética, que implica la independencia energética de España y de la Unión Europea, que ha tomado especial relevancia desde la invasión de Ucrania. Pero también implica la sostenibilidad medioambiental y el ahorro económico, en el peor escenario de la historia en cuanto a precios de la energía.

Está claro que las comunidades energéticas ofrecen independencia, sostenibilidad y ahorro; y, por si fuera poco, otorga a la ciudadanía una bandera o una pancarta con la que manifestar su desacuerdo con el sistema eléctrico vigente. Estamos por tanto ante una solución magnífica, que además nos permitirá trabajar juntos para hacerla realidad.

## La realidad

La conjunción de las circunstancias actuales hace que las comunidades energéticas resulten muy interesantes, porque se basan en la generación de energía a partir de fuentes renovables, fundamentalmente fotovoltaica, para, comunitariamente, ahorrar en costes energéticos, mientras se contribuye en la

## “La CE propone revisar y reformar el sistema energético de toda Europa, para desvincular el precio de la electricidad del precio del gas”

independencia energética y en la lucha contra el cambio climático.

No obstante, el consumo energético global en electricidad aumenta cada 4 días el equivalente al consumo de una ciudad como Valencia; y, aunque a priori podría parecer que las comunidades energéticas harían reducir el consumo, no hará sino estimularlo, al percibir los usuarios que con la generación renovable compensarán el aumento de consumo; y también porque convertiremos en consumo eléctrico tanto el consumo de gas como el de combustible para automóviles.

Dicha conversión debería ser positiva a efectos medioambientales, porque cada kWh evitado de energías de origen fósil, supone CO<sub>2</sub> que no se emitirá a la atmósfera. Pero esto no será exactamente así, sino que una parte de la energía eléctrica va a seguir teniendo un origen fósil proveniente de las plantas de ciclo combinado (gas natural). Teniendo en cuenta el mix energético actual sería cerca del 20%, lo cual supondría un 80% de reducción de emisiones en los consumos reconvertidos a eléctricos, tales como los de calefacción y de vehículo eléctrico.

Pero es precisamente el inminente aumento de la velocidad de crecimiento de dicho consumo eléctrico, que superará en mucho a la actual, sumado tanto al cierre previsto de centrales nucleares, como al diferido en la sustitución de la generación de energía, y a una creciente dependencia de las condiciones meteorológicas, lo que provocará un aumento de la contribución de la generación de ciclo combinado al mix energético na-

cional, entrando en una peligrosa espiral; porque a más ciclo combinado, más emisiones de CO<sub>2</sub>, mayor dependencia energética de terceros países, y mayor precio.

## La técnica

Técnicamente, al colectivo de ingenieros nos gusta (y convence) el sistema de comunidades energéticas, porque posibilita acercarnos a la ansiada generación distribuida. Y es que siempre hemos defendido las energías renovables, aparte de por su sostenibilidad, porque permite generar cerca de la demanda, porque permite a territorios menos desarrollados industrialmente generar su propia energía, y porque posibilita acceder al sistema incluso a los pequeños productores.

Pero debería preverse que la proliferación de estos sistemas, provocará como hemos comentado antes, un aumento del consumo eléctrico, y en base a esa demanda habría que dotarse de un sistema fuerte y estable, que dé prioridad a las centrales nucleares existentes frente a las de ciclo combinado, tanto para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> como para reducir el precio y la interdependencia; pero sobre todo, y hasta que se desarrolle más el almacenamiento energético, para la estabilidad del sistema eléctrico.

Por tanto, la técnica nos recomienda un sistema basado fundamentalmente en energías renovables, con comunidades energéticas, con apoyo nuclear, y haciendo que la contribución de ciclos combinados de gas se vaya reduciendo paulatinamente.

## La esperanza

La Comisión Europea propone revisar y reformar el sistema energético de toda Europa, en principio para desvincular el precio de la electricidad del precio del gas, así como para independizarnos del gas extranjero (fundamentalmente ruso). Y esto hará que la electricidad sea más asequible para todos.

También la Comisión Europea incluyó



Fernando Doncel.

la energía nuclear como energía verde, hace apenas unos meses. Y aunque esto en principio parezca un sinsentido, está claro que la energía nuclear será una de las claves para poder realizar la transi-

ción energética (que supone la sustitución total de las energías del planeta por energías renovables), y para alcanzar los objetivos de reducción de emisiones atmosféricas para 2050.

La gran esperanza reside en que, teniendo en cuenta todo lo expuesto, las comunidades energéticas puedan extenderse por todo el territorio rural y urbano, que puedan cederse y compartir energía entre sí; y que no se permita el aumento de la presencia del ciclo combinado en nuestra estructura de generación.

Como conclusión, no podemos permitir que las toneladas de CO<sub>2</sub> que se evitan gracias a las iniciativas de comunidades energéticas, acaben escapando por la chimenea de las plantas de ciclo combinado que han provocado, además de un repunte imperdonable de emisiones atmosféricas, la pérdida de poder adquisitivo de todo el país por la salvaje e inconcebible escalada de precios de la energía.

**Fernando Doncel** es director de Proyectos Internacionales | Consultor de Innovación 4.0. EUROPA+i, [www.europamasi.com](http://www.europamasi.com). Ingeniero Técnico Industrial (Universidad de Salamanca) y Graduado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática (Universidad de Salamanca). Decano del Colegio de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de Cáceres y presidente del Consejo de Colegios Profesionales de Ingenieros Técnicos Industriales de Extremadura.

## Premios a las mejores actuaciones nacionales en energías renovables, eficiencia energética y comunidades energéticas

La Asociación de Agencias Españolas de Gestión de la Energía (EnerAgen) ha entregado en Cádiz los 13º Premios EnerAgen, que reconocen las mejores actuaciones llevadas a cabo en España en materia de energías renovables, eficiencia energética, comunicación y, este año como novedad, comunidades energéticas.

El jurado, formado por profesionales y técnicos del sector de la energía, ha concedido cuatro galardones –uno por cada categoría– y dos menciones de honor, debido a la calidad de las candidaturas presentadas. Todas ellas han contado con el aval de las agencias asociadas a EnerAgen.

El Premio EnerAgen 2022 a la mejor actuación en materia de energías renovables ha sido para Comunidades Solares Repsol Solmatch, promovida por REPSOL, S.A., y avalada directamente por la Asociación de Agencias Españolas de Gestión de la Energía (EnerAgen). Las Comunidades Solares de Solmatch generan electricidad local y renovable en núcleos urbanos. La energía se produce a partir de placas solares instaladas en tejados de la zona, para que los hogares y comercios situados en un radio de 500 metros puedan conectarse y disfrutar de electricidad 100% renovable.

El 13º Premio EnerAgen a la mejor actuación en materia de eficiencia energética y/o movilidad sostenible ha recaí-

do en el Sistema de Gestión Interoperable Red Urbansol, presentado por las Diputaciones de Badajoz y Cáceres, y avalado por la Agencia Extremeña de la Energía (Agenex).

Este proyecto ha permitido la creación de una infraestructura transfronteriza de red mallada de movilidad eléctrica entre distintos municipios de la región Euroace (Extremadura y Portugal), uniendo ambos lados de la frontera hispano-lusa. Se han ejecutado actuaciones en 25 municipios y se han instalado 43 puntos de recarga.

El Premio EnerAgen a la mejor actuación en materia de sensibilización y difusión de las energías renovables y la eficiencia energética ha sido para la Oficina de Energía de la Ciudad de Valencia, presentado por la Fundació C.V. València Clima i Energia y avalada por el Instituto Valenciano de Competitividad Empresarial (Ivace Energía).

Por último, en la categoría a la mejor actuación en comunidades energéticas, el jurado ha premiado a COMPTEM- Comunidad para la Transición Energética Municipal, presentado por la Cooperativa Eléctrica Benéfica San Francisco de Asís, COOP.V. Cooperativa, candidatura avalada por el Instituto Valenciano de Competitividad Empresarial (Ivace Energía). El proyecto se apoya en el desarrollo de un modelo de producción de energía de autoconsumo colectivo celular.

# Jesús Manzano del Pozo

CEO de GRUPOETRA

## “En GRUPOETRA ponemos todo nuestro empeño en atraer y retener al mejor talento”

### Redacción TI.

El pasado 23 de junio se llevaba a cabo la demostración del caso de uso “Emergencias 4.0”, implementada por el GRUPOETRA, junto con Orange y Huawei. El proyecto piloto se ha realizado en un Puesto de Mando Avanzado para la Generalitat Valenciana, instalado en el Puerto de Sagunto. La Plataforma de Gestión de Emergencia 4.0 pertenece al proyecto piloto 5G de Red.es, y la demostración tenía como objetivo mostrar cómo las comunicaciones 5G garantizan la conectividad en situaciones de emergencia, ofreciendo la inspección de la zona por control remoto y a tiempo real.

Este proyecto, desarrollado por ETRA, forma parte del proyecto piloto 5G Valencia de Red.es, dentro del Plan Nacional 5G y del Plan Nacional de Territorios Inteligentes. Ambos planes son impulsados por el Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital, y cofinanciados con los fondos FEDER.

Se trata solo de un ejemplo de los destacados proyectos que lleva a cabo el GRUPOETRA, multinacional tecnológica y Centro de Excelencia Smart City gracias a su intensa actividad en proyectos de I+D+i en tecnologías Smart. Su misión es poner al servicio de la sociedad las soluciones más avanzadas en las áreas de movilidad, alumbrado, energía, seguridad y comunicaciones.

*Técnica Industrial* ha entrevistado a Jesús Manzano del Pozo, CEO de GRUPOETRA, con el fin de conocer más a fondo a esta empresa de vanguardia, y las interesantes posibilidades que ofrece a los ingenieros que apuesten por trabajar con este gran equipo de profesionales.

### ¿Qué ofrece GRUPOETRA al sector y cuántos años lleva dedicada a este ámbito?

GRUPOETRA está en el mercado desde finales de los 70, ofreciendo soluciones tecnológicas de alto valor añadido en los



Jesús Manzano del Pozo

ámbitos de la movilidad, la energía y la seguridad. A lo largo de todo este tiempo, hemos vivido una tendencia -acelerada últimamente- de convergencia entre los tres sectores. Un ejemplo sería la cada vez más evidente interrelación entre movilidad y energía para enfrentar la emergencia climática que se materializa en la electromovilidad, sector en el que GRUPOETRA es un actor clave, liderando el mercado de sistemas de gestión de infraestructura de carga de vehículo eléctrico.

Otro ejemplo sería la necesidad de, en un mundo cada vez más digitalizado, proteger los sistemas que gestionan nuestras infraestructuras críticas, tales como las energéticas o las de transporte. También en este frente, GRUPOETRA está en primera línea, proveyendo sistemas seguros, tanto a nivel físico como ciber, de modo que los servicios esenciales de energía o movilidad no se vean interrumpidos. Y todo ello complementado con la incorporación, constante de tecnología *cutting edge* y disruptiva.

“Ponemos al servicio de la sociedad las soluciones más avanzadas en movilidad, alumbrado, energía, seguridad y comunicaciones”

Ejemplo de ello es ETRAIR, empresa recientemente constituida dentro de GRUPOETRA, cuyo objeto es la provisión de *UAS as a Service*, de cara a responder a la demanda presente y futura por parte del mercado de este tipo de servicios y soluciones.

Diseñamos, fabricamos y proveemos las soluciones integradas más avanzadas que incorporan drones y C-drones, así como plataformas de gestión basadas en el concepto de gemelo digital. Prestamos servicios en el ámbito de la inspección industrial (desde plantas de genera-

ción de energías renovables hasta naves industriales e infraestructuras críticas), seguridad, emergencias, protección contra incendios y un amplio abanico de posibilidades.

**Desde que comenzara la pandemia de la Covid-19, en 2020, hemos visto cómo ha aquejado a varios sectores, en ocasiones incluso de forma dramática. En su opinión, ¿cómo ha afectado a GRUPOETRA, a nivel particular, y al mercado energético, en general?**

A nivel interno, nuestra primera prioridad ha sido asegurar la salud de nuestros empleados, clientes y colaboradores -de hecho, fuimos una de las primeras empresas en España en conseguir el certificado AENOR anti COVID-19-. Ya desde una perspectiva más general, hemos comprobado cómo la actual crisis sanitaria ha puesto de relieve la necesidad de acelerar dos transiciones que resultan imprescindibles para asegurar nuestro futuro como sociedad: la energética y la digital.

Por ejemplo, hemos podido ver la necesidad de continuar potenciando los sistemas de autoconsumo, en general, y de autoconsumo compartido, en particular: por una parte, se aumenta la resiliencia de la red y, por otra, se reducen las emisiones, algo fundamental en el contexto de una pandemia, que afecta especialmente al sistema respiratorio de las personas. Aquí habría que destacar nuestra línea de calidad de aire interior, con la empresa de GRUPOETRA ZONAIR3D, que aporta las soluciones tecnológicas más avanzadas en prevención de la polución, virus, hongos y bacterias, de forma pasiva y sin la generación de productos químicos dañinos para la salud.

**- Echando la vista atrás, ¿cuáles han sido las principales evoluciones del sector energético y de su nicho de mercado, en particular, en las dos últimas décadas?**

La verdad es que el sector energético ha experimentado una evolución espectacular durante las dos últimas décadas. De sistemas monolíticos y con unas funcionalidades muy concretas, hemos pasado a un entorno en el que proliferan nuevos actores, que demandan sistemas más inteligentes, abiertos e interoperables. Para esto han sido, y especialmente ahora, son fundamentales las dos transiciones que mencionábamos antes. En ETRA llevamos desde los años 80

**“Nuestra misión consiste en hacer del mundo un lugar más verde y digital; en otras palabras, un lugar mejor”**

del pasado siglo trabajando en desarrollar soluciones tecnológicas para el sector energético, por lo que se podría decir que llevamos más de 30 años trabajando en las transiciones energética y digital. De hecho, según indicadores de la UE, somos la empresa española que más I+D+i hace en esos ámbitos. Esto nos permite ofrecer soluciones para todos los actores a lo largo de toda la cadena de valor de la energía: desde la generación de renovables hasta el transporte, distribución, comercialización y consumo activo.

**- Y mirando al futuro, ¿podría darnos una visión de lo que está por venir en el sector energético, en los próximos 10 años?**

La gran mayoría de los desafíos a los que nos enfrentamos como sociedad -y esto es válido para España, Europa y el mundo- pasan necesariamente por un sector energético verde y digitalizado. Estamos hablando de una movilidad que sea 100% eléctrica, de un mix energético que se base de forma mayoritaria en energía renovable, o de una smart grid en la que la generación verde distribuida juegue un papel fundamental. También tenemos por delante la respuesta al reto del almacenamiento a gran escala, que sin duda servirá para hacer posible todo lo demás, así como la adopción masiva del hidrógeno verde, un vector energético en el que tenemos puestas muchas esperanzas. Ante este panorama, desde GRUPOETRA estamos trabajando con un entusiasmo renovado, conscientes de que, ahora más que nunca, nuestra misión de transformar la tecnología más innovadora en servicios para las personas y la sociedad va a cambiar el mundo.

**Detrás de los proyectos del GRUPOETRA están los profesionales que los llevan a cabo. ¿Cómo se desarrolla el trabajo en equipo? ¿Por qué formar parte de esta empresa?**

En GRUPOETRA ponemos todo nuestro empeño en atraer y retener al mejor talento, algo que resulta más fácil cuando nuestra misión consiste en hacer del mundo un lugar más verde y digital; en otras palabras, un lugar mejor. Esto ya es un buen punto de partida, porque quien venga a trabajar con nosotros se va a encontrar con un excelente entorno de trabajo y con los mejores profesionales de nuestro sector, no ya de España, sino de Europa.

Promovemos el trabajo en equipo, y procuramos el desarrollo de nuestros colaboradores, tanto a nivel profesional como personal. Además de contar con planes de carrera y formación permanente para todos nuestros colaboradores, nuestra máxima es ayudar a cada uno de los miembros de la organización a hacerse cargo de toda la responsabilidad que quiera y sea capaz de asumir.

Aunque el disponer de un plan de igualdad de género es algo que la legislación ha exigido recientemente, en GRUPOETRA viene siendo práctica habitual desde hace décadas, de modo que nuestras ingenieras suponen un pilar clave e imprescindible a la hora de explicar el éxito de la empresa.

**¿Cuál es la opinión, en ETRA, acerca de la aportación de las mujeres al mundo de la ingeniería?**

Para ETRA, nuestras ingenieras suponen un puntal básico e imprescindible, sin su talento y compromiso el éxito de la empresa no sería posible.

En la actualidad, casi la cuarta parte de nuestro personal con un título medio o superior de ingeniería son mujeres; puede parecer poco, pero tenemos ambiciosos planes en marcha y esta cifra está creciendo rápidamente, llegando a superar en algunos departamentos el 50%.

Tenemos una política de contratación y desarrollo profesional que presta especial atención a la atracción y retención del talento femenino, ya que, como decía, pensamos que cualquier empresa en general, pero especialmente si se dedica a la tecnología y la innovación, no puede permitirse prescindir del talento femenino.

¡Así que, no te lo pienses más y vente con nosotros! Escríbenos a [rrhh.seleccion@grupoetra.com](mailto:rrhh.seleccion@grupoetra.com)

# Detección de la posición y tamaño de una grieta mediante impacto-eco y MCSD

*Detecting size and position of a crack by impact-echo and MCSD*

R. Medina<sup>1</sup>, P. García-Albaladejo<sup>1</sup>, F. Barrio-Parra<sup>1</sup>, B. Biosca<sup>1</sup>, J. Díaz-Curiel<sup>1</sup>, L. Arévalo-Lomas<sup>1</sup>

## Resumen

El presente trabajo plantea el uso combinado del método de impacto-eco y el algoritmo MCSD multicross spectral density (MCSD) para la detección en placas de hormigón de la posición y el tamaño de grietas paralelas a la superficie. El método de impacto-eco se basa en analizar, tras generar ondas mediante un impacto sobre los materiales que se pretenden evaluar, las reflexiones que se producen en las superficies, interfases y defectos internos de los mismos. Se realiza la simulación mediante el programa de elementos finitos Ansys® y se estudia la respuesta para diferentes longitudes de grieta con relación a la distancia a la superficie. Se emplean elementos infinitos para simular contornos laterales absorbentes, lo que permite simular placas de gran tamaño sin coste computacional. Las ondas que generan el impacto y sus múltiples reflexiones se recogen en varios transductores. La posición del impacto y la localización de los captadores se varían desde una posición centrada respecto de la grieta hasta una localización exterior a la misma. Las señales se tratan en el dominio del tiempo y posteriormente en el dominio de la frecuencia mediante la Transformada Rápida de Fourier (FFT) y el algoritmo MCSD. Comparando para los diferentes casos los valores que se obtienen para las amplitudes a la frecuencia de eco característica de la grieta con los valores a la frecuencia de eco característica del fondo de la placa, se obtiene información sobre la posición del punto de impacto y de los transductores con respecto al borde de la grieta, pudiéndose estimar la posición y longitud de la grieta.

## Palabras clave

Hormigón, Impacto-eco, Grietas, Métodos no destructivos, Método de elementos finitos, Elementos infinitos, Transformada de Fourier, Propagación de ondas.

## Abstract

*This work proposes the combined use of the impact-echo method and the multicross spectral density (MCSD) algorithm for the detection of defects in concrete slabs, particularly cracks parallel to the surface, which determine their depth and size. The impact-echo method is based on analyzing, after generating waves through an impact on the materials to be evaluated, the reflections that occur on their surfaces, interfaces and internal defects. The Ansys® finite element program is used to model a plate with cracks parallel to the surface, the waves generated by a mechanical impact on the surface and the response for different crack lengths in relation to the distance to the surface. Infinite elements are used to simulate absorbing lateral contours. This allows simulating large plates without computational cost. The waves generated by the impact and its multiple reflections are collected in several transducers (eight on each side of the impact), and they are distributed equidistantly on the surface and collect information in the time domain. Subsequently, these signals are processed and passed to the frequency domain using the Fast Fourier Transform (FFT) and the MCSD algorithm, which performs the cross spectral density of the signals coming from the transducers.*

## Keywords

Concrete, Impact-echo, Cracks, Nondestructive testing, Finite element method, Infinite elements, Fourier transform, Wave propagation.

Recibido / received: 20/06/2021. Aceptado / accepted: 26/10/2021.

<sup>1</sup> Departamento de Energía y Combustibles. ETSIME. Universidad Politécnica de Madrid (UPM).

Autor para correspondencia: Rafael Medina, e-mail: rafael.medina@upm.es

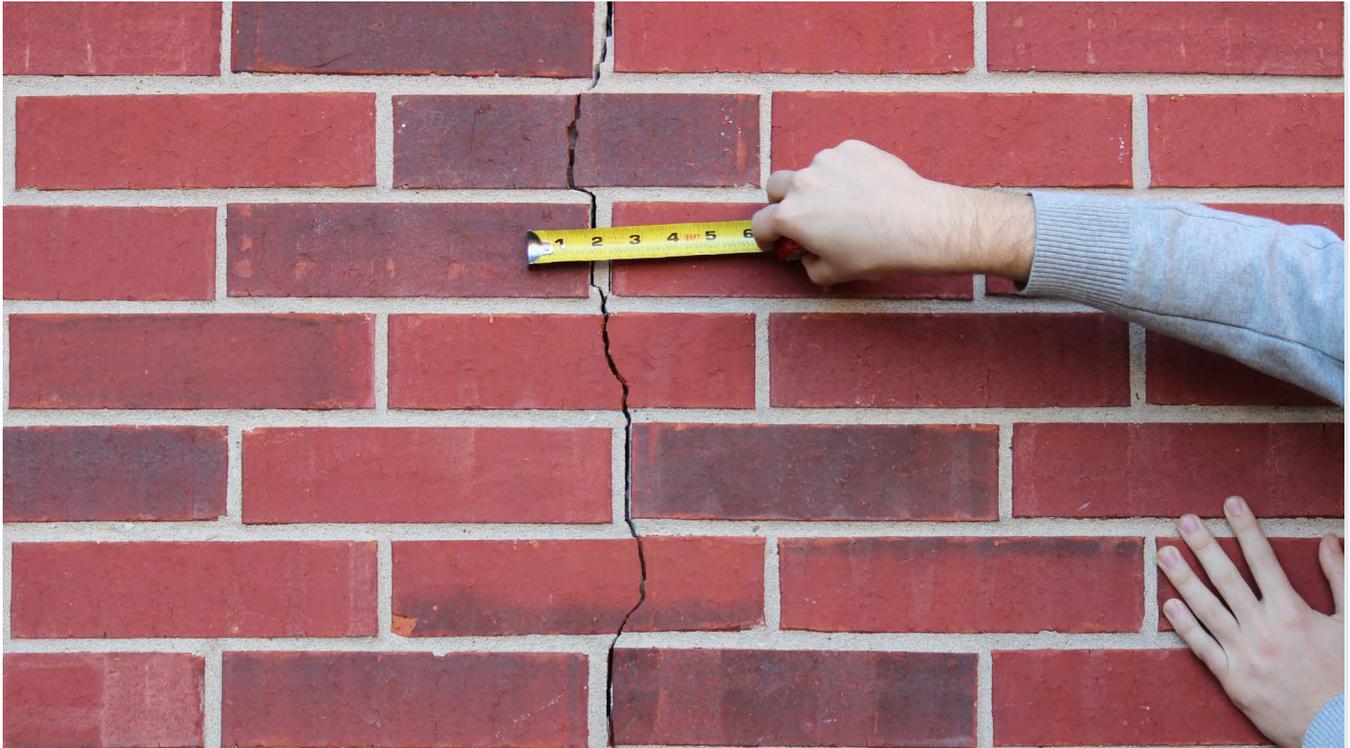


Foto: Shutterstock.

## Introducción

El método de impacto-eco [1] se basa en el estudio de la propagación de ondas de tensión transitorias generadas por un impacto elástico de corta duración. Se realiza de forma mecánica contra la superficie del material mediante una bola de acero de pequeño diámetro (de entre 4 y 15 mm). Se generan tensiones de baja frecuencia que se propagan por la estructura y son reflejadas por defectos del material y superficies externas. Las señales que representan los desplazamientos en la superficie son recogidos en el dominio del tiempo por un transductor próximo al impacto y, posteriormente, son transformadas al dominio de la frecuencia mediante la transformada de Fourier. La componente del desplazamiento que resulta de interés es la componente perpendicular a la superficie, que es la que detectaría un transductor de onda P. Las múltiples reflexiones de las ondas de tensión en las interfases y en los contornos se registran en el espectro y se usan para identificar las características del material y sus posibles defectos. El método es especialmente adecuado para ciertos medios heterogéneos (hormigón, asfalto) donde habitualmente se usan

métodos destructivos, dado que otros métodos no destructivos (ultrasonidos) no dan buenos resultados, pues las altas frecuencias que emplean son fuertemente atenuadas por este tipo de medios.

Si una onda se propaga con una velocidad  $c_p$  por el material y la reflexión se produce en una zona situada a una distancia  $d$  de la superficie, la frecuencia  $f_t$  de la llegada a la superficie (frecuencia de eco) es

$$f_t = \beta \frac{c_p}{2d} \quad (1)$$

siendo  $\beta$  un coeficiente que depende de la geometría y el material; para placas de hormigón se estimó experimentalmente en 0.96. Estudios posteriores sobre la relación entre esta frecuencia de eco y la frecuencia correspondiente a la velocidad de grupo cero de las ondas Lamb [2,3] permiten extender esta fórmula a placas de cualquier otro material, y se obtiene el valor de  $\beta$  a partir del coeficiente de Poisson del material.

El espectro de frecuencias contiene, a menudo, picos que no son fáciles de interpretar. El hecho de que la reflexión de las ondas longitudinales

sobre un contorno genere tanto ondas longitudinales como transversales, sumado a las propias ondas transversales generadas en el impacto, provoca la aparición de interferencias entre las diferentes ondas que dificultan la interpretación del espectro. Los picos no deseados del espectro pueden reducirse o incluso eliminarse mediante técnicas de procesamiento de señal. En este trabajo se empleó el algoritmo MCSD (*multicross spectral density*) para dicho propósito [4]. Las señales se registran en  $n$  detectores en lugar de en un único punto y son combinadas en el dominio de frecuencia para obtener su señal MCSD, definida como

$$S_n(\omega) = \prod_{i=1}^n P_i(\omega) \quad (2)$$

siendo  $P_i(\omega)$  el módulo del espectro de la señal registrada por el detector  $i$ . Mediante este algoritmo se logra que solo se mantengan aquellos picos de frecuencia que tienen amplitudes elevadas en todos los detectores, eliminándose, así, las frecuencias que provienen de interferencias.

El método de impacto-eco presenta problemas adicionales de interferencias que se deben a los rebotes en los contornos laterales de la placa [5]. Si el tamaño de esta no es mucho más gran-

de que el espesor las reflexiones en los contornos, especialmente de la onda Rayleigh, interfieren con las reflexiones de la onda P y dificultan poder ver con claridad en el espectro la frecuencia de eco. Para evitar esto habría que emplear, por tanto, placas de elevada relación longitud a espesor, lo que elevaría el coste de computación. Además, si el ensayo se quiere hacer para simular una placa en la que la relación longitud a espesor no fuera elevada, parece que el método no funcionaría.

Es habitual [6-8] el empleo de la técnica de impacto-eco para obtener a partir de la frecuencia de eco  $f_i$  la posición en profundidad  $d$  de una grieta sin más que despejar de la ecuación (1). Para poder ser detectada [9], el espesor de la grieta debe ser como mínimo de 0,08 mm y el ancho de la grieta debe ser mayor que un tercio de la distancia a la superficie. Sin embargo, el método no permite estimar el tamaño de la grieta ni su posición respecto al punto de impacto. Hay algunos trabajos relativos a este tema [10-13], pero aplican técnicas que no obtienen los resultados directamente a partir de la frecuencia de eco.

En atención a todo lo anterior, el objetivo fundamental de este trabajo es obtener, además de la posición en profundidad de una grieta, habitual en el método de impacto-eco, información acerca del tamaño y de la posición de una grieta respecto al punto de impacto, a partir de las amplitudes de las frecuencias de eco correspondientes a la reflexión en la grieta y en la superficie inferior de la placa. Adicionalmente, se persigue resolver el problema de las interferencias debidas a rebotes en los contornos laterales de la placa mediante el empleo de elementos absorbentes que eviten la reflexión de las ondas, para lo que se van a utilizar elementos infinitos en los contornos laterales. El empleo de estos elementos hace posible, además, estudiar placas de alta relación longitud a espesor, con bajo coste de computación.

El conocimiento del tamaño y de la posición de la grieta, y no solo su profundidad, mejoraría el uso del método de impacto-eco en actividades en las que ya se emplea y se abre la posibilidad de nuevas aplicaciones. Puede usarse para evaluar la integridad de pavimentos, como en las capas de asfalto sobre hormigón de la pista de

un aeropuerto, donde un mal contacto entre ambas capas (que equivaldría a la presencia de una gran grieta horizontal) puede suponer graves problemas no solo económicos sino de seguridad. Puede aplicarse a la detección de grietas en túneles, que pueden haber sido causadas por el agua, impactos de obras cercanas o vibraciones debidas al paso de trenes o vehículos, grietas cuyo tamaño debe ser monitorizado continuamente en las operaciones de mantenimiento, sobre todo para prevenir fugas de agua que afecten al túnel. O, de manera similar, en la detección y control del tamaño de grietas en una presa de hormigón. En la reparación de estructuras de mampostería, se puede aplicar para la detección y evaluación mediante métodos no destructivos de grietas que puede haber en los edificios. Y puede aplicarse en temas medioambientales, para estudiar cómo se produce la migración de vapores contaminados desde el suelo a las viviendas, donde un factor muy importante para determinar el grado de intrusión es el porcentaje y la conectividad de las grietas de la cimentación, o el mal contacto que puede existir entre el suelo y las paredes del edificio, que supondrían un camino de penetración del vapor. Determinar el tamaño de esos malos contactos influiría en una mejor estimación de los parámetros que se utilizan en los modelos que calculan la concentración de vapores en los edificios y realizan una evaluación de riesgos.

### Metodología

Para el desarrollo del trabajo se han realizado modelizaciones con el *software* de elementos finitos Ansys®, empleando placas en dos dimensiones suponiendo deformación plana, dado que los resultados permitirían demostrar la utilidad del método y se reduce de manera muy importante el coste de computación respecto a una modelización en 3D. Se emplea para ello el elemento finito PLANE182 de Ansys®. Se ha supuesto contorno libre en las superficies superior e inferior de la placa.

Para los contornos laterales de la placa se han empleado elementos absorbentes para poder trabajar con placas de menor longitud y, a la vez, evitar las reflexiones en los contornos, especialmente de la onda Rayleigh. El

método utilizado para ello ha sido emplear elementos infinitos (INFIN257 en Ansys®) en dichos contornos, para lo que ha sido necesario desarrollar un programa en lenguaje APDL de Ansys®. Para comprobar el correcto funcionamiento de estos elementos, se realiza una simulación en una placa sin grieta para comprobar la atenuación de la señal al llegar a los contornos y verificar que la frecuencia de eco se detecta con claridad.

Se ha simulado que las placas son de hormigón de densidad  $\rho = 2.500 \text{ kg/m}^3$ , con un módulo de elasticidad  $E = 30,47 \text{ GPa}$  y coeficiente de Poisson  $\nu = 0,25$ , lo que da una velocidad de onda P  $c_p = 3.824 \text{ m/s}$ . El coeficiente  $\beta$  correspondiente, teniendo en cuenta el valor del coeficiente de Poisson [2,3], puede considerarse de 0,94.

Las características comunes de las placas son 1,2 m de espesor y 5 m de longitud. Hay que tener en cuenta que en los contornos laterales se emplean elementos absorbentes, lo que permite que estas dimensiones puedan simular una placa de gran longitud. Se van a simular grietas de diferentes anchuras que se van a colocar siempre a una profundidad de 50 cm. De los valores anteriores y de la ecuación (1) se pueden determinar las frecuencias teóricas de eco de la grieta, 3.595 Hz, y de la superficie inferior de la placa, 1.498 Hz.

La variación de la fuerza del impacto con el tiempo de una pequeña esfera sobre la superficie puede representarse mediante medio periodo de una función seno cuadrado. El tiempo de contacto  $t_c$  depende del radio de la esfera y del material con el cual se impacta; en los ensayos habituales suele estar en el rango entre 15 y 100 ms. El contenido en frecuencia de dicho impacto se obtiene a partir de la transformada de Fourier de la señal, de donde puede deducirse que la máxima frecuencia útil es del orden de  $1,25/t_c$ . El impacto se simula introduciendo esta fuerza sinusoidal en el nodo elegido de la superficie del material.

El tiempo de muestreo  $\Delta t$  de la señal es el inverso de la frecuencia de Nyquist, igual al doble de la máxima frecuencia de interés  $f_{\text{máx}}$ , y que, a su vez, deberá ser mayor que la frecuencia de eco de la grieta  $f_i$ :

$$\Delta t = \frac{1}{2f_{\text{máx}}} \quad (3)$$

El mallado debe ser suficientemente fino para poder representar los efectos de la propagación de las ondas. La menor longitud de onda que detecta puede obtenerse a partir de la máxima frecuencia de interés  $f_{m\acute{a}x}$  y la velocidad de propagación  $c_p$  como

$$\lambda_{min} = \frac{c_p}{f_{m\acute{a}x}} \quad (4)$$

Ansys® recomienda emplear como mínimo 10 elementos por longitud de onda.

El tiempo de contacto del impacto que se emplea en la modelización es de 35 ms, que correspondería a una esfera de 8 mm, lo que permite excitar frecuencias de hasta el orden de 35 kHz, que cumple ser más del doble de la frecuencia máxima de eco buscada (3.595 Hz). Se ha elegido un tamaño de mallado de 0,01 m, válido para una  $\lambda_{min}$  de 0,1 m y una  $f_{m\acute{a}x}$  de hasta 38 kHz según la ecuación (4). El tiempo de muestreo  $\Delta t$  que se emplea es de 3,5 ms, con objeto de tener al menos 10 puntos de muestreo de la semisennoide de carga. Con este tiempo de muestreo, de la ecuación (3) se obtiene que la frecuencia máxima en el espectro es de 142.857 Hz, aunque debemos tener presente que con el impacto realizado solo se excitan frecuencias de hasta unos 35 kHz, en todo caso muy por encima de las frecuencias de eco buscadas.

La resolución en frecuencia de la señal es

$$\Delta f = \frac{1}{n\Delta t} \quad (5)$$

siendo  $n$  el número de muestras tomadas (o  $n\Delta t$  el tiempo total de registro). En nuestro caso se han tomado 4.096 muestras, para un tiempo de registro de 0,0143 s, lo que conduce a una resolución en frecuencia de 69,8 Hz.

Un problema adicional que resolver que ya aparece en los primeros trabajos sobre impacto-eco [6,7] es la necesidad de eliminar de la señal la onda Rayleigh directa, ya que la elevada energía que contiene altera totalmente el espectro y dificulta la detección de las frecuencias de eco. En este trabajo el procedimiento realizado consiste en la detección de la llegada de la onda Rayleigh a cada punto de medida, a partir del máximo desplazamiento vertical que se tiene en el registro y la posterior supresión de la onda en la señal. Una vez

eliminada la onda Rayleigh, el resto de información ya es útil para poder determinar las frecuencias de eco.

Para poder aplicar la ecuación (2) se van a colocar ocho detectores a la derecha y ocho más a la izquierda del punto de impacto en cada ensayo, en posiciones simétricas respecto al impacto. Para seguir las recomendaciones del método de impacto-eco [1] que sugiere que las mejores detecciones se logran a distancias del punto de impacto de entre el 20 % y el 40 % de la distancia a la que se produce la reflexión, el primero de los detectores se coloca a una distancia de 10 cm del impacto, con una separación de 2 cm entre cada uno de los demás.

El procedimiento a seguir consiste en realizar impactos en diferentes posiciones de la superficie con respecto a la posición de la grieta, registrar las señales y observar la evolución de las frecuencias de eco del fondo de la placa y del fondo de la grieta para, a partir de ella, poder sacar conclusiones sobre la posición y tamaño de la misma. Se van a usar tres anchuras de grieta diferentes: 1 m, 50 cm y 30 cm (mayor, igual y menor que la profundidad a la que se encuentra). Se realizan simulaciones con un impacto situado en el centro de la grieta y con impactos desplazados hacia el borde de la grieta o fuera de ella.

Las señales recogidas por los detectores se procesan, filtrando previamente la onda Rayleigh, y calculando su transformada de Fourier (FFT). Con las transformadas obtenidas se calcula el MCSD de los ocho receptores a la derecha del impacto y de los ocho a la izquierda, de manera independiente. Se han filtrado las bajas frecuencias del espectro, que corresponden a modos propios de la placa y que suelen tener una amplitud elevada, para que puedan visualizarse correctamente las frecuencias de eco.

### Análisis de resultados

#### Comportamiento de los elementos absorbentes

Para comprobar el correcto funcionamiento de los elementos infinitos como elementos absorbentes se ha realizado un ensayo de impacto sobre una plancha sin grietas, de las dimensiones y características indicadas en el apartado anterior.

Tras el impacto en el centro de la placa las ondas se van propagando por la superficie y por el interior de la misma como se ve en la figura 1, en la que se reflejan los desplazamientos en la dirección  $Y$ . Los frentes de ondas pueden verse en la figura 1a, habiéndose reflejado ya en el fondo de la placa, pero antes de que lleguen al borde la-

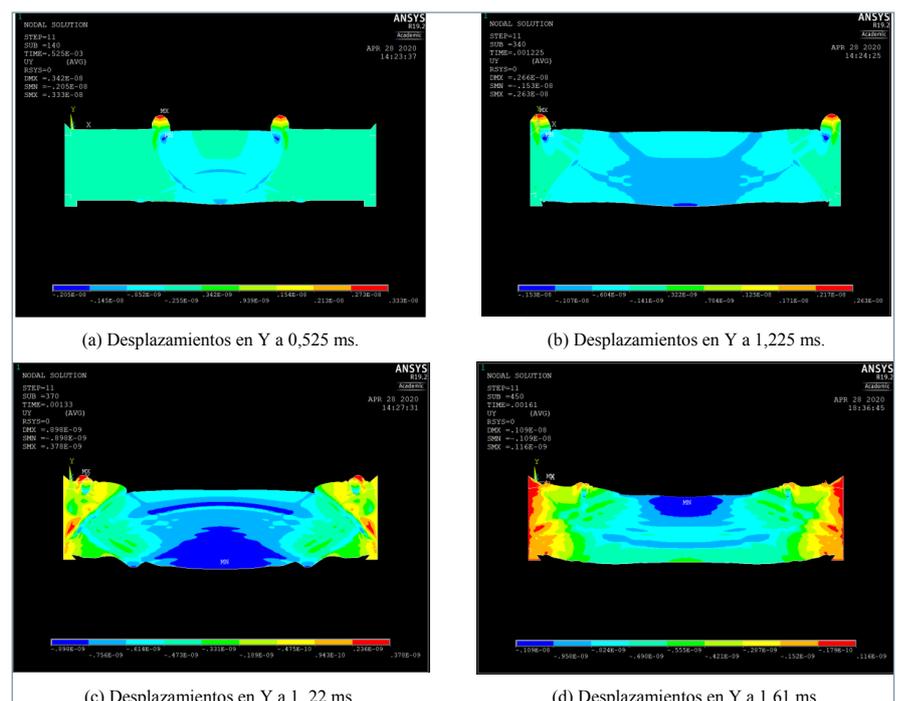


Figura 1. Propagación de las ondas y reflexiones en el contorno absorbente en una placa sin defectos.

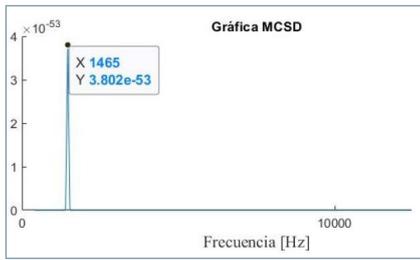


Figura 2. MCS D de una placa de 1,2 m de espesor, con contornos absorbentes.

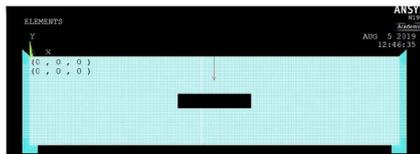


Figura 3. Placa con grieta de 1 m e impacto centrado.

teral. En la figura 1b se muestran los desplazamientos justo antes de reflejar en el contorno absorbente. El orden de magnitud de los máximos desplazamientos es de  $0.2 \cdot 10^{-8}$  y corresponden a la onda Rayleigh (en color rojo). Al reflejarse en el contorno (figura 1c) los desplazamientos disminuyen al orden de  $0.3 \cdot 10^{-9}$ . En la figura 1d, ya pasados 1,61 ms podemos ver cómo apenas aparece el desplazamiento debido a la onda Rayleigh en los puntos de la superficie, del orden de  $0.2 \cdot 10^{-9}$ .

En la figura 2 se muestra el MCS D correspondiente a la modelización anterior, y puede observarse cómo se detecta la frecuencia de eco de la placa (1.465 Hz) sin que aparezca ningún otro pico en la señal que pudiera reflejar alguna interferencia. Los elementos infinitos actúan, por tanto, adecuadamente como elementos absorbentes de la onda Rayleigh.

**Impacto en el centro de la grieta**

En la figura 3 se muestra el mallado y el impacto del primer caso que se plantea, con una longitud de grieta de 1 m, superior a la profundidad de la misma ( $y = 50$  cm) y, por tanto, fácilmente detectable por impacto-eco. Se ha simulado un impacto centrado en la placa y grieta ( $x = 2,5$  m) y se han colocado los receptores en una posición inicial de 2,6 m (distancia del 20 % de la profundidad a la que se encuentra la grieta), espaciados cada uno 0,02 m hacia la derecha, por lo que el último receptor se encuentra en una posición de

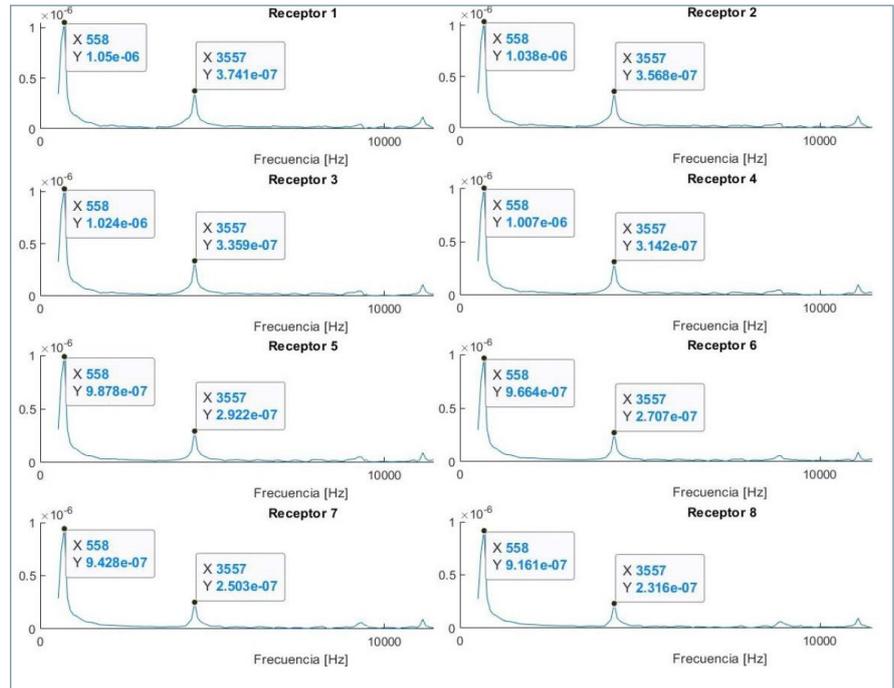


Figura 4. Espectro de Fourier de ocho receptores a la derecha de una grieta de 1 m con impacto centrado.

2,74 m, todavía muy lejos del final de la grieta (que se encuentra en  $x = 3$  m).

En la figura 4 se muestran las transformada de Fourier (FFT) de los desplazamientos en la dirección  $Y$  generados por la onda en los receptores situados a la derecha del impacto.

Puede observarse en todos ellos un pico a la frecuencia de 558 Hz, correspondiente a un modo propio de la placa y un pico a la frecuencia de 3.557 Hz, correspondiente a la frecuencia de eco de la grieta. No aparece ningún pico a la frecuencia de eco de la placa, lo cual

indica que todos los detectores están sobre la grieta. Puede verse, además, que la amplitud de la frecuencia de eco de la grieta disminuye a medida que nos alejamos del centro de la misma.

En la figura 5 se muestran los MCS D de los 8 detectores a la derecha del impacto, tanto para la grieta de 1 m como para las de 50 y 30 cm de ancho. En ellos se ha filtrado el modo propio de la grieta mediante un filtro pasa-alta para poder observar mejor las frecuencias de eco. Comparando la figura 5a con la figura 4 se observa

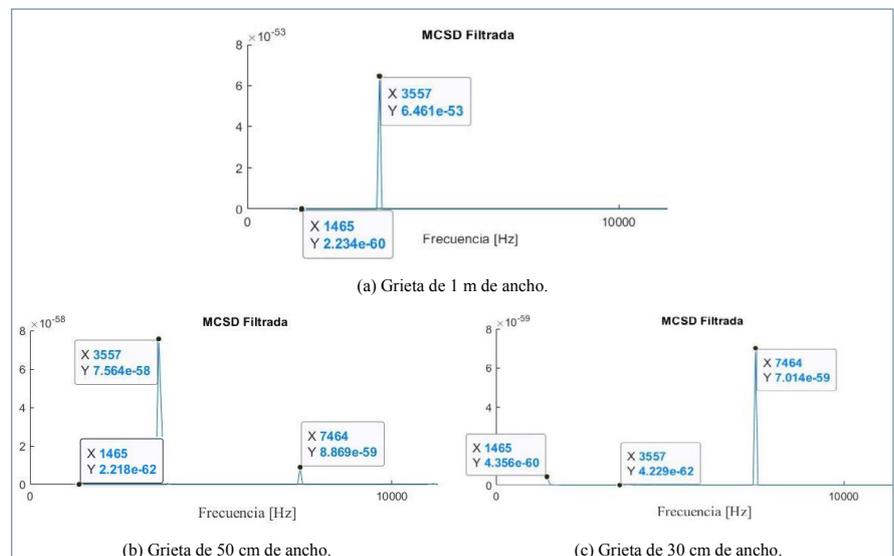


Figura 5. MCS D de ocho receptores a la derecha de una grieta con impacto centrado.

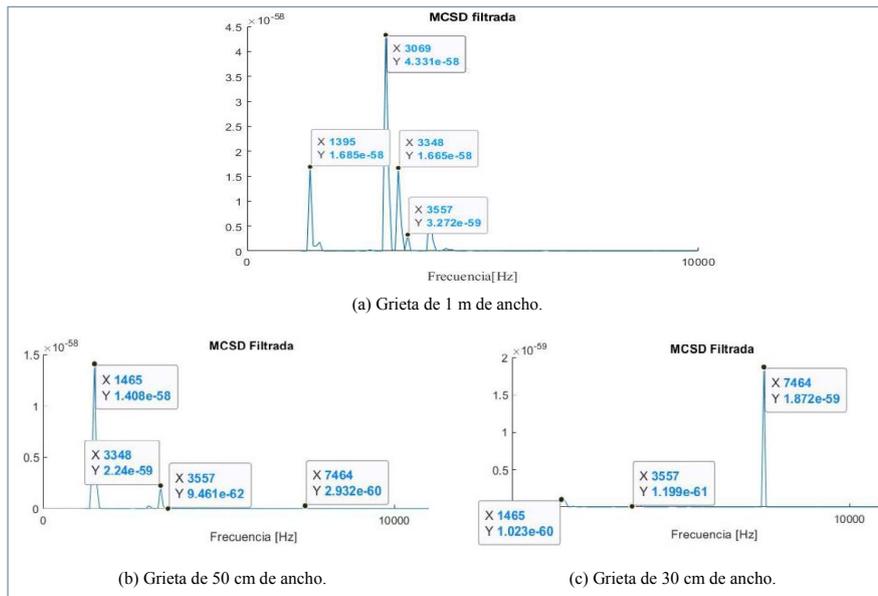


Figura 6. MCSD de ocho receptores a la derecha de una grieta con impacto no centrado sobre la grieta.

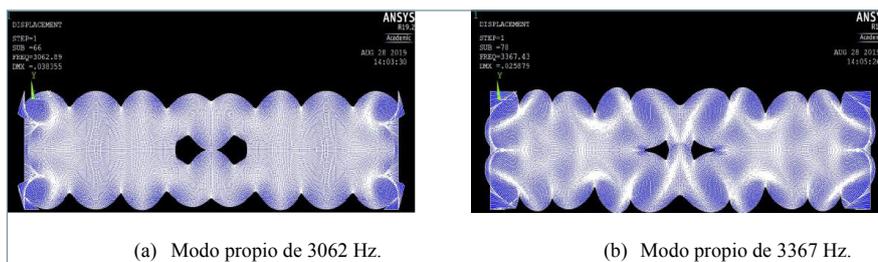


Figura 7. Modos propios de la placa con grieta de 1 m.

que, al haber eliminado la frecuencia de 558 Hz, puede detectarse la frecuencia de 1.465 Hz correspondiente a la frecuencia de placa, pero con un valor despreciable comparado con la frecuencia de eco de la grieta, lo que confirma que se está sobre la grieta.

Si se obtienen, por otra parte, los resultados de los ocho detectores situados a la izquierda del impacto, los MSCD son los mismos que los de la figura 5, para las diferentes anchuras, esperable al estar el impacto centrado. Podemos deducir, por tanto, que a medida que nos acercamos al centro de una grieta, los MSCD de los detectores a la derecha y a la izquierda dan resultados cada vez más parecidos, siendo idénticos al situarnos justo en el centro.

Comparando la figura 5b con la figura 5a, se observa que la amplitud de los picos correspondientes a los ecos de la grieta y de la placa han disminuido y que, aunque la frecuencia de eco de la grieta sigue siendo varios órdenes de magnitud superior a la de la placa, la

diferencia de magnitud es ahora menor, como consecuencia de que los receptores están más cerca del borde de la grieta. Para una grieta de anchura de 50 cm (igual a la profundidad de la misma), los detectores siguen estando sobre la grieta, pero el último de ellos, con  $x = 2,74$  cm, está justo en el borde de la misma ( $x = 2,75$  cm). Para la grieta de 30 cm (Figura 5(c), borde en  $x=2.65$  cm y detectores entre 2.6 y 2.74 cm) ya hay más detectores fuera de la misma y se observa que el pico correspondiente a la frecuencia de eco de la placa es mayor que el de la grieta. Se concluye, por tanto, que cuando hay más detectores fuera de la grieta que sobre ella, la amplitud de la frecuencia de eco de la placa supera a la de la grieta y esto nos permitiría detectar la posición del borde de la grieta. También puede verse cómo la amplitud de los picos disminuye según decrece el ancho de la grieta.

En las Figuras 5b y 5c se puede observar que aparece un pico de fre-

cuencia no esperada de 7.464 Hz, superior a la frecuencia de eco de la grieta. Este pico puede corresponder a un modo superior de las frecuencias de Lamb [14] y podría dificultar la interpretación de los espectros, especialmente en el caso de la grieta de 30 cm (ancho de la grieta inferior a su profundidad).

**Impacto sobre la grieta no centrado**

Se estudia aquí el caso de impactos situados sobre la grieta, pero alejados del centro de la misma, de manera que todos los receptores a uno de los lados del impacto (en este caso el lado derecho) queden fuera de la grieta. Se ha realizado para ello un impacto a 45 cm del centro en el caso de la grieta de 1 m ( $x = 2,95$  cm, con el final de la grieta a 3 m), a 20 cm para la de 50 cm ( $x = 2,70$  cm, con el final de la grieta a 2,75 cm) y a 10 cm para la de 30 cm ( $x = 2,60$  cm, con el final de la grieta a 2,65 cm). En estos casos ninguno de los receptores a la derecha del punto de impacto se encuentra situado sobre la grieta.

En la figura 6 puede observarse como el MCSD para todos los casos muestra una frecuencia de eco de la placa (1.465 Hz, aunque en el caso de 1 m aparece a 1.395 Hz) con amplitud mayor (mínimo de un orden de magnitud) que la frecuencia de eco de la grieta (3.557 Hz). Esto se corresponde con que los receptores estén fuera de la grieta. La frecuencia de 3.557 Hz sigue apareciendo en el espectro, puesto que el impacto está sobre la grieta y parte de las reflexiones se producen en ella. Aunque no se muestran aquí, los resultados de los receptores situados a la izquierda del impacto dan un MCSD similar al mostrado en la figura 5, dado que todos ellos se encuentran sobre la grieta. El estudio conjunto de ambos MCSD nos llevaría a deducir que la posición del impacto está próximo al borde de la grieta.

En las figuras 6b y 6c se vuelve a observar la aparición de la frecuencia de 7.464 Hz, ya comentada en el apartado anterior. En la figura 6a aparece una amplitud elevada a frecuencias de 3.069 y 3.348 Hz no esperadas. Se ha realizado un análisis modal y coinciden, teniendo en cuenta la precisión del espectro, con modos propios que son excitados por la posición del impacto. En la figura 7 se muestran ambos modos.

### Impacto fuera de la grieta

Para confirmar lo detectado en el apartado anterior se ha realizado un impacto situado fuera de la grieta, aunque próximo al borde de ella. Obviamente, si el impacto se hiciera lejos de la grieta solo se detectaría la frecuencia de eco de la placa. Se ha realizado un impacto a 55 cm del centro para el caso de la grieta de 1 m ( $x = 3,05$  cm, con el final de la grieta a 3 m). No se presenta el resultado en las otras grietas para no ser reiterativos. En la figura 8 se recoge el MCSD resultante en los detectores a la derecha del impacto (ninguno sobre la grieta). En ella puede observarse cómo el espectro es similar al del apartado anterior, pero se eleva aún más la amplitud de la frecuencia de eco de la placa respecto de la de la grieta: en el caso anterior era de un orden de magnitud y ahora de casi 4.

### Conclusiones

El presente trabajo muestra la utilidad del método de impacto-eco para determinar la posición y la anchura de una grieta paralela a la superficie de una placa.

Se sabe que la posición en profundidad se puede detectar con este método. En el trabajo se muestra, sin embargo, que cuando el tamaño de la grieta disminuye con relación a la profundidad de la misma, aparecen picos de frecuencia que no corresponden con las frecuencias de eco y que podrían confundir y llevar a dar valores erróneos para dicha profundidad.

El uso de elementos infinitos como elementos de contorno absorbentes se ha comprobado útil para eliminar la onda Rayleigh, que es la que provoca más interferencias con las señales de eco provenientes del fondo de la placa y de la grieta, y que, tradicionalmente, dificulta la interpretación de las señales. El uso de los mismos permite, además, simular placas de gran anchura con un bajo coste de computación.

Se ha visto que es posible determinar dónde está el centro de una grieta colocando detectores a las mismas distancias a derecha e izquierda del impacto. Cuando el MCSD registrado a

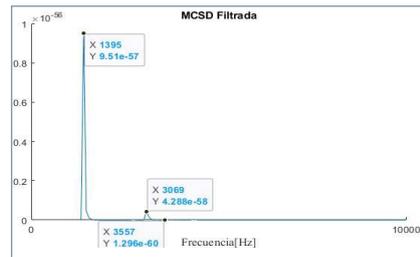


Figura 8. MCSD de ocho receptores a la derecha de una grieta de 1 m con impacto fuera de la grieta.

ambos lados coincide, indicará que el impacto está en el centro de la grieta. El MCSD resulta más cómodo que el uso de la FFT, dado que una única señal recoge la información de todos los detectores, además de eliminar las posibles interferencias.

Mientras los detectores están sobre la grieta, prácticamente solo aparece la frecuencia de eco de la grieta. Las amplitudes de dicha frecuencia son menores cuanto menor es el tamaño de la grieta. De esta forma se puede saber que no se ha llegado al borde de una grieta y tener ya una estimación del tamaño de la misma.

A medida que el impacto se acerca al borde de la grieta, aumenta la amplitud de la frecuencia de eco de la placa respecto de la frecuencia de eco de la grieta. Cuando hay más detectores que no están situados sobre la grieta, la frecuencia de eco de la placa es de mayor amplitud, lo que permitiría detectar el final de la grieta. Se sigue verificando que las amplitudes de ambas frecuencias disminuyen con el tamaño de la grieta.

Cuando ni el impacto ni los detectores están sobre la grieta la frecuencia de eco de la grieta prácticamente no se detecta y la frecuencia de eco de la placa tiene mucha más amplitud.

Una dificultad que aparece en el estudio es que los impactos excitan los modos propios de la placa, lo que hace necesario realizar un filtrado de dichos modos propios. Normalmente es fácil hacerlo, dado que sus frecuencias están por debajo de las frecuencias esperadas y se resuelve empleando un filtro pasa-alta. Sin embargo, en ocasiones, como ha ocurrido con la grieta de 1 m de ancho, se excitan modos propios de orden superior que dificultan la inter-

pretación del espectro y es necesario identificar mediante análisis modal.

### Agradecimientos

Los autores agradecen la financiación de este trabajo por el programa de investigación CARESOIL-CM (P2018/EMT-4317) de la Comunidad de Madrid.

### Referencias

- [1] Sansalone M., "Impact-Echo: The Complete Story", *ACI Structural Journal* 94, 777-785 (1997).
- [2] Gibson A., Popovics J.S., "Lamb wave basis for impact-echo method analysis", *Journal of Engineering Mechanics* 131 (4), 438-443 (2005).
- [3] Medina R., Bayón A., "Elastic constants of a plate from impact-echo resonance and Rayleigh wave velocity", *Journal of Sound and Vibration* 329, 2114-2126 (2010).
- [4] Medina R., Garrido M., "Improving impact-echo method by using cross-spectral density", *Journal of Sound and Vibration* 304, 769-778 (2007).
- [5] Medina R., Garrido M., "Numerical modelling of the impact-echo method for materials characterisation", *Damage & Fracture Mechanics VII*, 273-282, Southampton (2003).
- [6] Sansalone M., Carino N.J., "Transient impact response of plates containing flaws", *Journal of Research of the National Bureau of Standards* 92 (6), 369-381 (1987).
- [7] Abraham O., Lonard C., Cote P., Piwakowski B., "Time frequency analysis of impact-echo signals: numerical modelling and experimental validation", *ACI Materials Journal* 97 (6), 645-657 (2000).
- [8] Hsiao C., Cheng C.C., Liou T., Juang Y., "Detecting flaws in concrete blocks using the impact-echo method", *NDT&E International* 41, 98-107 (2008).
- [9] Cheng C.C., Sansalone M., "Determining the minimum crack width that can be detected using the impact-echo method", *Materials and Structures* 28, 74-82 (1995).
- [10] Ali Shah, A., Ribakov, Y., "Non-destructive measurements of crack assessment and defect detection in concrete structures", *Materials and Design* 29, 61-69 (2008).
- [11] Yeh P., Liu P., "Imaging of internal cracks in concrete structures using the surface rendering technique", *NDT and E International* 42, 181-187 (2009).
- [12] Aggelis D.G., Kordatos E.Z., Strantza M., Soulioti D.V., Matikas T.E., "NDT approach for characterization of subsurface cracks in concrete", *Construction and Building Materials* 25, 3089-3097 (2011).
- [13] Eremin A., Golub M., Glushkov E., Glushkova N., "Identification of delamination based on the Lamb wave scattering resonance frequencies", *NDT and E International* 103, 145-153 (2019).
- [14] Prada C., Clourenec D., Royer D., "Local vibration of an elastic plate and zero-group velocity Lamb modes", *J. Acoust. Soc. Am.* 124, 203-212 (2008).

# Servicio de Reclutamiento y Selección de Ingenieros

El ingeniero que buscas está aquí

## ¿POR QUÉ ELEGIRNOS?



### Más información:

[www.proempleoingenieros.es](http://www.proempleoingenieros.es)

[cogiti@cogiti.es](mailto:cogiti@cogiti.es)

91 554 18 06

Metodología de selección  
de probada eficacia

Sello de profesionalidad de la  
colegiación y la Acreditación DPC

Expertise en la ingeniería de  
la rama industrial

Garantía de calidad respaldada  
por COGITI



**COGITI**

Consejo General de Colegios Oficiales  
de Graduados e Ingenieros Técnicos  
Industriales de España



**proempleo**  
ingenieros.es

# La realidad aumentada como apoyo al diseño

## *Augmented reality to support design*

Pérez Fernández, C.<sup>1</sup>; Espinosa, M.M.<sup>1</sup>

### Resumen

El diseño asistido por ordenador lleva años afianzándose como tecnología de gran aplicación en la industria y en la educación, permitiendo una gran mejora tanto en precisión como en tiempos y posibilidades de trabajo respecto a las tareas de diseño convencionales, lo que posibilita la elaboración de maquetas virtuales en 3D y documentación técnica, así como elementos destinados a otros sectores como la animación.

En contrapartida, la realidad aumentada ha sufrido su máxima expansión en la sociedad en los últimos años gracias a los dispositivos móviles, debido a su ejecución por parte de los usuarios, debido a la variedad de aplicaciones disponibles para los diferentes fines y soluciones, y su uso está normalizado en el día a día de muchos usuarios.

En este artículo se expone una breve introducción y explicación de cada uno de ellos, con algunos ejemplos de usos más comunes o cotidianos, para finalizar con una relación entre ambos conceptos para ver qué ventajas puede aportar el uso de la realidad aumentada junto con el diseño asistido por ordenador. Teniendo en cuenta que es necesario el uso de sistemas de diseño asistido para crear y procesar los elementos visuales a presentar mediante la realidad aumentada, es importante destacar que, gracias a esta, también el primero se ve beneficiado, debido a las opciones para representar los diseños y sus maquetas virtuales antes de su fabricación precediendo a otras etapas de diseño. De este modo, se puede llevar a cabo una retroalimentación en las primeras fases del proceso para su optimización.

### Palabras clave

Realidad aumentada (RA), diseño asistido por ordenador (DAO).

### Abstract

*Computer-aided design has been gaining ground for years as a technology of great application in industry and education, allowing a great improvement in precision, time and work possibilities with respect to conventional design tasks, enabling the development of 3D virtual models and technical documentation, as well as elements for other sectors such as animation. On the other hand, augmented reality has undergone its maximum expansion in society in recent years thanks to mobile devices, due to its implementation by users, thanks to the variety of applications available for different purposes and solutions, being its use standardized in the daily life of many users. This article presents a brief introduction and explanation of each of them, with some examples of more common or everyday uses, to finish with a relationship between both concepts, being able to see what advantages can bring the use of augmented reality together with computer-aided design. Considering that the use of computer aided design systems is necessary to create and process the visual elements to be presented through augmented reality, it is important to highlight how, thanks to this, the former also benefits, due to the options to represent the designs and their virtual mock-ups before their manufacture, preceding other design stages, and being able to carry out a feedback in the early stages of the process for its optimization*

### Keywords

Augmented reality (AR), computer-aided design (CAD).

Recibido / received: 23/08/2021. Aceptado / accepted: 18/01/2022.

1Ingeniería del Diseño. Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED). Juan del Rosal, 12, 28040 Madrid (España).

Autores para correspondencia: Christian Pérez Fernández, e-mail: cperez1522@alumno.uned.es; Dra. María del Mar Espinosa Escudero, e-mail: mespinosa@ind.uned.es



Representación de maqueta arquitectónica mediante realidad aumentada. Foto cedida por los autores del artículo.

## Introducción

Hace años que el diseño asistido por ordenador, es decir, el uso de ordenadores y diferentes *softwares* para ayudar en tareas de creación, análisis y modificaciones de diseños se ha convertido en una de las principales herramientas para ingenieros, delineantes y diseñadores en el desarrollo y el ejercicio del diseño mecánico e industrial.

En la actualidad, con el avance de tecnologías como la realidad aumentada, que permiten visualizar parte del entorno con diversa información gráfica añadida, a través del uso de aplicaciones en una gran variedad de dispositivos, es posible su uso junto con el diseño asistido, lo que facilita una cooperación entre tecnologías para aumentar las posibilidades del uso de herramientas informáticas para la visualización de los diseños finales o preliminares en el medio físico de manera artificial, antes de su fabricación. De este modo, se consigue mejorar la realización de prototipos, simulaciones y solución de errores en el diseño, así como su uso en formación.

## Material y métodos

El método utilizado para la investigación y la redacción del artículo es

teórico. Se ha realizado la búsqueda de la información relacionada con el tema a desarrollar de manera general para las dos tecnologías que abarca y, de manera específica, para la forma de uso de estas.

Para llevar a cabo el proceso se han buscado artículos científicos y bibliografía de referencia a través de:

- IEEE Xplore.
- ProQuest Research Library.
- Google Scholar.

Las palabras clave utilizadas en las búsquedas son: realidad aumentada (RA) y diseño asistido por ordenador (DAO).

Se han realizado búsquedas únicamente en español e inglés en los diferentes medios comentados, seleccionando artículos y documentos en los que pudieran verse diferentes usos de la realidad aumentada relacionados con el diseño asistido o su enseñanza.

Por otro lado, se han empleado aplicaciones de realidad aumentada de Google™ integrada en su buscador, para visualizar animales en nuestro espacio; Ikea™ Place, similar al caso anterior, pero con muebles y elementos decorativos, y Apple™ Medidas usada para realizar mediciones en ele-

mentos de nuestro entorno, así como el uso de *software* de Autodesk™ como AutoCAD e Inventor.

## Diseño asistido por ordenador

Actualmente, es común hablar del diseño asistido por ordenador utilizando sus siglas en inglés, CAD (*computer-aided design*) o DAO en entornos académicos y Sudamérica.

Desde su aparición hace más de 50 años se ha convertido en una de las tecnologías más útiles e importantes en el campo de la ingeniería y el diseño, permitiendo facilitar la tarea del dibujo técnico elaborado a mano por una serie de órdenes realizadas a través de un *software* de dibujo.

La aparición de los ordenadores en el mundo del diseño y la delineación no solo ha facilitado la realización de los planos, sino que también ha permitido el desarrollo del diseño 3D, así como el estudio de cálculos y simulaciones de los propios diseños. Esto ha permitido una integración de los diferentes campos de la ingeniería y ha afectado al estudio del ciclo de vida de los productos y elementos elaborados.

## Concepto de diseño asistido por ordenador

El diseño asistido por ordenador puede describirse como el uso de *software* para crear, modificar, realizar cálculos o análisis y documentar mediante planos y demás elementos representaciones tanto de dos dimensiones como de tres dimensiones de los diseños elaborados. Se utiliza en una variedad de sectores, pero en este caso solo nos basaremos en los relacionados con el ámbito tecnológico e ingenieril, como puede ser el diseño industrial.

Permiten eliminar la mayor parte de los cálculos geométricos que se realizan a mano, consiguiendo gran exactitud en los dibujos, así como una facilidad en la administración y estructuración de la información.

En el ámbito de la ingeniería se utiliza desde el diseño conceptual, hasta grandes ensamblajes y simulaciones previas a fabricación, lo que permite la elaboración de maquetas digitales y sustituir, así, el uso de prototipos físicos.

Hay innumerables programas y aplicaciones destinados al diseño asistido, según su rama de conocimiento o sector, así como elementos y diseños que realizar.

### Principios del diseño asistido

La mayoría de los programas enfocados al DAO parten de maquetas virtuales para realizar los planos y demás documentación deseada, ya sean generadas por la misma herramienta o por otras ajenas, como puede ser en el caso de la ingeniería inversa, en la que se emplean varios elementos y *software* para obtener modelos virtuales a partir de componentes de nuestro entorno, como puede ser con el uso de escáneres 3D o máquinas de medición por coordenadas.

Si pensamos en la manera tradicional, es común llevar a cabo tareas de croquisado y, aunque no siempre, prototipos o maquetas físicas, antes de llevar a cabo la ejecución de las diferentes versiones de los planos para su posterior fabricación.

Al utilizar programas de diseño asistido la mecánica de trabajo se ve afectada, pues, aunque es posible la realización de esbozos en las primeras tareas de diseño conceptual, así como en la generación de ideas entre diferentes departamentos de una misma compañía, en el uso del *software*

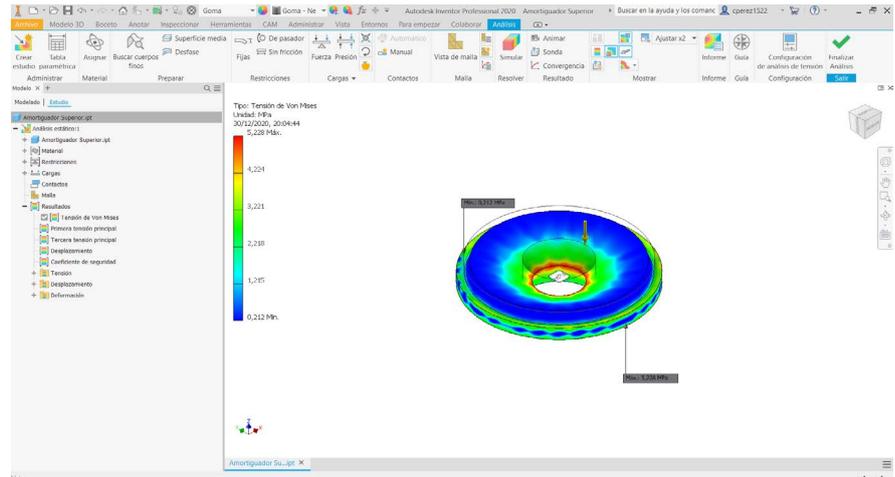


Figura 1, Simulación en Autodesk™ Inventor®.

escogido, en su mayoría se partirá de realizar maquetas virtuales y diseños tridimensionales para, posteriormente, obtener las diferentes vistas con el fin de elaborar los planos.

Exceptuando el uso de uno de los programas más famosos del sector: AutoCAD®, en el que en sus inicios era común su uso para realizar tareas de delineación para diseños bidimensionales y planos, la mayor parte de los programas actuales parten del diseño tridimensional para obtener el 2D, AutoCAD® incluido.

Por ello, en su mayoría se trabajará inicialmente en un entorno 3D, empleando la ayuda de diferentes elementos como planos, ejes y puntos, así como un sistema de coordenadas XYZ que permitirá la situación de estos de una manera exacta respecto a un origen definido.

Apoyándonos en estos elementos básicos, gracias a las capacidades del programa podrán llevarse a cabo dibujos bidimensionales con la idea de obtener formas tridimensionales a partir de estos, gracias a operaciones que permitan dar una tercera dimensión y obtener los diseños 3D deseados.

Cabe destacar que muchos de los programas existentes en la actualidad permiten realizar los diseños mediante el ensamblado de diferentes elementos prediseñados incluidos en bibliotecas del propio *software* o del usuario.

Según el fin para el que el programa esté destinado, tendrá operaciones que permitan dar una ayuda al usuario en la ejecución de sus proyectos, como puede ser la creación de moldes o módulos de plegado de chapa.

El uso de programas DAO permite agilizar todo el proceso de diseño y mejorar la productividad reduciendo errores, disminuyendo costes en el desarrollo de productos y reduciendo el lanzamiento de estos al mercado, además de permitir obtener la documentación deseada de manera sencilla, con las diferentes geometrías, cotas y listas de materiales.

Cabe destacar, como se ha comentado, la realización de bibliotecas que permiten la reutilización de diseños anteriores para nuevos productos, además de facilitar la estandarización y uso de elementos normalizados.

Por otro lado, con la aparición de *software* específico para la realización de simulaciones y cálculos de ingeniería, los propios programas, destinados en un principio al uso del diseño asistido por ordenador, han comenzado a integrar módulos o conexiones con los propios programas de cálculo para poder llevar a cabo las simulaciones en el propio *software* de diseño (Fig. 1), lo que facilita el trabajo coordinado entre ambas disciplinas o ámbitos, ya que permite una corrección de las características del producto en caso de localizar fallos o errores a partir de los análisis.

### Herramientas y *software* DAO

Según la complejidad de los diseños a realizar, será necesario tener unas mayores o menores capacidades de *hardware*. Básicamente, se necesitarán ordenadores de sobremesa o portátiles con la suficiente memoria RAM, así como tarjetas gráficas dedicadas, destinadas directamente al procesamiento

gráfico de estos programas. Por otro lado, serán necesario discos duros que permitan contener toda la información tanto del *software* como de los diseños.

En la actualidad han empezado a utilizarse servidores con grandes capacidades de *hardware* en los que es posible conectarse para utilizar los programas de diseño asistido. Estas máquinas cargan con todo el procesamiento y trabajo, permiten el uso de ordenadores con unas capacidades bastante menores o comunes y funcionan como interfaces de este ordenador o servidor central destinado a soportar el rendimiento y procesamiento de los programas y herramientas de DAO, algo que se ha visto potenciado también gracias a los tiempos que corren, en los que se ha profundizado en la aplicación del teletrabajo.

Podemos distinguir una gran variedad de programas según su fin y sector, algunos ejemplos son:

- Diseño mecánico:
  - Autodesk™ Inventor®.
  - Catia®.
  - Solid Edge®.
  - Autodesk™ Alias®.

La mayoría de estos programas permiten el diseño mediante sólidos y superficies, creando diferentes piezas que, posteriormente, pueden ser unidas en un ensamblaje o subensamblaje, hasta conseguir el conjunto final deseado. Suelen tener módulos de cálculo y simulaciones de ingeniería, tanto de fuerza, como temperatura o fluidomecánica, además de otros destinados al modelado y ejecución de planos de otras disciplinas como es el diseño eléctrico, *piping* o tuberías, así como el uso de estructuras metálicas, entre otros, por lo que podemos considerar que, en la actualidad, este tipo de programas no solo se emplean estrictamente para el diseño mecánico.

- Diseño y modelado 3D:
  - 3ds Max®.
  - Rhinoceros 3D®.
  - Blender®.

Este tipo de programas están destinados al diseño industrial o animación 3D por su facilidad para la creación de formas orgánicas y módulos para el movimiento y actividad de los elementos elaborados.

- Diseño arquitectónico:
  - AutoCAD®.
  - Revit®.
  - Sketchup®

Estos ejemplos de *software* para diseños arquitectónicos dan facilidades en la realización de edificaciones, estructuras, diseño de instalaciones y sus estudios. Muchos de ellos se integran en la metodología BIM, también conocida como modelado de información para la edificación, que permite una forma de trabajo colaborativa en todo el desarrollo del proyecto.

Cabe destacar que AutoCAD® suele ser utilizado en numerosos sectores por su versatilidad, sobre todo por su capacidad para procesar diferentes formatos de archivos, como pueden ser STEP, IGES, SAT y STL. Esto permite el intercambio de modelos y maquetas virtuales entre diferentes programas y herramientas de diseño, manteniendo en mayor o menor medida sus propiedades y características internas.

#### Aplicaciones del *software* asistido

Como se ha comentado, hay numerosos ámbitos en el uso de *software* asistido, aunque hay programas elaborados específicamente para una labor en concreto, como puede ser la realización de plantas industriales, un ejemplo es SmartPlant 3D®, y el diseño y estudio de estructuras metálicas y de hormi-

gón, como pueden ser CYPECAD® o Tekla® (Fig. 2).

Además del diseño asistido por ordenador, podemos mencionar dos usos o aplicaciones que, en la actualidad, también se llevan a cabo con la ayuda de ordenadores:

- CAE (ingeniería asistida por ordenador), del inglés *computer-aided engineering*, en la que podemos encontrar los diferentes módulos y programas para el análisis y simulaciones de los diseños elaborados.
- CAM (fabricación asistida por ordenador), del inglés *computer-aided manufacturing*, que permiten realizar simulaciones previas a la fabricación, así como la programación de esta y tareas de control de calidad [2].

#### Realidad aumentada

Cada vez con más frecuencia es visible el uso de la realidad aumentada por la sociedad actual, debido, en su mayoría, a las aplicaciones disponibles para dispositivos móviles que permiten el uso de esta tecnología, desde videojuegos hasta utilidades educativas y para labores cotidianas (Fig. 3).

#### Concepto de realidad aumentada

La realidad aumentada (RA) está relacionada con la conocida realidad virtual (RV), puesto que ambas sitúan modelos bidimensionales o tridimensionales en el campo de visión de los

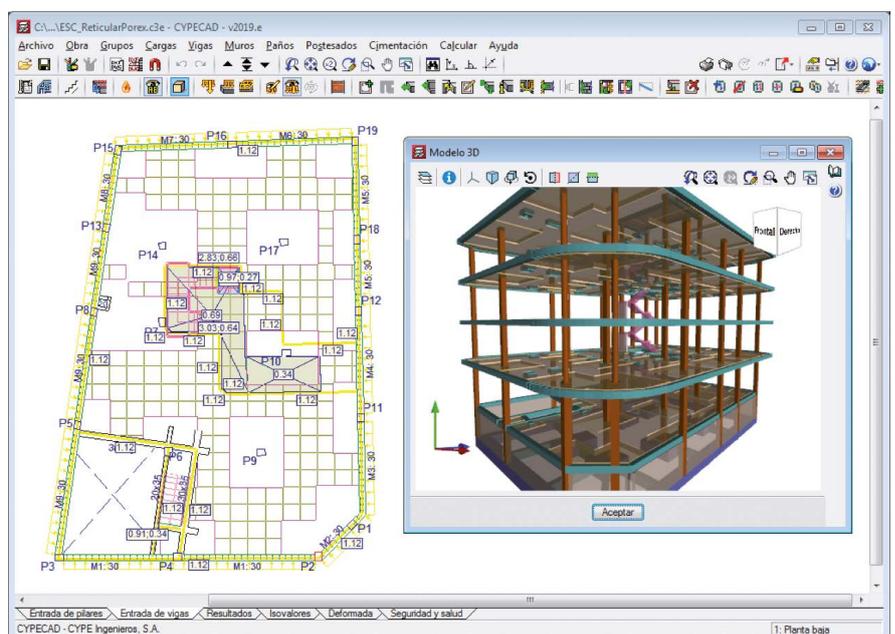


Figura 2. Interfaz CYPECAD® (Fuente: cypecad.cype.es).



Figura 3. Hámster representado mediante realidad aumentada de Google™.

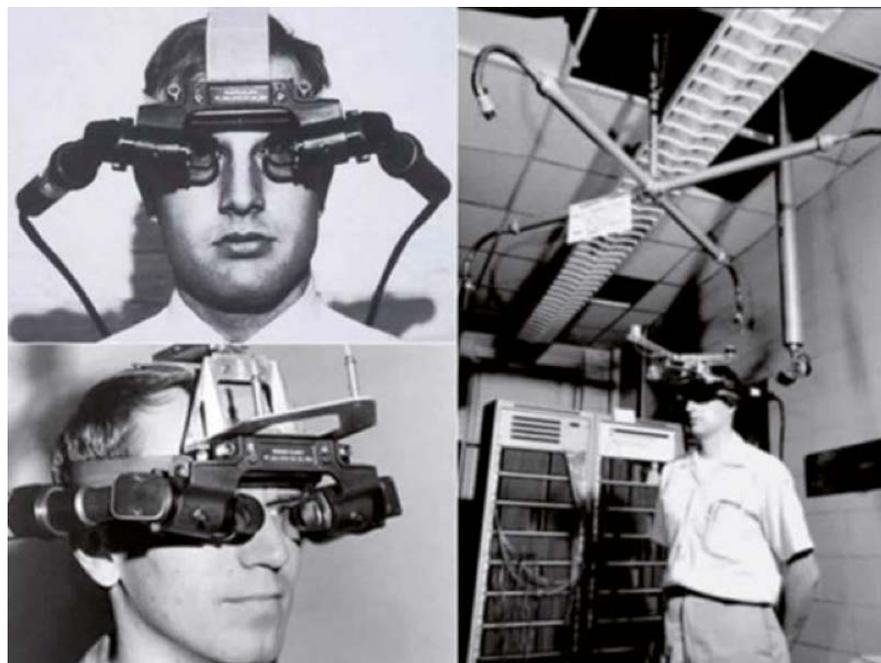


Figura 4. Casco de Sutherland [5].

usuarios, aunque la realidad aumentada no sustituye el entorno real por uno virtual, sino que superpone el entorno real con información virtual [3].

En el caso de la RV, se emplea un entorno totalmente artificial, no solo vi-

sual, sino que también afecta al resto de sentidos, como el oído y la orientación del propio individuo, algo que puede explotarse con el uso de simuladores.

El funcionamiento de la realidad aumentada se resume en la captura de

información del mundo real por una cámara que, junto con un sistema de posicionamiento, permite determinar la posición y la orientación del usuario. Estos sistemas pueden estar formados por GPS, que permiten mostrar los elementos adecuados según la posición del aparato o marcadores que el dispositivo es capaz de diferenciar. Gracias a esta información se genera la información virtual, que será mezclada con la señal capturada por la cámara para generar la escena de realidad aumentada, formada por la información real y virtual, la cual se mostrará al usuario a través de un dispositivo o interfaz de visualización [4].

Las aplicaciones que permiten este tipo de tecnología son interactivas. Ejecutan las señales en tiempo real y alinean los objetos virtuales y reales para conseguir una coherencia espacial en lo transmitido.

#### Dispositivos y uso de la RA

Los inicios de la realidad aumentada se remontan a 1960, cuando Ivan Sutherland empleó un casco (Fig. 4) para visualizar gráficos tridimensionales a través de sus gafas, en cuyo desarrollo ya había trabajado en esta misma década, gracias a su programa informático Sketchpad, predecesor de los programas de diseño asistido, y con el cual era posible dibujar puntos, líneas y arcos, permitiendo la creación de planos y dibujos.

En relación con el casco de Sutherland, se sitúan los cascos HMD, también llamados sistemas de visualización montados en casco, utilizados en la realidad virtual, pero que pueden emplearse junto con cámaras para captar el entorno exterior real.

Por otro lado, el uso de gafas especiales que proyectan sobre sus lentes información permite solaparse con lo que se enfoca a través de ellas. Algunas de las más conocidas son las Microsoft™ Hololens® (Fig. 5) y las Google™ Glass®. En el uso de cristales o pantallas sobre el entorno, puede mencionarse también el de pantallas transparentes sobre mesas o escritorios de trabajo para proyectar información sobre lo estudiado [6].

Cabe destacar el uso de cámaras con sensores infrarrojos que buscan la actividad y la interacción de los usuarios.



Figura 5. Microsoft™ HoloLens® (Fuente: microsoft.com).

Se utilizan en pantallas con cámaras integradas para ambientes y espacios publicitarios, así como en periféricos para consolas u ordenadores, como puede ser la cámara Kinect® de Microsoft™ [6].

Como se ha mencionado, gracias a las aplicaciones utilizadas en los dispositivos móviles como tabletas y teléfonos inteligentes puede verse cómo se ha desarrollado el uso que se da actualmente a la realidad aumentada por gran parte de la población, y gracias a ello, la sociedad actual puede conocer y ejecutar de manera sencilla y asequible esta tecnología.

Podemos ver algunos ejemplos de usos o sectores en los que la realidad aumentada tiene un mayor arraigo o efectividad:

- Educación: la posibilidad de mostrar elementos virtuales en un entorno educativo de manera sencilla a través de dispositivos móviles facilita la asimilación de conocimientos por parte de los alumnos, como puede ser el estudio de la fauna y la flora y la representación de funciones matemáticas [7] o enseñanzas tecnológicas [8].
- Turismo: su uso para la reconstrucción virtual de elementos históricos, así como la muestra de elementos de interés en puntos específicos de ciudades o museos.
- Industria: permiten una mejora de la productividad, así como una ayuda en tareas de diseño, montaje, fabricación y mantenimiento, dando apoyo con elementos virtuales sobre los elementos físicos [9].
- Entretenimiento y publicidad: como ya se ha comentado, es común utilizar la RA en videojuegos y elementos publicitarios que buscan la interactividad.
- Moda y hogar: el uso de la realidad aumentada para probar prendas o

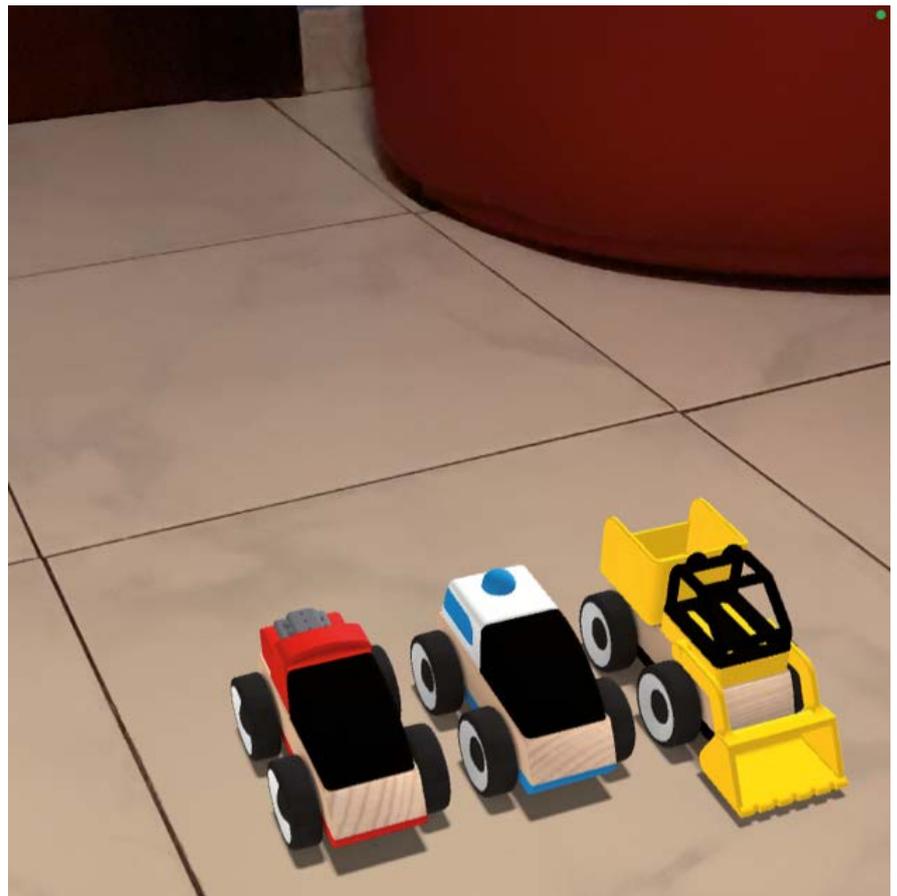


Figura 6. Realidad aumentada con Ikea™ Place.

muebles (Fig. 6), así como futuras reformas o construcciones.

#### La realidad aumentada en la vida cotidiana

En los últimos años ha aparecido un gran desarrollo de la realidad aumentada, como se ha comentado, debido a los dispositivos móviles de uso personal.

Esto ha permitido que gran parte de la población se haya acostumbrado al uso de esta tecnología, facilitando una interacción de la realidad con lo virtual, ya sea para modificarla o complementarla superponiendo elementos.

Es común su uso en diferentes redes sociales para realizar modificaciones de las imágenes captadas por las cámaras de los dispositivos inteligentes, produciendo alteraciones en el aspecto físico del rostro de las personas o en el medio, ya que se aprovecha de los diferentes sensores y elementos de reconocimiento facial de los dispositivos para aplicar las variaciones de RA escogidas.

Por otro lado, grandes marcas como los ejemplos presentados de Google™ e Ikea™ dan fácil acceso al uso de sus aplicaciones, como puede ser la muestra de diferentes animales del mundo por la primera, o la posibilidad de colocar muebles en un lugar para comprobar el tamaño y espacio disponible en el segundo caso.

Son innumerables las opciones disponibles gracias a las aplicaciones diseñadas para dispositivos móviles, desde la gran variedad de videojuegos que permiten hacer interactuar el juego con el medio, hasta aplicaciones de navegación GPS y mapas estelares que permiten identificar la posición de astros y constelaciones enfocando al cielo terrestre.

Como se ha mencionado, no solo permiten la prueba de elementos de moda, ya que es posible también su uso con tatuajes y maquillaje.

Por otro lado, también aparecen aplicaciones con una mayor utilidad, como la posibilidad de realizar planos a partir de mediciones del entorno u objetos (Fig. 7).

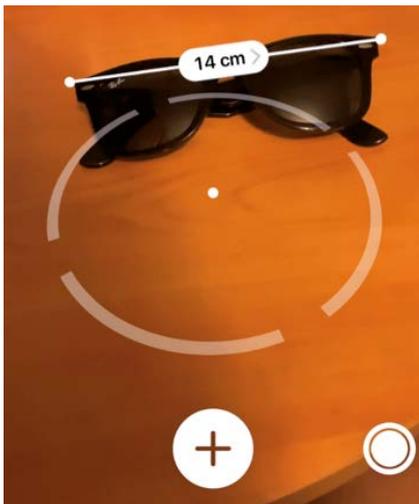


Figura 7. Medición con Medidas® de Apple™.



Figura 8. Demostración de molde mediante realidad aumentada [8].

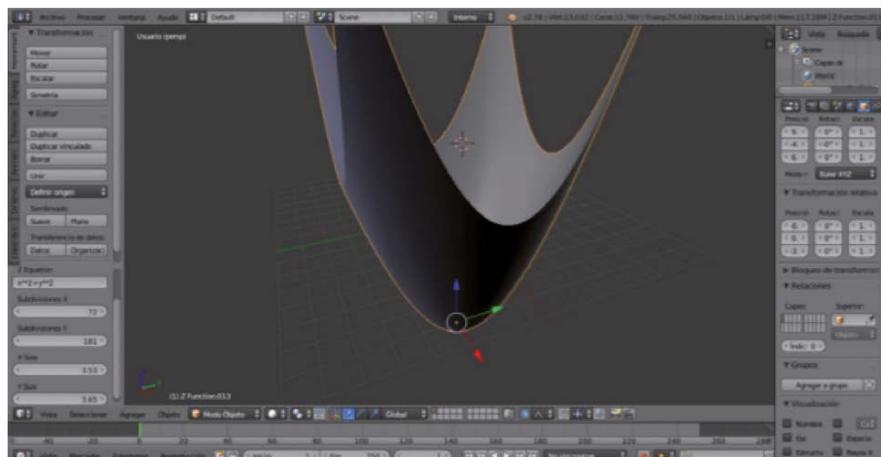


Figura 9. Modelo de la función  $z = x^2 + y^2$  con Blender [7].

### Ejemplos en el uso de la RA y el DAO

Con lo presentado del uso del diseño asistido por ordenador de manera independiente, se permite la elaboración de las maquetas virtuales deseadas, así como demás elementos relacionados, como la documentación, simulaciones, etc. Una de las mayores ventajas que posee esta herramienta es la facilidad para hacer modificaciones y correcciones en el diseño, ya sea debido a los resultados de cálculos o a la comprobación y estudio de prototipos, así como errores en mediciones de campo o ingeniería inversa.

El uso de la realidad aumentada junto con el diseño asistido puede solucionar algunos de los problemas relacionados con errores en las medidas, adaptación de los diseños al entorno final y previsualización de prototipos, y supone algunas ventajas a nivel indus-

trial y formativo, ya que, con el uso de la RA, la comprobación de los diseños a escala real en la realidad es posible en cierta manera, permitiendo obtener una información más visual que en el programa DAO utilizado durante el proceso de diseño.

Uno de los ámbitos posibles para utilizar estas dos tecnologías es el educativo, en el que las enseñanzas científico-tecnológicas pueden verse beneficiadas por la posibilidad de unas explicaciones o transmisión del conocimiento de una manera más clara y sencilla, gracias a la posibilidad de ver en un entorno real los diseños elaborados sin llevar a cabo ningún tipo de fabricación de prototipos o de productos finales.

Puede ser interesante el uso dado en el diseño de moldes [8] en el que se crea un molde 3D gracias a programas DAO a partir de *software* como 3ds Max® partiendo de los dibujos bidi-

mensionales del libro de texto para la formación de los alumnos (Fig. 8). Tras un proceso de exportación y tratamiento del diseño con Unity® (motor gráfico), se carga el fichero en una aplicación programada a través de C# (lenguaje de programación) para poder ejecutar la realidad aumentada a través de una tableta o teléfono inteligente. Los propios estudiantes y usuarios pueden ver el molde en la realidad, comprobando diseño y escala a partir de su diseño inicial.

Es posible la demostración y la elaboración de modelos tridimensionales de otro tipo de elementos, no diseños ingenieriles o relacionados con el sector industrial o tecnológico, como puede ser la realización de funciones matemáticas con *softwares* de modelado (Fig. 9) como Blender® y SketchUp® [7], parametrizando estos y pudiendo llevar a cabo modificaciones según los valores o expresión de las funciones matemáticas elegidas.

Otros proyectos del uso de la realidad aumentada con el diseño conceptual son los desarrollados por diferentes universidades como el ARCADE en la Universidad de Singapur, que permite crear y modificar diseños combinando elementos virtuales o reales. El proyecto AUGMENTABLE de la Universidad Estatal de Iowa está formado por una pantalla transparente con dispositivos de captación de vídeo para el reconocimiento de marcadores de color en las manos de los usuarios [6].

A nivel industrial, es útil realizar las comprobaciones de diferencias o discrepancias entre las maquetas virtuales y los diseños finales realizados, así como la situación de estos futuros diseños en su destino.

Estos errores pueden deberse a la acumulación de medidas incorrectas, elementos utilizados de mala calidad o fallos en la fabricación, por lo que la comparación de las primeras creaciones o prototipos con los modelos tridimensionales suponen una vía de ahorro y resolución de incidencias antes de la puesta en marcha o lanzamiento del producto para su consumo.

Pueden verse ejemplos en el trabajo de Sabine Weibel y su equipo [10], en el que se realiza la comparación entre una maqueta física y una virtual, gracias a la utilización de la realidad aumentada junto a puntos de marcado y



Figura 10. Renderizado del diseño original de la válvula (izquierda) con instalación final (derecha) [11].

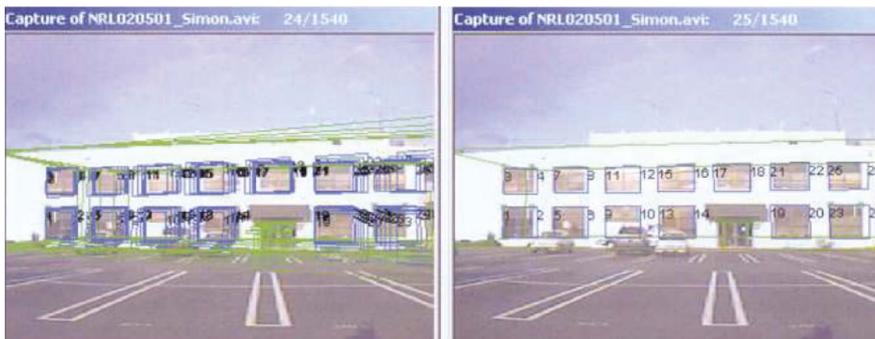


Figura 11. Superposición de modelos CAD y edificio existente mediante realidad aumentada [13].

un dispositivo de captación equipado con un puntero láser para facilitar la sincronización. De esta manera, todas las secciones y medidas que no coinciden entre el modelo real y el virtual pueden ser recopiladas para su futura corrección mediante los ficheros y el sistema de diseño asistido por ordenador con el que se han realizado.

Un caso similar es el uso de un *software* propio para la toma de imágenes en campo empleando las placas de anclaje localizadas en entornos industriales como referencias para la realidad aumentada, lo que permite evaluar las discrepancias o futuros diseños de los elementos localizados e informar a los ingenieros y diseñadores de todas las características del entorno de una manera más fiable y ajustada a la realidad.

De este modo, se evitan posibles problemas futuros debidos a errores en el desarrollo de planos o implantaciones [11] (Fig. 10).

Una de las industrias en las que el uso de la realidad aumentada es bastante común es el sector del automóvil, no solo por sus ventajas para el propio personal técnico de los fabricantes, sino también por la oportunidad que tienen los posibles futuros usuarios de comprobar el modelo elegido con las características deseadas mediante el uso de RA, sin necesidad de que su configuración expresa esté disponible en ese momento o que estos mismos quieran tener la oportunidad de visualizarlo en cualquier instante [12].

El uso de la realidad aumentada para la realización de mantenimientos

y puestas a punto, así como en estados de fabricación, sirven como manuales técnicos para el personal cualificado, y pueden producir cambios en el diseño de las piezas y generar nuevos elementos que se amolden al estado del proceso y sus necesidades [9].

Por otro lado, en el diseño arquitectónico es cada vez más común el uso de la realidad aumentada con el fin de mostrar futuras edificaciones y posibles reformas de las ya existentes, permitiendo así una visualización de los diseños y la posibilidad de realizar modificaciones por posibles interferencias, errores o simples variaciones en la idea original [13].

Este tipo de aplicaciones para exteriores emplean el uso de sistemas GPS, brújulas digitales y sensores de los dispositivos utilizados para su visualización, junto con el apoyo de *software* que realice el procesamiento del diseño elaborado con programas como Revit®.

En el uso de reformas o variaciones de diseños ya existentes es común el uso de marcadores que permitan una sencilla superposición de los modelos DAO sobre las fachadas, paredes o suelos de los edificios (Fig. 11).

En relación con el sector arquitectónico, es posible crear maquetas virtuales mediante realidad aumentada que se sitúen en el lugar deseado, ya sea mediante marcadores o aprovechando los sensores de los dispositivos para su proyección. Esto permite una interacción de los usuarios con pequeñas maquetas de edificios y monumentos para su estudio y comprobación para posibles modificaciones [14]. En este tipo de usos, al igual que en los comentados, es necesario una buena sincronización entre los ejes configurados en el modelo tridimensional y el mundo real, así como la fijación de los elementos virtuales para facilitar la navegación y visualización de estos por los usuarios.

En el trabajo realizado por Woohun Lee y Jun Park [15] se realizan maquetas físicas de tazas y robots de limpieza mediante espuma utilizando fabricación CNC, o control numérico por computadora, lo que permite, a través de la realidad aumentada junto con marcadores localizados en estos diseños fabricados, la interacción de los usuarios con el modelo físico, mientras

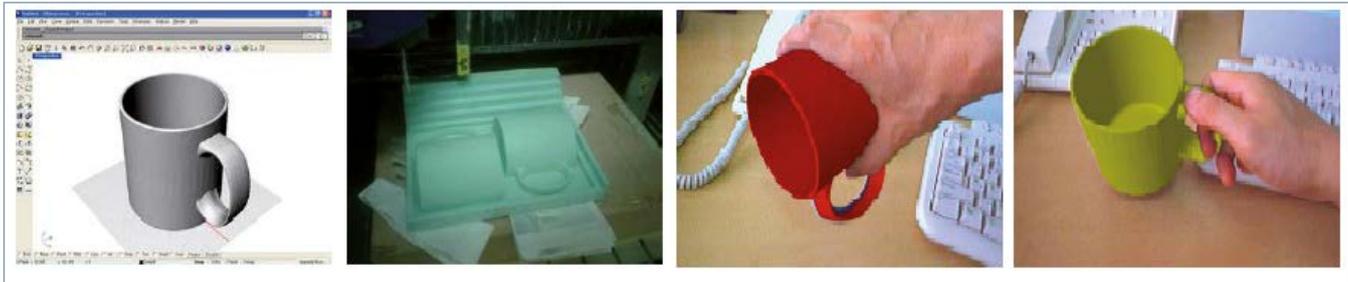


Figura 12. Taza inicial diseñada y fabricada junto a modificaciones de color mediante realidad aumentada [15].

que las aplicaciones informáticas son capaces de modificar las propiedades visuales, como el color, patrones y elementos futuros incluidos en los diseños finales (Fig. 12).

### Conclusiones

El diseño asistido por ordenador y la realidad aumentada son tecnologías afianzadas en la actualidad con un gran recorrido y variedad de aplicaciones. Es común ver cómo cada año los fabricantes de *software* presentan nuevas versiones de sus programas incluyendo mejoras para integrar módulos que faciliten las tareas de todo el proceso de diseño, como es la mejora de simulaciones y la sincronización con elementos de impresión 3D o realidad virtual y aumentada.

Como se ha visto, gracias al mayoritario uso de los dispositivos móviles inteligentes por la sociedad, la expansión y su conocimiento por parte de la población es cada vez más común y mayor, aunque muchos ignoran exactamente qué tipo de tecnología están utilizando.

El uso de esta herramienta junto con sistemas DAO en tareas de diseño permite una mejora en aspectos de productividad, como la comprobación y detección de errores antes de llegar a fases avanzadas del ciclo de vida del producto, ahorrando costes innecesarios y mejorando la exactitud y el estudio en fases conceptuales, así como una mejora en la presentación de ideas, ahorro en elaboración de maquetas y prototipos físicos y ayuda en la creatividad y estudio.

Cabe destacar que los elementos visuales presentados mediante aplica-

ciones de realidad aumentada habrían sido generados y procesados gracias a aplicaciones de diseño asistido, por lo que la RA se nutre de este para su uso final.

Es visible cómo, junto con su uso, también se han desarrollado investigaciones y trabajos para mejorar y desarrollar esta tecnología, tanto en universidades como centros de investigación. Se puede relacionar de alguna manera esto con el ámbito educativo, donde estudiantes de ramas científico-tecnológicas, como bachilleratos, formación profesional e ingenierías, pueden verse beneficiados en gran medida con el correcto uso de la realidad aumentada junto con la formación de sistemas DAO. De este modo, se puede romper una barrera en la que muchas veces los diseños solo son vistos a través de los programas utilizados y se pueden representar en la realidad modelos virtuales de sus creaciones y elementos de estudio, de forma asequible y sin necesidad de grandes inversiones por parte de las instituciones o estudiantes.

Por ello, aunque gran parte de la sociedad es ya consumidora de realidad aumentada, es útil y de alguna manera necesario, que los usuarios de sistemas de diseño asistido sean también productores de elementos virtuales a partir de sus creaciones que, apoyándose en la realidad aumentada, conviertan el DAO en algo más tangible y real sin necesidad de una fabricación o prototipado.

### Referencias

- [1] P. Rosa y O. G. Zubieli, «Sistema CAD-CAM: Concepto general». *Mecánica Computacional*, vol. 11, nº 9, pp. 615-620, 1991.

- [2] O. Rojas Lazo y J. Salas Bacalla, «Producción automatizada. Sistemas CAD/CAE/CAM». *Industrial Data*, vol. 2, nº 1, pp. 38-47, 1999.
- [3] L. H. Lara y J. L. V. Benítez, «La realidad aumentada: una tecnología en espera de usuarios». *Revista Digital Universitaria*, vol. 5, nº 7, pp. 1-9, 2004.
- [4] X. Basogain, M. Olabe, K. Espinosa y C. Rouèche, «Realidad Aumentada en la Educación: una tecnología emergente». *Online Educa Madrid*, vol. 7, pp. 24-29, 2007.
- [5] I. E. Sutherland, «A head-mounted three dimensional display». *Fall Joint Computer Conference*, nº Part I, pp. 757-764, 1968.
- [6] Martín-Erro, A., Espinosa-Escudero, M., Domínguez, M. (2014). Virtual reality and augmented reality industrial applications. *DYNA*, 89 (4). 382-386. DOI: <https://doi.org/10.6036/6989>
- [7] T. Gibelli, A. Graziani y C. Sanz, «Revisión de herramientas para la creación de modelos 3D orientados a la enseñanza de la matemática con realidad aumentada». *Workshop Tecnología Informática Aplicada en Educación*, vol. 16, 2017.
- [8] Z. Yi, Q. Cai, T. Chen y Y. Zhang, «AR System for Mold Design Teaching». *International Conference of Intelligent Applied Systems on Engineering*, Fuzhou, 2019.
- [9] H. Wuest, T. Engekle, F. Wientapper, F. Schmitt y J. Keil, «From CAD to 3D Tracking — Enhancing & Scaling Model-Based Tracking for Industrial Appliances». *International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, Mérida, 2016.
- [10] S. Webel, M. Becker, D. Stricker y H. Wuest, «Identifying differences between CAD and physical mock-ups using AR». *International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, Nara, 2007.
- [11] P. Georgel, P. Schroeder, S. Benhimane, S. Hinterstoisser, M. Appel y N. Navab, «An Industrial Augmented Reality Solution For Discrepancy Check». *International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, Nara, 2007.
- [12] J. Freund, C. Matysczok y R. Radkowski, «AR-based product design in automobile industry». *International Workshop Augmented Reality Toolkit*, Darmstadt, 2002.
- [13] R. Behringer, J. Park y V. Sundareswaran, «Model-Based Visual Tracking for Outdoor Augmented Reality Applications». *International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, Darmstadt, 2002.
- [14] A. Ruiz, C. Urdiales, J. Fernández-Ruiz y F. Sandoval, «Ideación Arquitectónica Asistida mediante Realidad Aumentada». *Revista de Educación a Distancia*, nº 37, 2013.
- [15] W. Lee y J. Park, «Augmented Foam: A Tangible Augmented Reality for Product Design». *International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, Viena, 2005.

*Técnica Industrial*, fundada en 1952 y editada por la Fundación Técnica Industrial, se define como una publicación técnica de periodicidad cuatrimestral en el ámbito de la ingeniería industrial. Publica tres números al año (marzo, julio y noviembre) y tiene una versión digital accesible en [www.tecnicaindustrial.es](http://www.tecnicaindustrial.es). Los contenidos de la revista se estructuran en torno a un núcleo principal de artículos técnicos relacionados con la ingeniería, la industria y la innovación, que se complementa con información de la actualidad científica y tecnológica y otros contenidos de carácter profesional y humanístico.

*Técnica Industrial. Revista de Ingeniería, Industria e Innovación* pretende ser eco y proyección del progreso de la ingeniería industrial en España y Latinoamérica, y, para ello, impulsa la excelencia editorial tanto en su versión impresa como en la digital. Para garantizar la calidad de los artículos técnicos, su publicación está sometida a un riguroso sistema de revisión por pares (*peer review*). La revista asume las directrices para la edición de revistas científicas de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (Fecyt) y las del International Council of Scientific Unions (ICSU), con el fin de facilitar su indización en las principales bases de datos y ofrecer así la máxima visibilidad y el mayor impacto científico de los artículos y sus autores.

*Técnica Industrial* considerará preferentemente para su publicación los trabajos más innovadores relacionados con la ingeniería industrial. Todos los artículos técnicos remitidos deben ser originales, inéditos y rigurosos, y no deben haber sido enviados simultáneamente a otras publicaciones. Sus autores son los únicos responsables de las afirmaciones vertidas en los artículos. Todos los originales aceptados quedan como propiedad permanente de *Técnica Industrial*, y no podrán ser reproducidos en parte o totalmente sin su permiso. El autor cede, en el supuesto de publicación de su trabajo, de forma exclusiva a la Fundación Técnica Industrial, los derechos de reproducción, distribución, traducción y comunicación pública (por cualquier medio o soporte sonoro, audiovisual o electrónico) de su trabajo.

**Tipos de artículos** La revista publica artículos originales (artículos de investigación que hagan alguna aportación teórica o práctica en el ámbito de la revista), de revisión (artículos que divulguen las principales aportaciones sobre un tema determinado), de innovación (artículos que expongan nuevos procesos, métodos o aplicaciones o bien aporten nuevos datos técnicos en el ámbito de la ingeniería industrial) y de opinión (comentarios e ideas sobre algún asunto relacionado con la ingeniería industrial). Además, publica un quinto tipo de artículos, el dossier, un trabajo de revisión sobre un tema de interés encargado por la revista a expertos en la materia.

**Redacción y estilo** El texto debe ser claro y ajustarse a las normas convencionales de redacción y estilo de textos técnicos y científicos. Se recomienda la redacción en impersonal. Los autores evitarán el abuso de expresiones matemáticas y el lenguaje muy especializado, para así facilitar la comprensión de los no expertos en la materia. Las mayúsculas, negritas, cursivas, comillas y demás recursos tipográficos se usarán con moderación, así como las siglas (para evitar la repetición excesiva de un término de varias palabras se podrá utilizar una sigla a modo de abreviatura, poniendo entre paréntesis la abreviatura la primera vez que aparezca en el texto). Las unidades de medida utilizadas y sus abreviaturas serán siempre las del sistema internacional (SI).

**Estructura** Los trabajos constarán de tres partes diferenciadas:

**1. Presentación y datos de los autores.** El envío de artículos debe hacerse con una carta (o correo electrónico) de presentación que contenga lo siguiente: 1.1 Título del artículo; 1.2 Tipo de artículo (original, revisión, innovación y opinión); 1.3 Breve explicación del interés del mismo; 1.4 Código Unesco de cuatro dígitos del área de conocimiento en la que se incluye el artículo para facilitar su revisión (en la página web de la revista figuran estos códigos); 1.5 Nombre completo, correo electrónico y breve perfil profesional de todos los autores (titulación y posición laboral actual, en una extensión máxima de 300 caracteres con espacios); 1.6 Datos de contacto del autor principal o de correspondencia (nombre completo, dirección postal, correo electrónico, teléfonos y otros datos que se consideren necesarios). 1.7 La cesión de los derechos al editor de la revista. 1.8 La aceptación de estas normas de publicación por parte de los autores.

**2. Texto.** En la primera página se incluirá el título (máximo 60 caracteres con espacios), resumen (máximo 250 palabras) y 4-8 palabras clave. Se recomienda que el título, el resumen y las palabras clave vayan también en inglés. Los artículos originales deberán ajustarse en lo posible a esta es-

tructura: introducción, material y métodos, resultados, discusión y/o conclusiones, que puede reproducirse también en el resumen. En los artículos de revisión, innovación y opinión se pueden definir los apartados como mejor convenga, procurando distribuir la información entre ellos de forma coherente y proporcionada. Se recomienda numerar los apartados y subapartados (máximo tres niveles: 1, 1.2, 1.2.3) y denominarlos de forma breve.

**1.1 Introducción.** No debe ser muy extensa pero debe proporcionar la información necesaria para que el lector pueda comprender el texto que sigue a continuación. En la introducción no son necesarias tablas ni figuras.

**1.2 Métodos.** Debe proporcionar los detalles suficientes para que una experiencia determinada pueda repetirse.

**1.3 Resultados.** Es el relato objetivo (no la interpretación) de las observaciones efectuadas con el método empleado. Estos datos se expondrán en el texto con el complemento de las tablas y las figuras.

**1.4 Discusión y/o conclusiones.** Los autores exponen aquí sus propias reflexiones sobre el tema y el trabajo, sus aplicaciones, limitaciones del estudio, líneas futuras de investigación, etcétera.

**1.5 Agradecimientos.** Cuando se considere necesario se citará a las personas o instituciones que hayan colaborado o apoyado la realización de este trabajo. Si existen implicaciones comerciales también deben figurar en este apartado.

**1.6 Bibliografía.** Las referencias bibliográficas deben comprobarse con los documentos originales, indicando siempre las páginas inicial y final. La exactitud de estas referencias es responsabilidad exclusiva de los autores. La revista adopta el sistema autor-año o estilo Harvard de citas para referenciar una fuente dentro del texto, indicando entre paréntesis el apellido del autor y el año (Apple, 2000); si se menciona más de una obra publicada en el mismo año por los mismos autores, se añade una letra minúscula al año como ordinal (2000a, 2000b, etcétera). La relación de todas las referencias bibliográficas se hará por orden alfabético al final del artículo de acuerdo con estas normas y ejemplos:

1.6.1 Artículo de revista: García Arenilla I, Aguayo González F, Lama Ruiz JR, Soltero Sánchez VM (2010). Diseño y desarrollo de interfaz multifuncional holónica para audioguía de ciudades. *Técnica Industrial* 289: 34-45.

1.6.2 Libro: Roldán Vilorio J (2010). *Motores trifásicos. Características, cálculos y aplicaciones*. Paraninfo, Madrid. ISBN 978-84-283-3202-6.

1.6.3 Material electrónico: Anglia Ruskin University (2008). University Library. Guide to the Harvard Style of Referencing. Disponible en: [http://libweb.anglia.ac.uk/referencing/files/Harvard\\_referencing.pdf](http://libweb.anglia.ac.uk/referencing/files/Harvard_referencing.pdf). (Consultado el 1 de diciembre de 2010).

**3. Tablas y figuras.** Deben incluirse solo las tablas y figuras imprescindibles (se recomienda que no sean más de una docena). Las fotografías, gráficas e ilustraciones se consideran figuras y se referenciarán como tales. El autor garantiza, bajo su responsabilidad, que las tablas y figuras son originales y de su propiedad. Todas deben ir numeradas, referenciadas en el artículo (ejemplo: tabla 1, figura 1, etc.) y acompañadas de un título explicativo. Las figuras deben ser de alta resolución (300 ppp), y sus números y leyendas de un tamaño adecuado para su lectura e interpretación. Con independencia de que vayan insertas en el documento del texto, cada figura debe remitirse, además, en un fichero aparte con la figura en su formato original para que puedan ser editados los textos y otros elementos.

**Extensión** Para los artículos originales, de revisión y de innovación, se recomienda que la extensión del texto no exceda las 15 páginas de 30 líneas a doble espacio (letra Times de 12 puntos; unas 5.500 palabras, 32.000 caracteres con espacios). No se publicarán artículos por entregas.

**Entrega** Los autores remitirán sus artículos a través del enlace *Envío de artículos* de la página web de la revista (utilizando el formulario de envío de artículos técnicos), en el que figuran todos los requisitos y campos que se deben rellenar; de forma alternativa, se pueden enviar al correo electrónico [cogiti@cogiti.es](mailto:cogiti@cogiti.es). Los autores deben conservar los originales de sus trabajos, pues el material remitido para su publicación no será devuelto. La revista acusará recibo de los trabajos remitidos e informará de su posterior aceptación o rechazo, y se reserva el derecho de acortar y editar los artículos.

*Técnica Industrial* no asume necesariamente las opiniones de los textos firmados y se reserva el derecho de publicar cualquiera de los trabajos y textos remitidos (informes técnicos, tribunas, información de colegios y cartas al director), así como el de resumirlos o extraerlos cuando lo considere oportuno. Los autores de las colaboraciones garantizan, bajo su responsabilidad, que las fotos, tablas y figuras son originales y de su propiedad.

# Análisis de ciclo de vida (ACV) comparativo entre probetas obtenidas mediante fabricación tradicional por inyección (FI) y fabricación aditiva (FA)

*Comparative life cycle analysis (LCA) between specimens obtained by traditional injection manufacturing (IM) and additive manufacturing (AM)*

José Adolfo Lozano Miralles<sup>1</sup>, Rafael López García<sup>1</sup>, Amalia Palomar<sup>1</sup>, Alberto García Collado<sup>1</sup>

## Resumen

Los estudios sobre los impactos ambientales que se producen en la construcción tradicional frente a la fabricación aditiva como alternativa, son cada vez mayores. Analizando la literatura especializada existente, vemos lo variado que son los resultados, debido a la multitud de factores que hacen que unos impactos sean mayores que otros según el caso estudiado. Por ello, el presente estudio realiza un análisis de ciclo de vida (ACV) comparativo entre el sistema tradicional de moldeo de inyección y los nuevos procedimientos de manufactura 3D mediante la fabricación aditiva. Los valores obtenidos son tomados mediante la fabricación de diversas probetas que contienen la mezcla de diferentes tipos de materiales. De los resultados aportados, se describen unas conclusiones que pueden servir de ayuda a futuros estudios que tengan como base la fabricación aditiva, ya que muchos estudios realizados no llegan a conclusiones relevantes. El estudio de los impactos que provocan estas probetas nos lleva, de una manera razonada, a una extrapolación de los resultados a mayor escala. El objetivo final es el de poder disponer de unos resultados que nos permitan compararlos con otros estudios de ACV aplicados a sistemas industriales y constructivos concretos, para poder analizar la desviación en los resultados.

## Palabras clave

Impresión 3D, fabricación aditiva, ACV, impactos ambientales, consumo de energía.

## Abstract

*Studies on the environmental impacts that occur in traditional construction versus additive manufacturing as an alternative are increasing. After analyzing the existing specialized literature, we can see how varied the results are, due to the multitude of factors that make some impacts greater than others depending on the case studied. For this reason, the present study performs a comparative life cycle analysis (LCA) between the traditional injection molding system and the new 3D manufacturing procedures through additive manufacturing. The values obtained are taken by manufacturing various specimens containing the mixture of different types of materials. From the results provided, some conclusions are described. They can help future studies based on additive manufacturing, since many studies carried out do not reach relevant conclusions. The study of the impacts caused by these specimens leads us, in a reasoned way, to an extrapolation of the results on a larger scale. The final objective is to be able to have some results that allow us to compare them with other LCA studies applied to specific industrial and construction systems, in order to be able to analyze the deviation in the results.*

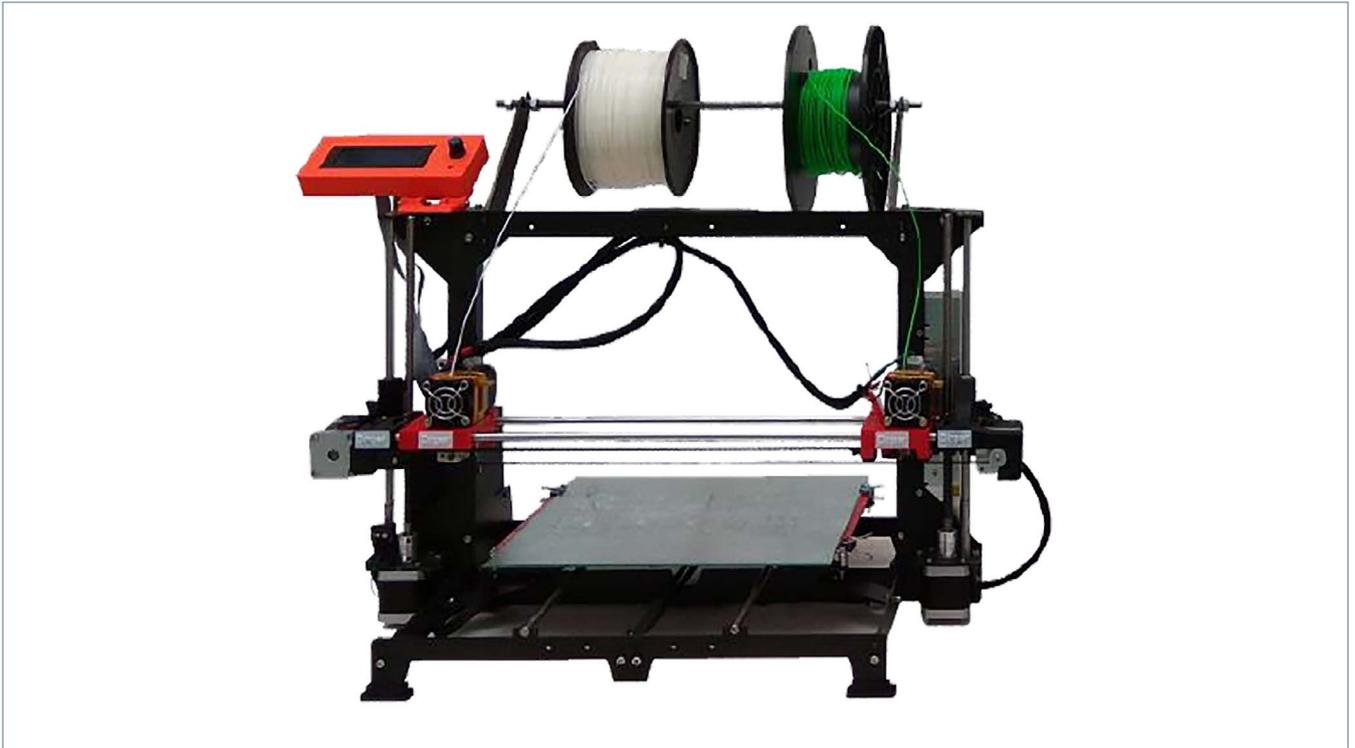
## Keywords

3D printing, additive manufacturing, LCA, environmental impacts, energy consumption.

Recibido / received: 14/06/2021. Aceptado / accepted: 16/10/2021.

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Mecánica y Minera. Universidad de Jaén.

Autor para correspondencia: José Adolfo Lozano Miralles, e-mail: jalmo017@red.ujaen.es



Impresora DIN PER 03 utilizada para la impresión de las probetas. Foto cedida por los autores del artículo.

## Introducción

La industria está en constante innovación, producción y aplicación de nuevas tecnologías que contribuyen a un mayor confort, pero paradójicamente, esto aumenta el daño al medio ambiente. Para reducir riesgos y daños ambientales, hay métodos efectivos que identifican los factores más débiles de cada proceso, y que deben ser desarrollados. Uno de estos métodos es el análisis de ciclo de vida (ACV), que, por su carácter sistemático, objetivo y global constituye una metodología más apropiada para el orden ambiental [1, 2].

El uso de tecnologías de fabricación aditiva (FA) para aplicaciones industriales ha aumentado sustancialmente durante los últimos años. Generando gran cantidad de residuos que pueden incorporarse al ciclo de los materiales, en lo que viene llamándose economía circular. Los plásticos de consumo pueden considerarse una materia prima sostenible y de bajo coste para los procesos de fabricación aditiva de filamentos fundidos (FFF). Dichos materiales son excelentes candidatos para la fabricación distribuida, en la que las piezas se imprimen a partir de materiales locales en el lugar donde se necesitan. La mayoría de las corrientes

de desechos plásticos contienen una mezcla de polímeros, como botellas de agua y tapas compuestas de tereftalato de polietileno (PET) y polipropileno (PP), y rara vez se implementa la separación completa [3]. El consumo de plásticos para productos y envases sigue creciendo a pesar de las preocupaciones medioambientales y de sostenibilidad. Solo en Europa, se generan casi 60 millones de toneladas anualmente. Sin embargo, las tasas de reciclaje son típicamente solo del 8 % [4]. La preparación de mezclas de polímeros de dichos materiales reciclados es potencialmente una forma atractiva de reutilizar corrientes de desechos mixtos a un coste menor.

A partir de esta presentación inicial, parece que la AM (Additive Manufacturing) es capaz de reducir el impacto de la actividad industrial y manufacturera sobre el medio ambiente [5]. Los métodos de análisis de evaluación ambiental como el LCA (Life Cycle Assessment. Análisis de Ciclo de Vida) requieren información detallada sobre el producto o proceso estudiado. El concepto de exergía, introducido por Rant [6], ofrece una solución para una evaluación ambiental durante las primeras etapas del proceso de diseño [7]. Otro

trabajo comparó el enfoque exergético con el indicador ECV 99 (H) [8].

## Caso de estudio

El caso de estudio de la figura 1 muestra la representación CAD (Computer Aided Design) de la geometría utilizada en este artículo. Se trata de una probeta con doble pala lateral. El diseño de esta pieza viene determinado por la necesidad de posteriores ensayos para determinar las propiedades físicas de las mismas. Sus dimensiones nominales son 103 mm por 30 mm. No se ha tenido en cuenta, en gran medida, su calidad superficial, puesto que al tratarse de un comparativo entre procesos, la calidad final debe ser la misma. Se considera una pieza de geometría sencilla que se imprime o se inyecta de forma individual. Esta geometría tiene  $m = 15 \text{ g}$  y un volumen de  $1,19 \cdot 10^4 \text{ mm}^3$ . Cabe señalar que la geometría no se ha optimizado topológicamente para la fabricación de FA. En nuestro caso de estudio, la geometría de la pieza es idéntica para ambos procesos. Esto mejora la comparativa de los procesos [9].

La máquina de FA seleccionada en este estudio para proporcionar el proceso de fabricación alternativo de la pieza es una máquina de prototipado



Figura 1. Aspecto de una probeta tipo.

CNC 4MILL300ATC. En este caso, la pieza se fabrica mediante un filamento que es succionado y fundido por un extrusor que deposita el material capa por capa de forma precisa para configurar el objeto. Durante el proceso de fabricación, es necesario controlar varios factores como pueden ser la temperatura de la cama, del extrusor y la velocidad de impresión. En otros casos, son necesarios soportes para controlar la deformación de la pieza y crear estructuras voladizas, lo que puede aumentar considerablemente la cantidad de material a utilizar.

### Análisis del ciclo de vida de los procesos de fabricación de las piezas

#### Objetivo y alcance

El objetivo de este estudio es comparar los impactos ambientales asociados con la fabricación de una pieza (probeta), a partir de un material de ácido poliláctico (PLA), polímero de origen vegetal bastante empleado en impresión por FDM (del inglés *Fused Deposition Modeling*). El estudio de los impactos que provocan estas probetas nos lleva, de una manera razonada, a una extrapolación de los resultados a mayor escala. El objetivo final es el de poder disponer de unos resultados que nos permitan compararlos con otros estudios de ACV aplicados a sistemas industriales y constructivos concretos, para poder analizar la desviación en los resultados.

#### Unidad funcional

La unidad funcional de este estudio es la fabricación de “una probeta con dimensiones de 103 mm de largo por 30 mm de ancho, con material de PLA, polímero de origen vegetal, mediante el proceso de moldeado de inyección y de moldeado aditivo”.

Los parámetros de impresión se investigaron para lograr una calidad de producto equivalente. Se realizó un análisis de sensibilidad para evaluar

la influencia de diferentes calidades de impresión con el fin de investigar el efecto de las diferencias en el proceso de impresión específicamente en el análisis del ciclo de vida del producto impreso en 3D. Los resultados nos mostraron que la relevancia es poco significativa. Ambos procesos se modelaron en el *software* SimaPro [10, 11].

#### Límites del sistema (ciclo de vida y elementos considerados). Inventario del ciclo de vida

Se incluye un resumen del inventario del ciclo de vida de los procesos considerados, así como un diagrama de árbol de los procesos con los límites del sistema respectivos. La figura 2 muestra una descripción de los escenarios considerados modelados para este estudio. Cada uno de ellos se mo-

deló considerando que los suministros de material y energía son locales. Las distancias de transporte para el aporte de los materiales han sido considerados en el ámbito nacional (España), y asumimos que el proceso de producción es el mismo que el realizado en las dependencias (laboratorios) de la Universidad de Jaén.

El estudio se lleva a cabo en tres fases: preparación del material, fabricación de la probeta y acabado superficial. El sistema incluye todos los elementos necesarios para mecanizar la probeta: el molde, la máquina Allrounder 1600 T de Arburg y el tratamiento de las virutas hasta su reciclaje. Para la fabricación por FI solo consideramos dos etapas del proceso: la obtención del material y la operación de conformado [12].

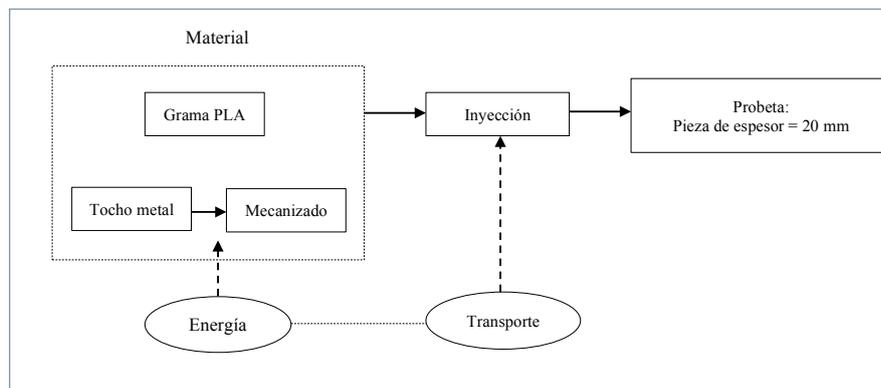


Figura 2. Etapas del ciclo de vida consideradas en el estudio. Proceso de fabricación por inyección.

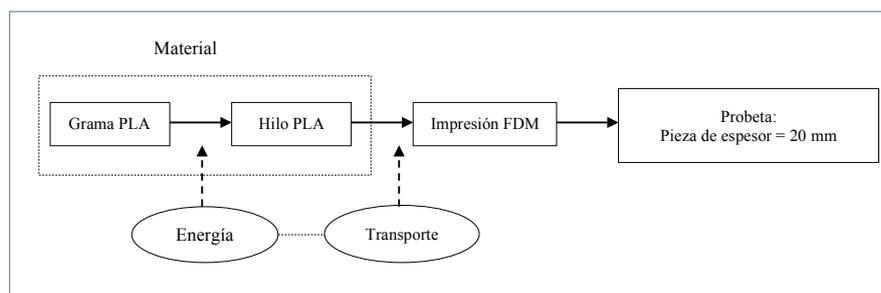


Figura 3. Etapas del ciclo de vida consideradas en el estudio. Proceso por fabricación aditiva.

Teniendo en cuenta los siguientes criterios, se han obtenido las cantidades de material y energía, lo que nos ha permitido obtener el inventario.

Para el proceso de moldeado por inyección obtenemos:

$$\begin{aligned}
 CE \text{ mecanizar} &= 5 \text{ kJ/cm}^3, \\
 CE \text{ inyección} &= 11 \text{ MJ/kg (considerando una inyectora hidráulica)} \\
 R &= 0,2
 \end{aligned}$$

La masa del tocho se calcula empleando la densidad del aluminio y determinando el volumen del tocho a partir de las dimensiones de la pieza y empleando la estimación indicada en Corrado (2001) [13].

Para el material de aluminio que se utiliza en la fabricación del molde, se tienen en cuenta los siguientes datos extraídos de (Telenko y Seepersad, 2012) [14]:

$$\begin{aligned} CE_{Alu} &= 75 \text{ kW}\cdot\text{h}/\text{kg} \\ CE_{Reciclado} &= 4,4 \text{ kW}\cdot\text{h}/\text{kg} \\ r &= 0,2 \end{aligned}$$

Para el proceso de fabricación por moldeo aditiva:

$$\begin{cases} E_{FDM} = E_{material\ pieza} + E_{impresión}, \\ E_{material\ pieza} = E_{PLA,grama} + E_{PLA,hilo} = n \cdot m \left( \frac{CE_{grama}}{y_{grama}} - \frac{CE_{hilo}}{y_{hilo}} \right), \\ E_{impresión} = n \cdot (E_{precalentamiento} + E_{standby} + E_{setup} + E_{operación}(t)) \end{cases}$$

donde  $n$  es el número de piezas que obtener,  $m$  la masa de la pieza,  $CE$  es el consumo energético específico, y es la fracción de material obtenida sin defectos, y  $t$  es el tiempo de impresión.

El material para el molde en el moldeo por inyección es aluminio, con los siguientes datos extraídos de (Telenko y Seepersad, 2012). El material de la pieza es PLA, polímero de origen vegetal bastante empleado en impresión por FA. De estos materiales se conocen las siguientes propiedades (Tabla 1):

Materiales	Densidad (kg/cm <sup>3</sup> )	Consumo CE grama (kW-h/kg)	Consumo CE hilo (kW-h/kg)
PLA	1,24	17	1

Tabla 1. Propiedades del PLA.

La masa del tocho se calcula empleando la densidad del aluminio y determinando el volumen del tocho a partir de las dimensiones de la pieza y empleando la estimación indicada en Corrado (2001) [13].

El modelo para el cálculo de la energía se basa en la idea planteada por Telenko y Seepersad (2012). Y para la determinación de las cantidades de energía, se han tenido en cuenta las siguientes operaciones:

Para el proceso de moldeo por inyección obtenemos:

$$\begin{cases} E_{MI} = E_{molde} + E_{material\ pieza} + E_{inyección}, \\ E_{molde} = E_{tocho} + E_{mecanizado}, \begin{cases} E_{tocho} = (1 - r) \cdot m_{tocho} CE_{alu} + r \cdot CE_{reciclado} \\ E_{mecanizado} = (V_{hueco} + V_{canales}) CE_{mecanizado} \end{cases}, \\ E_{material\ pieza} = E_{PLA,grama} = n \cdot m \left( \frac{CE_{grama}}{y_{grama}} \right), \\ E_{inyección} = m \cdot CE_{inyección} \end{cases}$$

donde  $m_{tocho}$  es la masa del tocho de aluminio a partir del que se obtiene el molde de inyección,  $r$  es el porcentaje de material reciclado en el tocho,  $V$  indica volumen y  $CE_{mecanizado}$  es el  $CE$  del mecanizado por unidad de volumen.

Para el proceso de fabricación por moldeo aditiva, según Cerdas *et al.* (2017) [8].

$$\begin{aligned} E_{precalentamiento} &= 0,016 \text{ MJ}, E_{standby} = 0,0025 \text{ MJ}, E_{setup} = 0,0047 \text{ MJ} \\ E_{operación}(t) &= 0,0035 \cdot t + 0,0811 \text{ MJ} \\ y_{grama} &= y_{hilo} = 1 \quad (\text{esto lo suponemos nosotros}). \end{aligned}$$

La tabla 2 muestra el inventario de los elementos utilizados, la cantidad de entrada de materiales y la energía. No se tiene en cuenta la vida útil del molde, ni de

la máquina Allrounder 1600 T de Arburg, debido a que el número de piezas producidas por las máquinas a lo largo de su ciclo de vida no es el mismo, lo que está dentro de los límites de nuestro estudio. En este sentido se abre la posibilidad de estudios futuros para identificar la influencia de la vida útil y el reciclaje del molde y las máquinas utilizadas.

### Proceso de inyección

Para el proceso de fabricación tradicional, se realiza una operación de inyección de material en un molde. Como se ha mencionado, se requieren tres pasos para mecanizar la masa de material y obtener la geometría deseada: operación de mezcla de materiales, operación de inyección mediante un émbolo empujando el plástico a través de un cilindro caliente con un tiempo de fabricación de 1 minuto y un consumo energético de 22,5 kWh, operación de enfriamiento y eyección del objeto. La máquina puede fabricar cinco piezas simultáneamente, pero el proceso se evalúa para una sola pieza con fines comparativos [15]. Se han considerado las siguientes etapas en el proceso de fabricación aditiva para calcular la eficiencia energética del proceso:

- Creación de vacío.
- Calentamiento de la placa de inicio.
- Fusión de las piezas.
- Enfriamiento del mecanizado y anulación del vacío.

En este artículo se utiliza SimaPro v 9.0.0.3 con el método CExD y el método “CML-IA baseline V3.05” para evaluar el impacto ambiental. CExD ha sido desarrollado para cuantificar la demanda exergética del ciclo de vida de un producto. CExD se define como la suma de exergía de todos los recursos necesarios para proporcionar un proceso o producto [16]. La relación R de los indicadores entre inyección y FA proporciona un indicador adimensional que permite comparar los procesos de FA e inyección desde un punto de vista medioambiental.

$$R = \frac{\text{impacto medioambiental del proceso FI}}{\text{impacto medioambiental del proceso FA}}$$

Por debajo de un valor de 1, es más interesante seleccionar FA; por enci-

Material	Consumo de energía
Aluminio	8,60 kg
PLA	0,125 kg
Agua	3,2 l
Energía	Consumo de energía
Electricidad	89,3 kWh
Calor residual	55 J
Transporte	3,55 tKm*
*tKm es la unidad de transporte de 1 tonelada de material en 1 km.	

Tabla 2. Inventario de las cantidades de material y energía en el ciclo de vida del proceso IM.

Material	Consumo de energía
Aluminio	0,00 kg
PLA	0,125 kg
Agua	0,00 l
Energía	Consumo de energía
Electricidad	22,5 kWh
Calor residual	(0,00 J) 0,00 kWh
Transporte	0,30 tKm*
*tKm es la unidad de transporte de 1 tonelada de material en 1 km.	

Tabla 3. Inventario de las cantidades de material y energía en el ciclo de vida del proceso de FA.

ma de un valor de 1, es más valioso seleccionar la inyección. Si la relación es igual a 1, ambas opciones son similares en términos de impacto.

Sin embargo, un factor como la forma de la pieza bruta tiene un papel importante en la evaluación del proceso a seleccionar. Es valioso combinar la relación con otro criterio que tenga en cuenta la forma de la pieza bruta. Por analogía con la relación de forma de Ashby desarrollada para la selección de materiales [17], es posible crear un factor de forma adimensional comparando un proceso de referencia. Este factor de forma K es una relación construida para evaluar la cantidad de

material extraído mediante técnicas sustractivas para obtener la pieza final. La relación proporciona una evaluación agregada de la forma y complejidad de las piezas.

$K = \text{volumen de material necesario en el proceso de inyección/volumen de la pieza}$

El factor de forma K se utiliza para comparar en nuestro caso EBM (Electron Beam Melting) y fresado. El volumen eliminado durante el proceso de acabado común a ambos procesos se resta del volumen de material requerido en ambos casos. Para el proceso de fresado con un cilindro en bruto de

las siguientes dimensiones: 103 mm, 30 mm, 20 mm,  $V = 61.800$ ,  $V_p = 7.923$  donde  $K = 7,80$ .

### Método ACV

La metodología LCA se utiliza para estimar los impactos ambientales de los sistemas en estudio. En nuestro estudio se realizó un ACV comparativo de probetas fabricadas con diferentes sistemas de fabricación, uno tradicional y otro con nuevas tecnologías 3D, utilizando el sistema de fabricación aditiva [18]. En este apartado se han analizado y cuantificado los resultados del inventario. Este proceso permitirá obtener indicadores ambientales a partir del listado de emisiones y recursos consumidos provocados por los dos sistemas durante su ciclo de vida.

### Evaluación del impacto

Para este comparativo se ha utilizado el método de evaluación de impacto “CML-IA baseline V3.05”, que permite mostrar de diferente forma los resultados y facilitar su análisis.

### CML-IA baseline V3.05

El estudio considera 10 categorías diferentes de impacto ambiental: agotamiento del potencial de recursos abióticos (ADP); potencial de acidificación (APO); potencial de eutrofización, cambio climático (GWP); reducción de la capa de ozono (ODP); potencial de toxicidad humana (HTP); potencial de ecotoxicidad acuática de agua dulce (FAETP); potencial de ecotoxicidad acuática marina (MAETP);

Métodos	Información
CED	Categorías de impacto renovable y no renovable
Gases de efecto invernadero	GHG (Greenhouse Gas) emisiones
IPCC 2013	GWP (potencial de calentamiento global)
USE tox	Impactos humanos y eco-tóxicos
Huella ecológica	Uso de energía nuclear, emisiones CO <sub>2</sub> , ocupación terrestre
CML-IA	Enfoque a medio plazo
IMPACT 2002+	Enfoque a medio plazo/aproximación al daño
ReCiPe	Enfoque a largo plazo/aproximación al daño
EPS 2000	Declaración del producto orientado al daño
EI99	Aproximación orientada al daño

Tabla 4. Presentación de diferentes métodos (según referencia) [23]

Categorías de factores		Unidades
Capacidad de producción del daño	FDP*	PDFm <sup>2</sup> yr
Salud humana	DALY**	Person/yr
Recursos	Daño a los recursos	MJ/kg
Biodiversidad***	Agotamiento	PDFm <sup>2</sup> yr

\*Desaparición potencial de los recursos por área y año; \*\*pérdida de años de vida; \*\*\*recursos climáticos, geológicos y geográficos (biodiversidad).

Tabla 5. CML-IA baseline V3.05

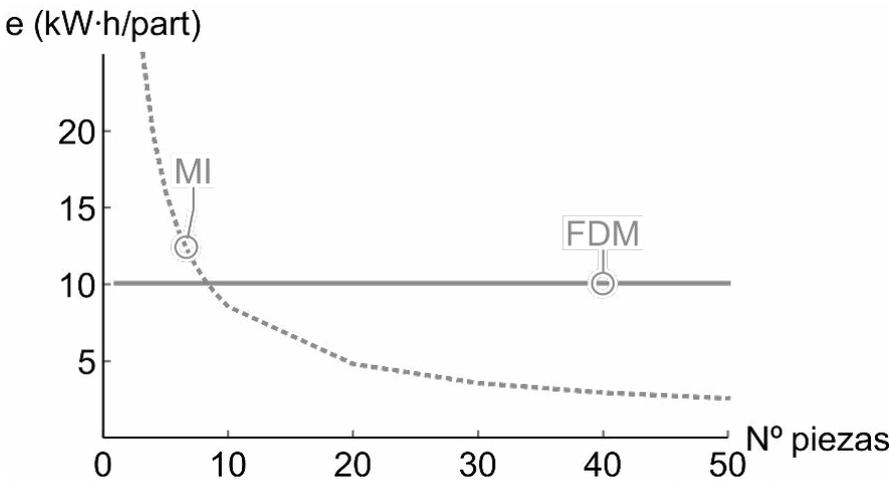


Figura 4. Resultados comparativos de la energía consumida por pieza para MI (FI) y FDM (FA) en función del número de piezas a obtener.

potencial de ecotoxicidad terrestre (TEP) y oxidación fotoquímica. La caracterización de los flujos elementales se realizó mediante la metodología CML 2000 (Guineé 2002). Se utilizó Ecoinvent 3.0 (ecoinvent Center 2015) como base de datos para los datos de referencia [20].

Este método es una actualización del CML 2 baseline 2000 y corresponde a los archivos publicados por CML en agosto de 2016 (versión 4.7). La versión de CML 2 baseline 2000 se puede encontrar en la lista *reemplazada*. Para la mayoría de las categorías de impacto, se agregaron y eliminaron sustancias y/o se actualizaron los factores de caracterización, de acuerdo con nuevos conocimientos científicos. La categoría de impacto oxidación fotoquímica fue la única que no sufrió ningún cambio [21-26].

### Resultados y discusión

Es importante no perder de vista que la obtención de la energía consumida en estos sistemas, que varía de forma considerable en el prodeso de inyección y se mantiene constante en el de fabricación aditiva, en función de la cantidad de piezas a fabricar. Este aspecto es importante considerarlo en estudios de ACV en los que el aspecto de producción masiva sea uno de los objeti-

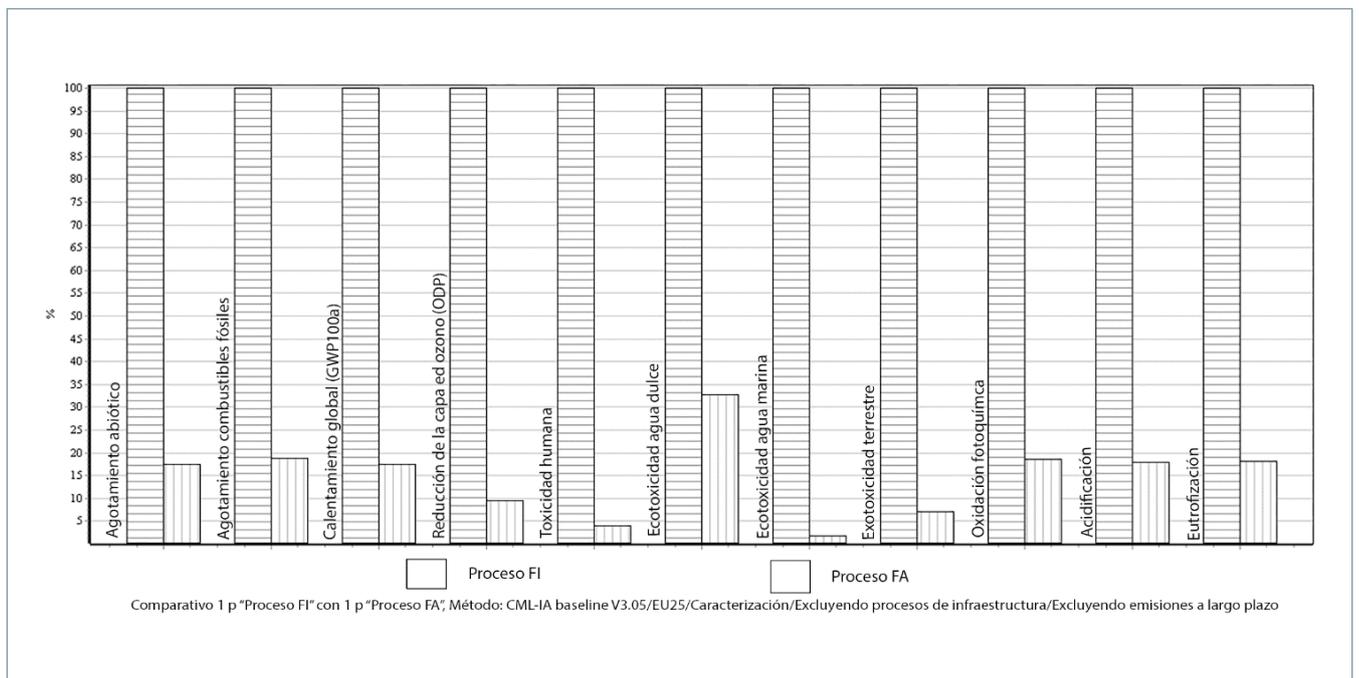


Figura 5. Resultados comparativos de los impactos ambientales clasificados por categorías.

Categoría de impacto	Unidad	Proceso IM	Proceso AM
Agotamiento abiótico	kg Sb eq	3,6769E-06	6,4158E-07
Agotamiento abiótico (combustibles fósiles)	MJ	744,146868	139,796418
Calentamiento global (GWP100a)	kg CO2 eq	61,1762156	10,6815883
Reducción de la capa de ozono (ODP)	kg CFC-11 eq	3,6633E-06	3,5021E-07
Toxicidad humana	kg 1,4-DB eq	9,43391026	0,36633685
Ecotoxicidad acuática de agua dulce	kg 1,4-DB eq	0,10917542	0,03571196
Ecotoxicidad acuática marina	kg 1,4-DB eq	28925,3781	499,539835
Ecotoxicidad terrestre	kg 1,4-DB eq	0,03547528	0,00248016
Oxidación fotoquímica	kg C2H4 eq	0,0166814	0,00311586
Acidificación	kg SO2 eq	0,28906854	0,05172593
Eutrofización	kg PO4 <sup>---</sup> eq	0,01551389	0,00280453

Tabla 6. Cantidades obtenidas en función de la categoría

vos principales. La figura 4 muestra como evoluciona la energía por pieza entre ambos sistemas productivos.

Los resultados son una comparación del peso relativo de los impactos ambientales de estos dos procesos, en una escala del 100 %, de acuerdo con 11 impactos ambientales que han sido seleccionados por representar los principales impactos ambientales tras la normalización del LCA en SimaPro [27, 28] (Fig. 5).

Se puede observar como los resultados son importantes en el aumento de la ecotoxicidad del medio acuático marino, con valores importantes para ser una probeta representativa de procesos a mayor escala. Esto nos lleva a la conclusión de la importancia de las materias primas utilizadas en el proceso de fabricación del molde, que provoca utilización de una gran cantidad de aluminio.

### Conclusiones

Los resultados nos muestran que para la fabricación de pequeñas tira-

das o prototipos experimentales, la FA resulta más favorable en algunos aspectos ambientales, como el menor consumo de materiales, sobre todo al prescindir de moldes y la facilidad de reutilización del material sobrante. Con respecto al consumo de energía, es necesario considerar la menor demanda en la fabricación por inyección, a partir de una cantidad importante de objetos fabricados.

De forma general, la FA es más respetuosa con el medio ambiente y también una buena opción para las primeras fases de diseño de piezas con formas complejas, ya que se suprime la eliminación de material con métodos sustractivos. Este punto favorece al ecodiseño, en el que puede ser un campo de implantación importante. Por el contrario, para la fabricación de determinadas piezas con el proceso de inyección, generará un menor impacto ambiental. En un caso general, teniendo en cuenta los conocimientos sobre el proceso de fabricación durante la etapa de diseño, la geometría

de la pieza se puede optimizar para el proceso seleccionado.

Esto es de especial interés en la etapa inicial del proceso de desarrollo. El enfoque presentado en este documento puede proporcionar un apoyo significativo en la etapa inicial para integrar la preocupación por la fabricación lo antes posible en el proceso de desarrollo. Esto puede tener más adelante un impacto positivo significativo en los aspectos de fabricación. El valor agregado fundamental de esta investigación se puede obtener si los indicadores se utilizan en las primeras etapas de diseño. Por tanto, debería ser posible reducir la cantidad de polvo utilizada por EBM para producir una pieza que cumpla la misma función que una pieza producida mediante molienda. Este aspecto complementario cambia potencialmente la compensación entre los procesos de molienda y FA en términos de impactos ambientales y debe ser considerado en estudios futuros.

## Referencias

- [1] Paris, H.; Mokhtarian, H.; Coatanea, E.; Museau, M.; Flores Ituarte, I. "Comparative environmental impacts of additive and subtractive manufacturing technologies". Elsevier. (2016). 29-32. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2016.04.036> 0007-8506/ \_ 2016 CIRP.
- [2] Vivancos Bono, J.L.; Collado Ruiz, D.; Bastante Ceca, M.J.; Gómez Navarro, T.; Capuz Rizo, S. "Análisis de diversas metodologías de evaluación del impacto del ciclo de vida". (2016). Departamento de Proyectos de Ingeniería. Universidad Politécnica de Valencia.
- [3] Kruth, J.-P.; Leu, M. C.; Nakagawa, T. "Progress in Additive Manufacturing and Rapid Prototyping. CIRP Annals" - Manufacturing Technology 47(2):525-540. (1998)
- [4] Nicole E. Z., Margaret G., Zachary B., Frank G." Recycled polypropylene blends as novel 3D printing materials". Additive Manufacturing 25:122-130. (2019).
- [5] Navajas, A.; Uriarte, L. Gandia, L.M. "Application of Eco-Design and Life Cycle Assessment Standards for Environmental Impact Reduction of an Industrial Product". Sustainability. 1 9 10, 1724, (2017). DOI: 10.3390/su9101724.
- [6] Goedkoop M.; Spiensma, R. "Teh eco-indicator 99. A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment: Methodology annex". 17 april. p. 142, (2000).
- [7] Laso, J.; García-Herrero, I.; Margallo, M.; Vázquez- Rowe, I.; Fullana, P.; Bala, A.; Gazulla, C. ; Irabien, A.; Aldaco, R. "Finding an economic and environmental balance in value chains based on circular economy thinking: An eco-efficiency methodology applied to the fish canning industry". Resources Conservation and Recycling.. 133, 428-437. (2018). DOI: 10.1016/j.resconrec.2018.02.004.
- [8] Cerdas, F; Juraschek, M; Thiede, S; Herrmann, Ch. (2017). Life Cycle Assessment of 3D Printed Products in a Distributed Manufacturing System. Journal of industrial ecology, 21(S1), S80-S93. <https://doi.org/10.1111/jiec.12618>.
- [9] Arribas Subiñar, Pablo José. Procedimiento y caracterización de probetas de plástico fabricadas mediante la impresión 3D. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Burgos. 2016.
- [10] Chr. Lamnatou, Chemisana, "Concentrating solar systems: Life Cycle Assessment (LCA) and environment issues". Renewable and Sustainable Energy Reviews. 187. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2017.04.065>.
- [11] EPRO. European ASsociation of plastics recycling and recovery organisations. "An analysis of the production data, demand and waste of plastics in Europe". 16. (2017).
- [12] Saade, Marcella R.M., Yahia, A., Amor, B., "How has LCA been applied to 3D printing? A systematic literature review and recommendations for future studies". *Journal of Cleaner Production* 244. 118803 (2020).
- [13] Corrado Poli. Design for Manufacturing: A Structured Approach. Chapter 4, Section 4.8. Elsevier, 2001.
- [14] Telenko, C; Seepersad, C.C. (2012) A comparison of the energy efficiency of selective laser sintering and injection molding of nylon parts. *Rapid Prototyping Journal*, 18 (6) pp 472-481.
- [15] Verhoef, Leendert A., Budde, Bart W., Chockalingam, C., Garcia Nodar, B., van Wijk, Ad J.M. "The effect of additive manufacturing on global energy demand: An assessment using a bottom-up approach". *Energy Policy* 112. 349-360. (2018).
- [16] Booth, J.W., Alperovich, J., Chawla, P., Ma, J., Reid, T.N., Ramani, K. "The design for additive manufacturing worksheet" *Journal of Mechanical Design, Transactions of the ASME*, 139. 10 (2017)
- [17] Pons, J.J.; Penades-Pla, V.; Yepes, V.; Marti, J.V. "Life cycle assessment of earth-retaining walls: An environmental comparison". *Journal of Cleaner Production*. 192, 411-420. (2018). DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.04.268
- [18] SimaPro 9.0. Impact Assessments Methods, (2015), . Available from: <http://cml.leiden.edu/research/industrialecology/> (accessed December 2015). [18] Vayre B, Vignat F, Villeneuve F (2012) Designing for Additive Manufacturing. *Procedia CIRP* 3:632-637.
- [19] Huijbregts, M.A.J.; Steinmann, Z.J.N.; Elshout, P.M.F.; Stam, G.; Verones, F.; Vieira, M.; Zijp, M.; Hollander, A.; van Zelm, R. ReCiPe2016: a harmonised life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level. *International Journal of Life Cycle Assessment*. 22, 2. 138-147. (2017). DOI: 10.1007/s11367-016-1246
- [20] Guinee, J.B., Marieke Gorree, Reinout Heijungs, Gjalt Huppes, Rene Kleijn, Laurant van Oers, A. Wegener Sleeswijk, S. Suh, H.A. Udo de Haes, H. de Bruijn, R. van Duin, M.A.J. Huijbregts (2001). Handbook on Life Cycle Assessment, Operational guide to the ISO standards Volume 1, 2a, 2b and 3.
- [21] Huijbregts, M.A.J. LCA normalisation data for the Netherlands (1997/1998), Western Europe (1995) and the World (1990 and 1995).
- [22] Wegener Sleeswijk, A., L. van Oers, J. Guinee, J. Struijs and M. Huijbregts (2008). Normalisation in product Life Cycle assessment: An LCA of the Global and European Economic Systems in the year 2000.
- [23] Allenby BR (1997) Environmental Constraints and the Evolution of the Private Firm. The Industrial Green Game: Implications for Environmental Design and Maintenance, National Academy Press, Washington, DC.
- [24] Medyna G, Coatane'a E, Millet D (2009) Comparative Study of Environmental Evaluation Assessment Using Exergetic LCA Implemented in Existing Software and a Novel Exergetic Approach During the Early Design Phase. ICED'09, 24-27 August Stanford University, Stanford, CA, USA.
- [25] Close-looped recycling of polylactic acid used in 3D printing: An experimental investigation and life cycle assessment. Peng Zhao, Chengchen Rao, Fu Gu, Nusrat Sharmin, Jianzhong Fu. State Key Laboratory of Fluid Power and Mechatronic Systems, School of Mechanical Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.275>. 2018 Elsevier Ltd. All rights reserved.
- [26] Lamnatou, C. ; Lecouvreux, B.; Chemisana, D.; Cristofari, C.; Canaletti, J.L. "Concentrating photovoltaic/thermal system with thermal and electricity storage: CO2.eq emissions and multiple environmental indicators". *Journal of Cleaner Production*. 192, 376-389. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.04.205. (2018).
- [27] CO2PEI - Cooperative Effort on Process Emissions in Manufacturing website. Available from: <http://www.mech.kuleuven.be/co2pe> (accessed December 2011).
- [28] Kellens K, Dewulf W, Overcash M, Hauschild MZ, Dufflou JR (2012) Methodology for Systematic Analysis and Improvement of Manufacturing Unit Process Life-Cycle Inventory (UPLCI) - CO2PEI Initiative (Cooperative Effort on Process Emissions in Manufacturing). Part 1: Methodology Description. *International Journal of Life Cycle Assessment* 17:69-78.

# Herramienta de bruñido con puntas intercambiables para el acabado de moldes

## *Burnishing tool with interchangeable tips for mould finishing*

Jordi-Adalbert Marqués Salvador<sup>1</sup>, Ramón Jerez-Mesa<sup>1</sup>, Jordi Llumà<sup>2</sup>, J. Antonio Travieso-Rodríguez<sup>1</sup>

### Resumen

En esta contribución se presenta el resultado del diseño, la fabricación y puesta a punto de una herramienta de bruñido para ser utilizada sobre distintas superficies previamente mecanizadas mediante fresado. El objetivo es diseñar y fabricar una herramienta capaz de conseguir superacabados de algunas superficies de moldes y matrices. Más concretamente la herramienta ha sido diseñada con el fin de disminuir la rugosidad de la superficie de partes de moldes para inyección de plástico y aluminio, los cuales actualmente, se pulen a mano. La herramienta se puede montar en cualquier centro de mecanizado de 3, 4 o 5 ejes y permite bruñir gran parte de la superficie. Se han realizado pruebas sobre un molde de acero X40CrMo5V5-1 para comprobar su efectividad. Los resultados obtenidos han sido satisfactorios, por lo que se ha cumplido con las expectativas planteadas por el cliente.

### Palabras clave

Bruñido, rugosidad superficial, fresado.

### Abstract

This contribution presents the result of the design, manufacture and fine-tuning of a burnishing tool to be used on different surfaces previously machined by milling. The goal is to design and to manufacture a tool capable of superfinishing some moulds and array surfaces. More specifically, the tool has been designed in order to reduce the roughness of the surface of parts of plastic and aluminum injection casts, which are currently polished manually. The tool can be mounted on any 3-, 4- or 5-axis machining center and it allows to burnish large areas of the surface. Tests have been carried out on a X40CrMo5V5-1 steel mould to verify its effectiveness. The results obtained have been satisfactory, so the expectations raised by the client have been met.

### Keywords

Burnishing, surface roughness, milling

Recibido / received: 24/06/2021. Aceptado / accepted: 28/10/2021.

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Mecánica, Universitat Politècnica de Catalunya. Escola d'Enginyeria de Barcelona Est.

<sup>2</sup>Departamento de Ciencia e Ingeniería de Materiales, Universitat Politècnica de Catalunya. Escola d'Enginyeria de Barcelona Est.

Autor para correspondencia: Dr. J. Antonio Travieso-Rodríguez, e-mail: antonio.travieso@upc.edu



Foto cedida por los autores del artículo.

## Introducción

En la actualidad, la demanda de piezas en el sector de moldes y matrices viene acompañada de muchas exigencias por parte de los clientes, que buscan la máxima vida útil en estos componentes, sometidos a grandes esfuerzos y ciclos de fatiga debido a su uso continuado y a los requerimientos de productividad de las industrias como la automovilística, por ejemplo. Una de las características que más afecta al funcionamiento óptimo de las partes de un molde, que está en contacto con el material que se inyecta, es la calidad de su superficie [1, 2]. Cuanto menor sea la rugosidad superficial de esta superficie, mejor fluirá el material inyectado y, a su vez, las desgastará menos, con lo cual también tendrán más vida útil. Esto se traduce en tener un molde capaz de fabricar una mayor cantidad de piezas antes de ser desechado [3, 4]. Obtener una rugosidad a los niveles necesarios en este tipo de superficies complejas es un proceso muy trabajoso, que hoy en día en la mayoría de las factorías se hace a través de un proceso de pulido manual, con los inconvenientes que esto conlleva: consumen una gran cantidad de tiempo y requieren de mano de obra muy espe-

cializada, lo cual redundará en costes de fabricación muy elevados [5].

Uno de los procesos que se utiliza como alternativa al pulido manual es el bruñido. Los resultados de numerosos investigadores a lo largo de las últimas décadas han permitido confirmar sus efectos positivos la integridad de la superficie de piezas industriales, en tanto que se trata de un proceso mecánico capaz de mejorar simultáneamente la topología superficial, la dureza y las tensiones residuales de los materiales objetivo [6]. El proceso está basado en deformar plásticamente las irregularidades de la superficie objetivo mediante una punta que transmite una fuerza controlada, todo mediante la programación de rutinas de control numérico que permiten modificar el área de interés de la superficie objetivo [7]. Se puede realizar en diferentes tipos de piezas, tanto fijadas a un torno como a una fresadora [8, 9].

Este artículo tiene como objetivo presentar una nueva herramienta de bruñido de diseño y fabricación propia, patentada con la referencia P201931092 [10]. Esta herramienta tiene algunas características que la hace diferente de muchas existentes en el mercado. Las más utilizadas tienen

una punta acabada en un elemento encargado de bruñir, en forma de bola o rodillo. Por ejemplo, Jerez Mesa *et al.* (2018) [11] desarrollaron una herramienta con punta de bruñir acabada en bola, para ser utilizada en un centro de mecanizado vertical. Mahajan & Tajane (2013) [12] desarrollaron otra también acabada en bola, pero para ser utilizada en torno. Otras casas comerciales, como Cogsdill Tool Products, Inc. [13] comercializa una herramienta acabada en un rodillo bruñidor que puede acabar únicamente superficies planas. En todos los casos expuestos, las herramientas están configuradas de forma que su diseño solo permite el tratamiento de superficies con características muy específicas, lo que disminuye su versatilidad. En todos los casos, el tratamiento de superficies cóncavas típicas de moldes está imposibilitado, sobre todo en máquinas fresadoras de 3 ejes.

El rasgo distintivo de la herramienta que se presenta en esta contribución es que la punta acaba en forma esférica, pero no es una bola que gira sobre sí misma. Esta forma de transmitir la fuerza de la herramienta permite el tratamiento de superficies cóncavas típicas de moldes. Sin embargo, el hecho

de que la superficie esférica no rueda cambia completamente la forma en que se interactúa con el material bruñido, y demanda validaciones experimentales nuevas. La herramienta está diseñada de forma que las puntas esféricas son intercambiables, lo cual agilizaría el proceso de mantenimiento en una eventual aplicación industrial. De ahí que la novedad fundamental de este artículo es presentar esta herramienta y validarla a través de una aplicación experimental. Los resultados obtenidos, por otro lado, son de especial interés para la industria porque mediante este tipo de punta de bruñir se pueden llegar a tratar superficies que la mayoría de las herramientas que hay en el mercado no pueden, por su forma geométrica, sobre todo en máquinas de 3 ejes, por las limitaciones de movimiento que tienen las mismas. Por tanto, es una muy buena alternativa para el sector del molde y, sobre todo, en fábricas pequeñas que no disponen de muchas máquinas de más de 3 ejes, como la que solicitó la herramienta que se presenta.

**Materiales y métodos**

**Consideraciones sobre el diseño de la herramienta de bruñido**

La herramienta ha sido diseñada con el fin de que sea capaz de bruñir las geometrías complejas de diferentes componentes de moldes de inyección. Está compuesta por un conjunto de cinco piezas, tres de las cuáles son de diseño propio y las dos restantes son piezas estandarizadas. En la figura 1 se puede ver la herramienta y sus diferentes partes.

El cuerpo (figura 2A) es el encargado de alojar el resto de los componentes principales de la herramienta como son el muelle de precarga, el patín y la tuerca de precarga. Al mismo tiempo, es la pieza que está en contacto con el portaherramientas que se monta en el centro de mecanizado. A la hora de diseñar la geometría donde se encuentra alojada la tuerca de precarga, se tuvo en cuenta que pudiera ser mecanizada sin tecnologías específicas como la electroerosión. Por esta razón, las esquinas del alojamiento hexagonal se encuentran perforadas a diámetro 4 milímetros.

El patín (figura 2B) es el encargado de transmitir la fuerza elástica del

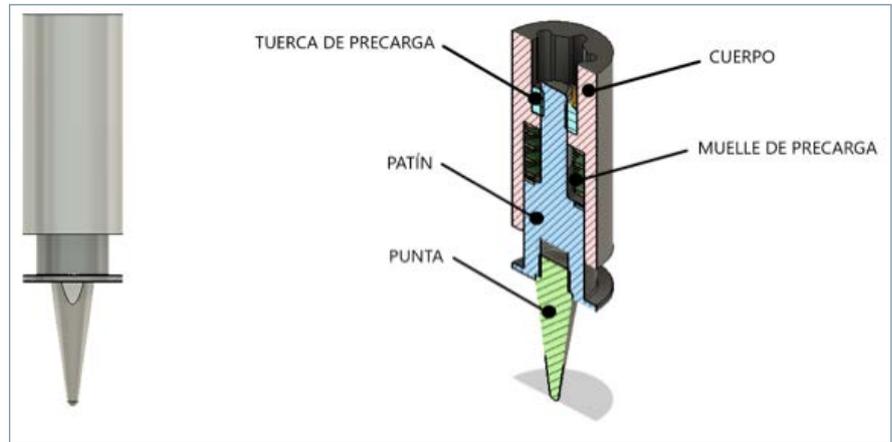


Figura 1. Herramienta de bruñido con puntas intercambiables.

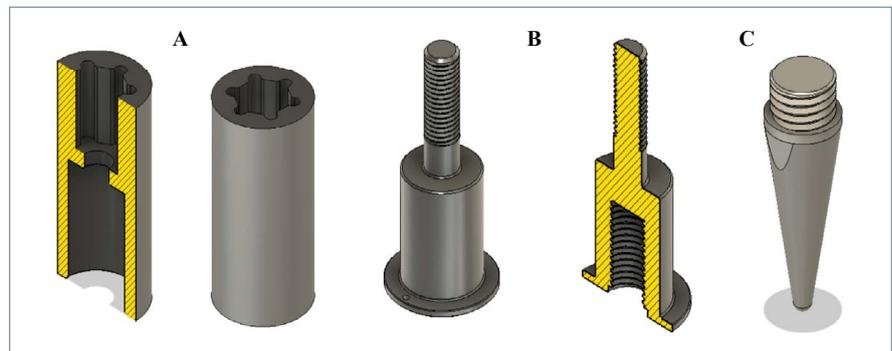


Figura 2. A. Vistas del cuerpo de la herramienta. B. Vistas del patín. C. Vista de la punta.

muelle a la punta de bruñido. Va montado directamente en el cuerpo de la herramienta mediante un ajuste H7g6 para asegurar juego en todo momento y permitir el deslizamiento dentro de él. Está en contacto con el muelle de precarga y se une con la tuerca de precarga mediante una rosca M10x1. Este componente debe tener un juego ligero con la superficie interna del cuerpo para asegurar los desplazamientos en dirección axial, pero no radial a la hora de bruñir. Incorpora una rosca de tipo hembra en la que se montan las puntas de bruñido. Esto se debe a que, si ocurriera alguna colisión con otros elementos de la máquina o desgaste por uso, solo es necesario cambiar la punta. También permite el montaje de diversas geometrías y longitudes de puntas en la misma herramienta; simplemente se debe desmontar una y cambiarla por la otra.

La punta mostrada en la figura 2C tiene la función de transmitir la fuerza del patín a la pieza a la cual se le desea aplicar el superacabado. Hay diversas geometrías de puntas, las cuales se

pueden cambiar en función de la pieza a bruñir. Todas ellas tienen en común que la punta que está en contacto con la superficie de trabajo es esférica. Incorpora en el extremo del montaje una rosca de M12x1,75 y una superficie de apriete para poderse montar y desmontar con la ayuda de una llave fija de 10 milímetros entre garras.

Por otro lado, también se necesitan dos elementos normalizados. En primer lugar, el muelle de precarga es el encargado de mantener la fuerza constante a medida que la herramienta va bruñendo la superficie de la pieza, de manera proporcional a su compresión como describe la ley de Hooke. Está unido al patín mediante un ajuste con juego, tanto con el patín como con el alojamiento interno del cuerpo de la herramienta. El muelle escogido para realizar las primeras pruebas de la herramienta ha sido un ISO 10243 cuya constante elástica es de 16 N/mm. Este muelle se puede comprimir la longitud suficiente como para llegar a realizar la fuerza necesaria para bruñir. Para el diseño propuesto, la carrera máxima

Material / (%)	C	Mn	Si	P	S	Cr	Mo	V
X155CrVMo12 1	1,55	0,30	0,25	≤ 0,030	≤ 0,030	11,50	0,75	0,95
X40CrMoV 5 1	0,40	0,40	1,05	≤ 0,030	≤ 0,030	5,00	1,45	1,00

Tabla 1. Composición química de los materiales utilizados para la fabricación de los componentes de la herramienta

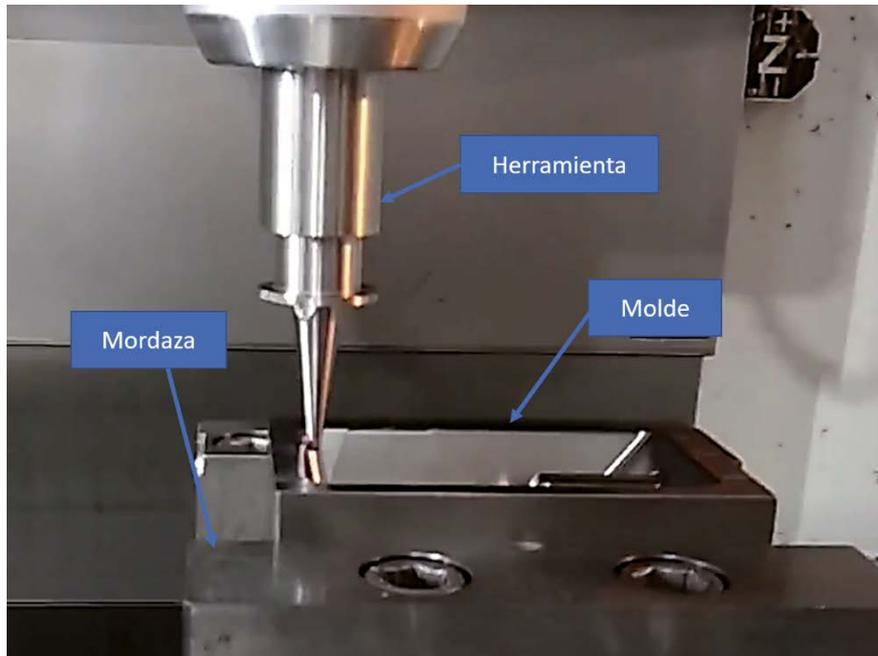


Figura 4. Herramienta fabricada instalada en una fresadora sobre el molde objeto de ensayo.

de compresión posible combinada con la constante elástica anterior hace que la fuerza de bruñido máxima esté limitada a 240 N.

Por último, la tuerca encargada de precargar el muelle es el elemento normalizado DIN 980. Su función es mantener el patín unido al cuerpo y, al mismo tiempo, mantener la precarga inicial que se aplica al muelle. Se decidió que esta tuerca debía ser autobloqueante para evitar posibles aflojamiento mientras la herramienta trabaja. Alojada en el agujero hexagonal del cuerpo, este se diseñó a partir de esta tuerca y para que se pudiera desplazar en la dirección axial pero no girar, y de manera que si ese movimiento no estaba restringido no se podía ajustar la precarga.

El montaje del sistema descrito dota a la herramienta de versatilidad, precisión y eficiencia, sin verse comprometida por ello su simplicidad. La guía debe permitir el movimiento axial entre los diferentes componentes para adaptarse a los cambios superficiales de las piezas, pero no debe tener un

juego excesivo, ya que esto provocaría la pérdida de control del punto de contacto de la herramienta con la pieza.

#### Materiales seleccionados para las diferentes partes de la herramienta

La herramienta de bruñido está sometida a elevados esfuerzos debido a su interacción con la pieza de trabajo y a los cambios de dirección durante su funcionamiento. La punta de la herramienta, sobre todo, está sometida a una fricción constante con el material a bruñir. Teniendo en cuenta las exigencias a las cuales puede ser sometida la herramienta, se estudiaron distintos materiales que pudieran soportar las exigentes condiciones de trabajo de la herramienta.

La punta de la herramienta está fabricada en acero X155CrVMo12 1. Este material se mecaniza en desbaste y luego se somete a un temple para conseguir una dureza superficial de hasta 60-62 HRC. Seguidamente, se rectifica para llevar la pieza a la medida final. La dureza conseguida es muy superior

a la de las superficies de los moldes sobre las cuales trabaja, asegurando así una buena resistencia al desgaste. Este acero permite también diversos tratamientos superficiales como la nitruración y el *physical vapor deposition* (PVD), los cuales confieren un incremento de dureza superficial significativo (hasta 70-75 HRC), así como una mejora en cuanto a la disminución de su coeficiente de fricción respecto al material de la pieza a bruñir.

El material elegido para la fabricación del cuerpo y el patín de la herramienta ha sido acero X40CrMoV 5 1, con una dureza superficial media de 40-45 HRC. Este acero es utilizado para fabricar una gran cantidad de elementos mecánicos como portaherramientas para centros de mecanizado, diferentes componentes de moldes, etc. Esto se debe a su elevada resistencia mecánica, buena resistencia a la corrosión, elevada resistencia al desgaste y su buena maquinabilidad. Además, al fabricar ambos componentes con el mismo material, se puede asegurar que, pese a que haya cambios de temperatura, siempre se mantendrán las tolerancias de fabricación sin riesgo de que cambie el tipo de ajuste entre ellos. En la tabla 1, se muestra la composición química de ambos materiales.

#### Detalles sobre el proceso de fabricación de las diferentes partes de la herramienta

En primer lugar, se procedió a cortar el bruto del material para, posteriormente, ser torneado en un torno manual. La elección de la fabricación en torno manual se debe a que solo se fabricaron dos prototipos. Una vez torneadas se procedió a realizar el alojamiento del mecanismo de precarga en el cuerpo de la herramienta, el cual se realizó con un centro de mecanizado vertical AWEA AF1000. A las puntas se les realiza un tratamiento térmico de endurecimiento superficial para lograr dureza de 60-62 HRC. Una vez templadas las puntas y mecanizadas el resto de las piezas de la herramienta, todas las superficies que lo requieran son rectificadas con una rectificadora cilíndrica CNC. En la figura 4, se puede ver una fotografía de la herramienta fabricada.

#### Calibración de la herramienta

Para poder comenzar a realizar los ensayos sobre piezas y poder determi-

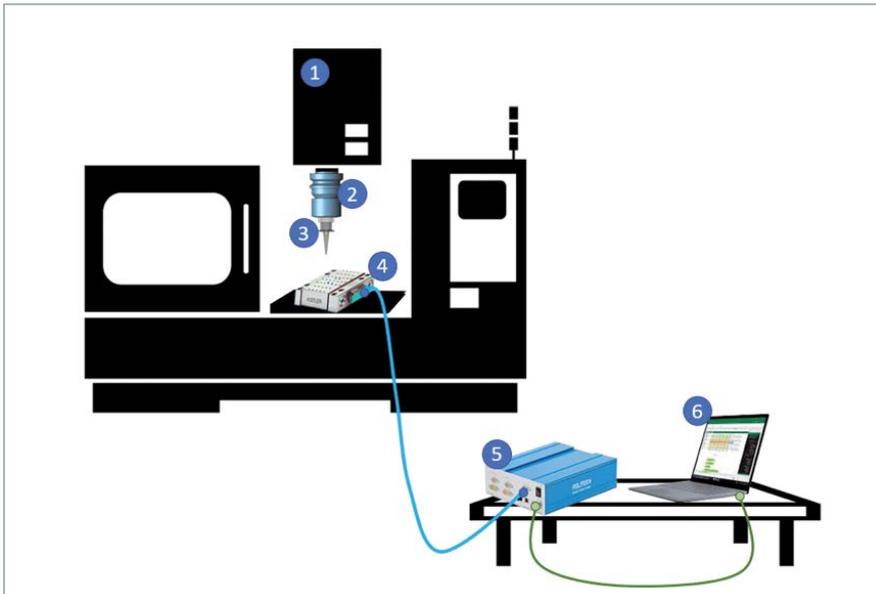


Figura 5. Esquema de montaje para la calibración de la herramienta.

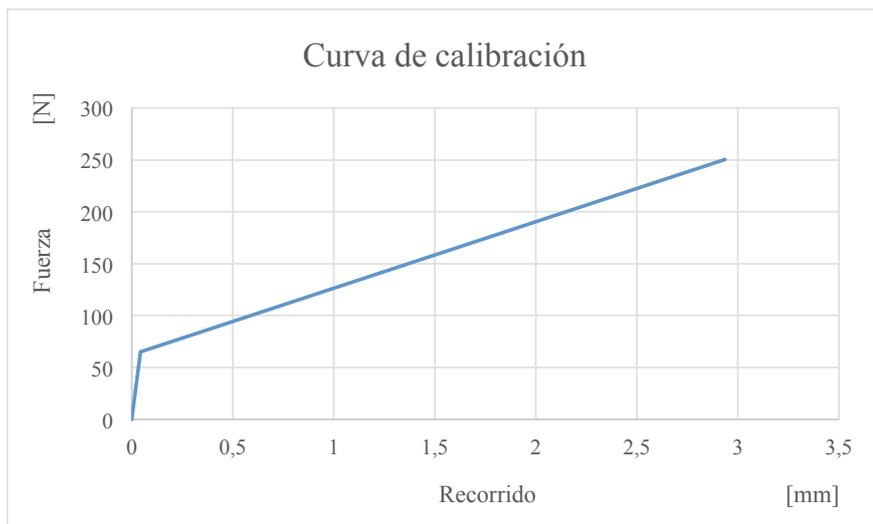


Figura 6. Gráfica de la curva de calibración de la herramienta.

nar la efectividad de la herramienta se caracterizó la curva fuerza (desplazamiento del muelle a compresión). De esta forma, controlando la profundidad Z que penetra la herramienta en el programa de CN, se obtiene la fuerza de bruñido esperada. En la figura 5, se muestra la instalación montada para realizar la calibración de la herramienta. Para ello, se requirió de los siguientes elementos:

1. Centro de mecanizado vertical.
2. Portaherramientas hidráulico ISO40.
3. Prototipo fabricado de la herramienta.
4. Mesa de fuerzas KISTLER 9256.

5. Sistema de adquisición de datos KISTLER 5697<sup>a</sup>.

6. Ordenador con Office365 y software de la mesa KISTLER DynoWare.

Una vez se dispuso de todos los elementos se procedió de la siguiente manera para extraer la curva en formato tabla y gráfico. Para ello, instalada la pieza en la mesa dinamométrica, se muestreó la fuerza a la que se llegaba en diferentes profundidades de penetración desde 0 hasta -15 mm. Esta rutina se llevó a cabo 5 veces para comprobar la repetibilidad de los resultados. La curva de calibración obtenida puede verse en la figura 6.

La herramienta tiene un comportamiento similar en los cinco ensayos realizados. Por tanto, se puede asegurar que la curva de calibración es suficientemente robusta. Una vez que se obtiene la curva de calibración se puede comenzar a realizar los ensayos combinando los diferentes parámetros de trabajo para probar la efectividad de la herramienta.

#### Ensayos experimentales de bruñido sobre el molde

Para comprobar que la herramienta fabricada está lista para su uso, se realizan diferentes ensayos sobre la superficie de un molde real, fabricado en acero X40CrMoV 5 1. Se bruñó una parte de la superficie total del molde, sobre una superficie previamente fresada con una fresa de bola de 6 mm de diámetro, cuatro labios de corte con velocidad de giro del cabezal de 10.000 min<sup>-1</sup>, una velocidad de avance de 220 mm/min, una profundidad de pasada radial de a<sub>c</sub> 0,1 mm y una profundidad de pasada p<sub>p</sub> de 0,1 mm (figura 7).

La superficie del molde se bruñó con una fuerza de 120 N, a 200 mm/min de velocidad de avance, con una pasada de bruñido y con un ancho de pasada lateral de 0,1 mm. Estos valores se tomaron teniendo en cuenta recomendaciones de experiencias anteriores.

#### Discusión de resultados

Con el fin de evaluar los resultados obtenidos en el experimento descrito anteriormente, se utilizará un equipo de adquisición de rugosidades 2D Mitutoyo SJ-210 para cada una de las superficies bruñidas, así como sobre la superficie fresada, con un *cut-off* de 0,8 mm. Se realizaron 10 mediciones para cada superficie con la finalidad de obtener una muestra estadísticamente sólida. Los parámetros de rugosidad superficial en cada una de las superficies medidas siguiendo la norma ISO4287:1999 han sido la rugosidad media aritmética, R<sub>a</sub> y la media de los valores absolutos de los cinco picos más altos y valles más profundos del perfil dentro de la longitud de *cut-off*, R<sub>z</sub>. Los valores medios de resultados de las mediciones de rugosidad, así como sus desviaciones típicas, se pueden observar en la tabla 2.

Los resultados de la tabla 2 se pueden observar mejor desde el punto de vista gráfico. En la figura 8, se puede

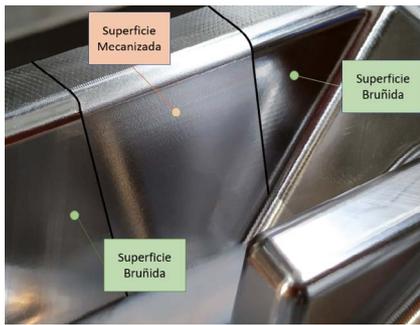


Figura 7. Montaje experimental.

ver gráficamente la comparativa entre la superficie fresada y la bruñida, con la consiguiente disminución de la escala del perfil.

Como se puede observar, en esta superficie se distinguen claramente los picos y los valles provocados por el fresado. Los parámetros característicos extraídos de este gráfico confirman los valores utilizados para realizar esta operación. Por ejemplo, la  $R_a$  de 0,472  $\mu\text{m}$  hace pensar que el avance por dientes utilizado es, aproximadamente, de 0,1 mm/rev. Estos valores son típicos de un proceso de fresado de acabado como el que se realiza en las superficies de un molde de inyección.

Los resultados de los parámetros de las huellas bruñidas mostrados en la tabla 2 demuestran que el bruñido disminuye considerablemente la rugosidad de esta superficie. La disminución de la  $R_a$  es del 29,6 % de media y la de  $R_z$  del 35,1 % de media.

La forma del perfil en este caso se ve bastante más aplanada. Esto es producto de la deformación que han sufrido los picos de las irregularidades de la superficie. El material que deforma la bola de bruñido es arrastrado e introducido en los valles del perfil. Por eso queda una superficie portante mucho más plana, que, además de tener una rugosidad más pequeña, ayuda a que fluya mejor el material que entra en contacto con ella, en el momento en que es inyectado dentro de la superficie del molde.

### Conclusiones

Se ha diseñado, fabricado y probado una nueva herramienta de bruñido con ciertos elementos diferenciales respecto a la mayoría de las que hay en el mercado. Tras haber realizado distintas pruebas sobre un molde real,

Zona	$R_a$ ( $\mu\text{m}$ )	$R_z$ ( $\mu\text{m}$ )
Fresada	$0,472 \pm 0,023$	$2,199 \pm 0,130$
Bruñida	$0,332 \pm 0,017$	$1,427 \pm 0,125$

Tabla 2. Resultados de las mediciones de los diferentes parámetros de rugosidad.

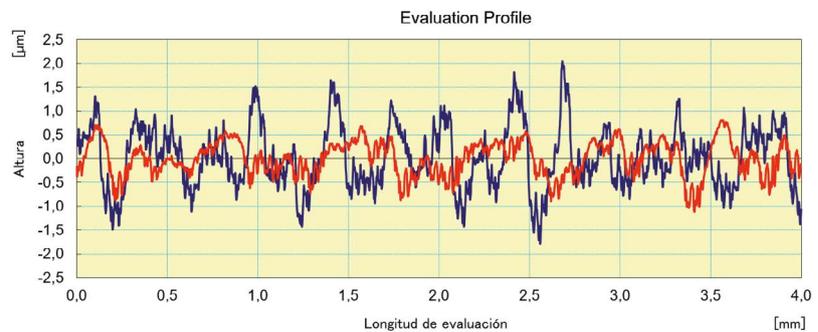


Figura 8. Comparativa de perfiles de rugosidad: azul (superficie fresada), rojo (superficie bruñida).

todas las soluciones constructivas han demostrado cumplir los requisitos fijados al inicio de la investigación. Se han conseguido bruñir superficies reales con valores de rugosidad adecuados a los que se solicitan en superficies de este tipo, siempre que se utilice la herramienta con la configuración adecuada. Por este motivo, y teniendo en cuenta que la herramienta es susceptible de ser integrada en procesos de mecanizado automatizados, puede concluirse que su potencial en el sector del mecanizado de moldes de inyección debe ser valorado y estudiado en profundidad en futuras acciones.

### Financiación

Este estudio se pudo llevar a cabo gracias a la financiación del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades de España, a través de la subvención RTI2018-101653-B-I00 y de la Generalitat de Cataluña y de fondos FEDER para el desarrollo regional a través de la subvención IU68-016744.

### Referencias

[1] Zhang, H. L.; Ong, N. S.; Lam, Y. C. "Mold surface roughness effects on cavity filling of polymer melt in micro injection molding." *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 37, no 11-12, p. 1105-1112 (2008).

[2] Ding, Z., Zhao, J., Liu, H. y Dong, Y. "Effects of ball burnishing on surface properties of SKD11 mold steel." *Engineering Research Express*, vol. 2, no. 2, pp. 025004 (2020).

[3] Martínez-Mateo, I., et al. "Surface damage of mold steel and its influence on surface roughness of injection molded plastic

parts." *Wear*, vol. 271, no 9-10, p. 2512-2516 (2011).

[4] Sachin, B.; Narendranath, S.; Chakradhar, D. "Sustainable diamond burnishing of 17-4 PH stainless steel for enhanced surface integrity and product performance by using a novel modified tool." *Materials Research Express*, vol. 6, no 4, p. 046501 (2019).

[5] Fisher, Kenneth J., et al. Development of a cost model for manual tool polishing. *The International Journal of Modern Engineering*, vol. 6, no 2 (2006).

[6] Travieso-Rodríguez, J.A. et al., "Ball-burnishing process influence on hardness and residual stresses of aluminium A92017" 17th International Research/Expert Conference "Trends in the Development of Machinery and Associated Technology, Estambul (2013).

[7] Travieso-Rodríguez, Jose Antonio; Desein, Gilles; González-Rojas, Hernan Alberto. "Improving the surface finish of concave and convex surfaces using a ball burnishing process". *Materials and Manufacturing Processes*, vol. 26, no 12, p. 1494-1502 (2011).

[8] Hassan, Adel Mahmood. "The effects of ball-and roller-burnishing on the surface roughness and hardness of some non-ferrous metals". *Journal of materials processing technology*, vol. 72, no 3, p. 385-391 (1997).

[9] Salahshoor, M., et al. "Surface integrity and corrosion performance of biomedical magnesium-calcium alloy processed by hybrid dry cutting-finish burnishing". *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials*, vol. 78, p. 246-253 (2018).

[10] Patente española P201931092, presentada a la OEPM el 10 de diciembre de 2019.

[11] Jerez-Mesa, Ramón; Gomez-Gras, Giovanni; Travieso-Rodríguez, Jose Antonio. "Surface roughness assessment after different strategy patterns of ultrasonic ball burnishing". *Procedia Manufacturing*, vol. 13, p. 710-717 (2017).

[12] Mahajan, Deepak; Tajane, Ravindra. "A review on ball burnishing process". *International Journal of Scientific and Research Publications*, vol. 3, no 4, p. 1-8 (2013).

[13] <https://cogsdill.co.uk/products/burnishing-tools/diamond-burnish-face-mill-tools/>, consultada por última vez el 9 de mayo de 2020.

# Simulación numérica de la aplicación de corrientes de inducción al desmontaje eficiente de vías en placa ferroviarias

*Numerical simulation of the application of induction currents to the efficient dismantling of slab tracks*

Ane Onaindia Rodríguez-Maribona<sup>1</sup>, Olatz Oyarzabal de Celis<sup>1</sup>, Aimar Orbe Mateo<sup>1</sup>, Roque Borinaga Treviño<sup>1</sup>, Javier Canales Abaitua<sup>1</sup>, Ernesto García Vadillo<sup>1</sup>

## Resumen

En la actualidad, gran parte de los sistemas ferroviarios contienen una superestructura basada en la vía en placa. Este tipo de vía se ha convertido en la solución elegida para muchos proyectos de líneas de alta velocidad y túneles gracias a sus múltiples ventajas, entre las que se encuentran el aumento de la fiabilidad, la reducida necesidad de mantenimiento y la facilidad de limpieza y explotación. Sin embargo, el sistema de vía en placa supone un problema cuando es imprescindible su sustitución o reparación debido a causas como un descarrilamiento o el propio final de la vida útil de sus componentes. Por esta razón, a la hora de diseñar nuevas vías en placa, es conveniente estudiar un sistema eficiente de reparación de la vía para suspender los servicios ferroviarios ofertados durante el menor plazo de tiempo posible, limitando afecciones a los usuarios y reduciendo costes para las Administraciones ferroviarias. Este estudio analiza alternativas al proceso de desmontado de los bloques que componen la vía en placa, basando las soluciones en el calentamiento por inducción electromagnética. Mediante el calentamiento por inducción de los bloques que constituyen la vía, se pretende conseguir el agrietamiento superficial de las zonas laterales inferiores del bloque, garantizando así su separación del resto de la vía en placa y asegurando una fácil extracción para, posteriormente, proceder a la colocación del nuevo componente.

## Palabras clave

Inducción electromagnética, vía en placa, hormigón armado, desmontaje

## Abstract

*Today, a number of railway systems have a superstructure based on slab track. This type of track has become the solution chosen for many high-speed line and tunnel projects due to its many advantages, including increased reliability, reduced need for maintenance and ease of cleaning and operation. However, the slab track systems have an inherent problem when they need to be repaired due to causes such as a derailment or the end of the use lifespan of its components. For this reason, when designing new slab tracks, it is convenient to study an efficient track repair system to recover the normal rail services as soon as possible, limiting effects on users and reducing costs for railway Administrations. This study analyzes alternatives to the process of dismantling the slab track blocks that support the rails, basing the solutions on heating by electromagnetic induction. Through induction heating of the blocks that are inserted in the slab, the aim is to achieve surface cracking of the lower lateral areas of the block, thus guaranteeing its separation from the rest of the slab track and ensuring easy extraction to subsequently proceed with the placement of the new component.*

## Keywords

Electromagnetic induction, slab track, reinforced concrete, dismantling

Recibido / received: 17/06/2021. Aceptado / accepted: 20/10/2021.

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea.

Autor para correspondencia: Olatz Oyarzabal de Celis; olatz.oyarzabal@ehu.eus



Foto cedida por los autores del artículo.

## Introducción

Hasta ahora, en el ámbito ferroviario, no era habitual contemplar la reutilización de los recursos a la hora de organizar su construcción. Sin embargo, en las últimas décadas se ha apreciado que, mediante la reutilización o sustitución parcial de diversos componentes, se pueden obtener beneficios económicos significativos en la vida útil del producto final. Por ello, ha aumentado el interés en desarrollar métodos eficientes que permitan llevar a cabo estas operaciones de demolición y sustitución de manera selectiva. Generalmente, la retirada del material de la vía en placa ferroviaria se realiza a través de máquinas Rotaflex y martillos neumáticos, basados en procesos de picado, que generan consecuencias indeseadas como ruido, vibraciones, polvo, etc. Por tanto, en estas soluciones a desarrollar se busca, entre otros, evitar circunstancias indeseadas en el entorno y en los usuarios, considerando suspender el servicio ferroviario durante el menor tiempo posible. Una de las posibles estrategias elegidas para este desempeño es facilitar la retirada del material tras haber provocado un agrietamiento en las superficies adecuadas.

Entre las posibles soluciones para este tipo de operaciones, se ha decidido profundizar en la demolición selectiva mediante ondas electromagnéticas. El fenómeno de inducción electromagnética es una línea de investigación en crecimiento en el ámbito de la construcción gracias a sus múltiples prestaciones. Mediante este fenómeno se busca conseguir un agrietamiento rápido y eficiente de la superficie de contacto entre el componente a extraer y el resto de la losa. En el presente artículo se analiza la aplicación de ondas electromagnéticas para producir la separación del bloque de hormigón embebido en la losa de hormigón de que se componen ciertos tipos de vía en placa.

Se trata de un análisis inicial de las posibles estrategias para el desmontaje eficiente de los bloques basado en el calentamiento por inducción electromagnética, gracias a una fuente inductora que, en este caso, es una bobina de cobre. Mediante este tipo de calentamiento se elevan las temperaturas de las barras de acero distribuidas en el interior del bloque de hormigón, concretamente de aquellas que se encuentran más cercanas al inductor. Con ello, también se calienta el hormigón

y el agua que se encuentra en sus poros húmedos. El agua, al alcanzar altas temperaturas se evapora y ejerce una presión sobre las paredes del poro del bloque de hormigón que genera tensiones en él [1, 2]. En el estudio del fallo, de manera simplificada, se comparan las tensiones generadas en el hormigón con las resistencias medias a tracción del material y, en caso de superarlas, se supone el fallo del componente. Se trata de una manera muy elemental de estudiar la fractura, ya que no se considera la generación y propagación de fisuras, por lo que no se apreciará en detalle el agrietamiento a través del recubrimiento hasta llegar a la superficie de contacto del bloque, ni la posterior operación de extracción.

En este documento, primero, se presentan de manera resumida los fenómenos físicos y mecánicos necesarios para la correcta comprensión del calentamiento por inducción y el posterior agrietamiento del bloque de hormigón. A continuación, se explican las pruebas simuladas diferenciando principalmente dos tipos: en cuanto al primer conjunto de pruebas, se busca desarrollar un modelo similar al desarrollado experimentalmente en laboratorio, con la finalidad de validar

correctamente los fenómenos magnéticos y de transferencia de calor en el programa de simulación. Tras ajustar los parámetros necesarios para establecer el calentamiento por inducción mediante elementos finitos en COMSOL, se aplican estos fenómenos físicos al nuevo modelo a desarrollar, el bloque perteneciente a la vía en placa ferroviaria. Se estudia el aumento de temperaturas de dicho bloque en los puntos de interés y, finalmente, se analiza el fallo debido a las tensiones generadas (se estudian mediante ANSYS) por ese calentamiento. Si ocurre el fallo en diferentes puntos superficiales del bloque, en líneas futuras de la investigación se analizará el agrietamiento y fractura final, para conseguir, finalmente, el desmontado eficiente del bloque de la vía en placa ferroviaria.

### Calentamiento por inducción

El calentamiento por inducción es un método ampliamente utilizado en la industria cuando se busca aumentar la temperatura de un material ferromagnético e, incluso, paramagnético. Este método es una aplicación directa de tres fenómenos fundamentales de la física: dos de las leyes de inducción electromagnética (ley de Faraday y ley de Ampere) y el efecto Joule [3].

De manera esquemática, se va a definir el calentamiento por inducción como un proceso en el que tienen lugar las diferentes fases que se explican a continuación, junto con las ecuaciones correspondientes de forma diferencial:

1. Si por un elemento conductor (elemento 1, primario, bobina en este caso) circula una corriente eléctrica, esta induce un campo magnético en la región (ley de Ampere). Si se trata de una corriente alterna la que circula por el conductor, el campo magnético obtenido es también alterno, es decir, variable en el tiempo. Esta ley se define teóricamente mediante la ecuación diferencial (1), que indica que la circulación de corriente eléctrica por un conductor (por ejemplo, un alambre de cobre) provoca la aparición de un campo magnético "B" rotacional alrededor del alambre, y que el rotor del campo magnético apunta en el mismo sentido que la densidad de corriente "J". En dicha fórmula se incluye el valor de

la constante magnética " $\mu_0$ ", también denominada permeabilidad magnética en el vacío, cuyo valor es  $4\pi \cdot 10^{-7}$  H/m.

$$\nabla \times B = \mu_0 \cdot J \tag{1}$$

2. Si en la región de un campo magnético variable se encuentra expuesto un objeto (elemento 2, secundario, barras de acero en este caso) ferromagnético y conductor, se induce en él una fuerza electromotriz (f.e.m.) que implica que por este elemento circule una corriente eléctrica (ley de Faraday). Dicho de otra manera, el movimiento relativo entre el material y el campo magnético variable causa que los portadores de carga del material conductor se vean sometidos a una fuerza (f.e.m.) y el movimiento de estas cargas genera una corriente eléctrica inducida dentro del conductor. La corriente inducida en el elemento 2 se denomina "corriente de Foucault", en inglés *Eddy currents*. Estas corrientes circulares crean electroimanes con campos magnéticos que se oponen al efecto del campo magnético aplicado (ley de Lenz). Teóricamente, la ley se define mediante la ecuación (2), que indica que el rotacional de un campo eléctrico "E" es proporcional a la variación del campo magnético "B" en el tiempo, incluyendo el signo negativo argumentado mediante la ley de Lenz.

$$\nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t} \tag{2}$$

3. Por último, la circulación de estas corrientes de Foucault a través del material (barras de acero en este caso) genera pérdidas de energía, lo que deriva en un calentamiento de la pieza en cuestión (efecto Joule). El efecto Joule es un fenómeno irreversible por el cual, si por un conductor circula una corriente eléctrica "I", parte de la energía cinética de los electrones se transforma en calor "Q". Esto sucede a causa del movimiento desordenado de los electrones que origina continuas colisiones con los núcleos atómicos del material, lo que concluye en una pérdida de energía cinética y un aumento de temperatura del material. El calor generado/energía térmica disipada por la circulación

de la corriente "Q [J]" se define en la ecuación (3) a partir de la potencia disipada por el conductor "P [W]" y del tiempo durante el que circula la corriente por el conductor "t [s]". En la fórmula también aparecen los parámetros "R [ $\Omega$ ]", que es la resistencia que opone el conductor al paso de la corriente, e "I [A]", que es la corriente eléctrica que circula por el material.

$$Q = P \cdot t = I^2 \cdot R \cdot t \tag{3}$$

En la figura 1 se visualiza lo explicado previamente. Mediante la circulación de corriente alterna (CA) a través de una bobina (elemento primario, conductor), se genera un campo magnético alterno. La pieza de acero a calentar (elemento secundario, conductor y ferromagnético), atrae las líneas de campo magnético a su interior y comienza la circulación de corriente eléctrica en el cuerpo [4]. Las corrientes inducidas en el elemento secundario, fluirán en función de un parámetro denominado efecto pelicular/profundidad de piel, en inglés *skin effect*, que determina que a mayor frecuencia del campo magnético alterno, la circulación de la intensidad por la pieza se realizará de manera más superficial [5]. En el presente caso, interesa emplear una elevada frecuencia porque no se busca el calentamiento interno del elemento ferromagnético, sino el calentamiento superficial de este para que luego se transfiera por conducción al material contiguo.

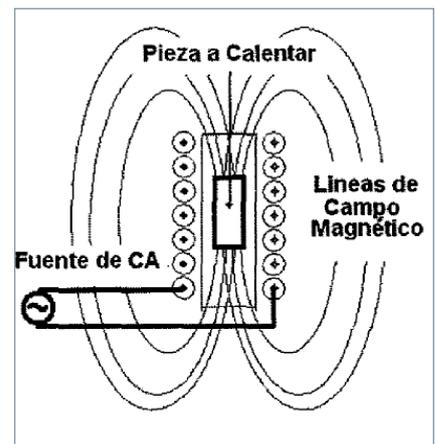


Figura 1. Calentamiento por inducción de una pieza conductora [4].

La gran ventaja de este proceso es conseguir el calentamiento gracias a la creación de un campo magnético, sin necesidad de que la fuente del calentamiento, en este caso una bobina, se encuentre en contacto directo con el destinatario de este calentamiento, que en el presente estudio son las barras de acero. Una ventaja adicional de este método se basa en la capacidad de calentamiento selectivo, pudiendo elegir las zonas en las que se desea calentar el material. Además, se trata de un proceso limpio, eficiente y controlado que se puede repetir las veces que se desee.

### Agrietamiento del material

En este artículo se emplea la teoría de fallo clásica analizando las tensiones que se obtienen en los poros del hormigón debido a la presión ejercida por el vapor de agua en ellos. Una de las características más significativas del hormigón es que tiene una alta resistencia a compresión y baja a tracción, lo que significa que se trata de un material no equirresistente. Se ha decidido emplear la teoría de fallo de Rankine, porque es el criterio de fallo más sencillo, y es válido por ser el más restrictivo. Este método también se denomina “criterio de la máxima tensión normal” e indica que si el máximo de las tensiones principales generadas en el componente ( $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$ ,  $\sigma_3$ ) supera o iguala la tensión de rotura del material ( $\sigma_R$ ) (de tracción o compresión), se dará el fallo del material. Por tanto, en el desarrollo del procedimiento se deberán obtener las tensiones generadas en las superficies de los poros del bloque de hormigón y compararlas con la resistencia a tracción y a compresión correspondientes.

Para la obtención de la resistencia media a tracción y a compresión, se necesita definir el hormigón utilizado en la investigación. Se han realizado cálculos utilizando el hormigón HA-25, que es el mínimo permitido por la normativa para hormigones estructurales. Además, los fabricantes de infraestructuras ferroviarias suelen emplear hormigones de mayor resistencia, HA-50. En consecuencia, se han desarrollado los cálculos con ambos tipos de hormigones, ya que el hormigón HA-25 tiene interés puesto que puede abrir líneas de investigación futuras en aplicaciones diferentes de las ferroviarias.



Figura 2. Diferentes vistas del modelo de calentamiento por inducción ensayado experimentalmente.

La resistencia media a tracción “ $f_{tm}$ ” (MPa) se obtiene a partir de la ecuación (4), siendo “ $f_{ck}$ ” (MPa) la resistencia característica a compresión del hormigón a los 28 días.

$$f_{tm} = 0,3 \cdot \sqrt[3]{f_{ck}^2} \quad (4)$$

Para el caso de HA-25:

$$f_{tm} = 0,3 \cdot \sqrt[3]{25^2} = 2,57 \text{ MPa}$$

Para el caso de HA-50:

$$f_{tm} = 0,3 \cdot \sqrt[3]{50^2} = 4,07 \text{ MPa}$$

Por tanto, se busca el fallo del hormigón debido a la tracción ejercida por la evaporación del agua de los poros, para lo que se comparan las tensiones generadas a tracción con la resistencia a tracción media del hormigón, que en caso de suponer un hormigón HA-50, es 4,1 MPa.

### Ajuste con modelo experimental

Antes de estudiar el calentamiento del bloque perteneciente a la vía en placa, se han simulado mediante el programa COMSOL [6-8] varias pruebas consistentes en una bobina helicoidal que calienta por inducción una probeta de mortero con una barra de acero en su interior. Se introducen en el programa las propiedades de los materiales y se obtienen las temperaturas de la barra de acero. Dichos resultados se comparan con los resultados de temperaturas obtenidos en ensayos experimentales de los autores de este artículo.

Los parámetros de inducción electromagnética pertenecientes a la fuente

de energía (la bobina) son la corriente eléctrica alterna (888 A, valor RMS) y la frecuencia de trabajo (24 kHz). La bobina inductora es de tipo helicoidal con 9 vueltas, un diámetro interior de 170 mm y una altura de 290 mm, como se observa en la figura 2.

Por su parte, la probeta de mortero tiene forma de paralelepípedo y unas dimensiones de 40 mm de lado y una longitud de 160 mm mientras que la barra de acero tiene una longitud de 150 mm y un diámetro variable en función de la probeta correspondiente. Se han ensayado un total de 9 pruebas con diferentes probetas, correspondientes a 3 diámetros diferentes de la barra de acero (8, 10 y 12 mm). Por tanto, las pruebas experimentales realizadas se han denominado de la siguiente manera: 1ø8, 2ø8, 3ø8, 1ø10, 2ø10, 3ø10, 1ø12, 2ø12 y 3ø12.

En la figura 2 se visualiza el sistema ensayado de manera experimental que contiene la bobina de cobre y la probeta de mortero con una barra de acero, aunque esta última no se observa por estar en el interior de la probeta.

En la figura 3 se muestra una de las probetas ensayadas con la identificación en la superficie de la probeta. En las figuras 2 y 3 se aprecia que, unido a las probetas, se encuentran dos cables correspondientes a los termopares, que proporcionan la temperatura a lo largo del calentamiento en el punto medio de la barra de acero y también en el extremo. Estos son los resultados con los que se comparan las temperaturas obtenidas mediante la simulación computacional.

En la figura 4 se visualiza el modelo desarrollado en COMSOL que con-



Figura 3. Probeta 3 correspondiente a la barra de diámetro 8 mm.

tiene todos los elementos del modelo ensayado experimentalmente.

Los parámetros geométricos (disposición de la bobina, probeta y barra) y de entrada (intensidad y frecuencia del equipo inductor) son los mismos que en el ensayo experimental. Ha sido laborioso definir correctamente las propiedades de los diferentes materiales para la obtención de las temperaturas en los puntos de interés. Concretamente, se ha comprobado que la conductividad térmica del hormigón y la permeabilidad del acero no son valores constantes, sino que varían con la temperatura. La conductividad térmica del acero es  $52,335 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$  y la del hormigón se encuentra en el rango de valores entre 1,35 y  $2 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ , además de variar con la temperatura según se muestra en Millard *et al.* [9]. Por otro lado, se ha observado experimentalmente que la permeabilidad relativa del acero va aumentando hasta alcanzar el valor de 37, y disminuye a partir de la temperatura de Curie ( $768 \text{ }^\circ\text{C}$ ) hasta el valor unidad.

En la figura 5 se muestra una gráfica correspondiente a la temperatura en el punto medio de la barra de acero. Se visualiza la evolución de la temperatura que alcanza ese punto a lo largo del tiempo, hasta una duración de calentamiento de 250 segundos. En esta figura, se muestran los resultados de tres pruebas simuladas en COMSOL correspondientes a un diámetro de la barra de acero de 10 mm y a diferentes conductividades térmicas del hormigón: PRUEBA 1 ( $1,35 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ ), PRUEBA 2 ( $2 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ ) y PRUEBA 3 con un valor de  $3 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ , para estudiar el comportamiento con diferentes conductividades térmicas, además de las pruebas experimentales denominadas 1ø8, 2ø8, 3ø8, 1ø10, 2ø10, 3ø10, 1ø12, 2ø12 y 3ø12.

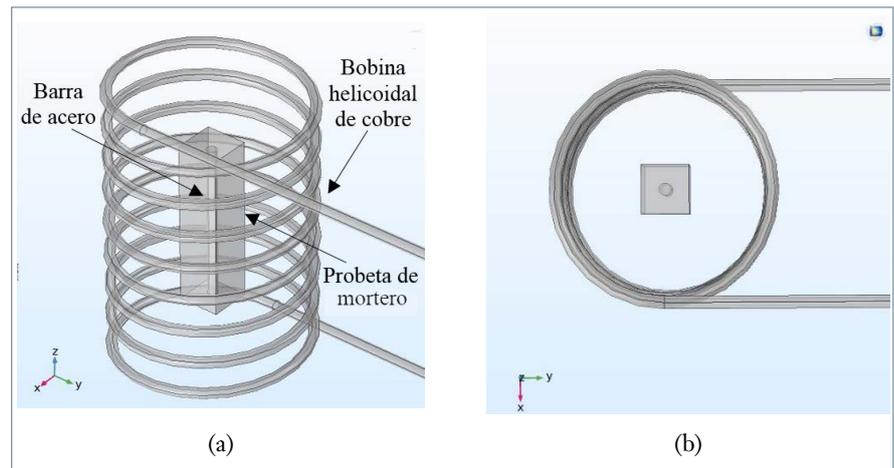


Figura 4. Diferentes vistas del modelo de calentamiento por inducción desarrollado en COMSOL.

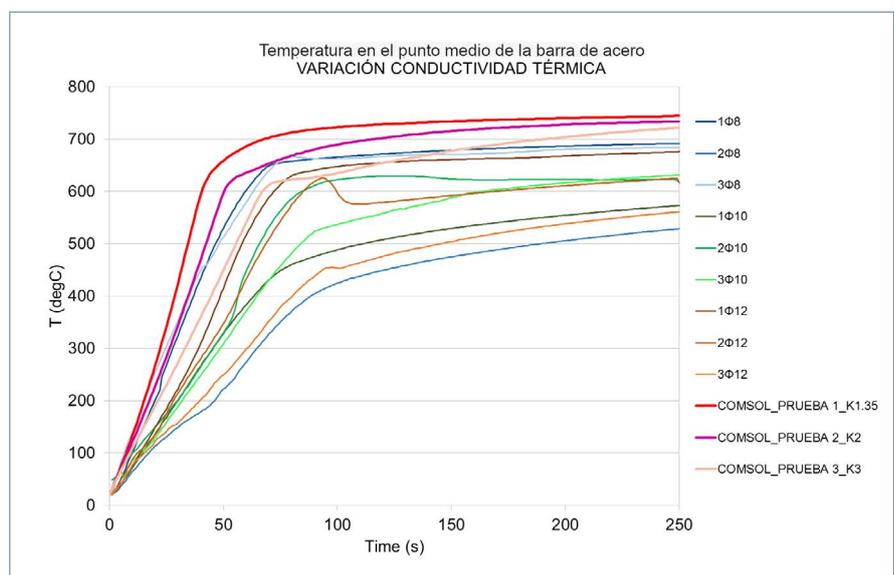


Figura 5. Evolución de la temperatura en el punto medio de la barra de acero con el tiempo.

En la gráfica se aprecia que los resultados experimentales son muy diferentes entre sí, lo que se puede deber a que los termopares no se han soldado a las barras y, por tanto, las medidas pueden no corresponder al punto deseado con exactitud.

#### Aplicación de corrientes de inducción al desmontado eficiente de vías en placa ferroviarias

La configuración de la vía en placa de estudio se muestra en la figura 6 y consiste en dos bloques prefabricados, inferior y superior, que contienen en su nexo de unión un elastómero (elemento de color rojo en la figura 6), que se vierte en estado líquido y fragua posteriormente. Sobre este conjunto de bloques se colocan los carriles con

las correspondientes sujeciones y elastómeros adicionales.

En el proceso de construcción de este tipo de vía se coloca el conjunto completo (carril y sujeciones, bloque superior, elastómero entre bloques y bloque inferior) prefabricado a lo largo de la vía y, posteriormente, se vierte *in situ* hormigón hasta cubrir por completo el bloque inferior. De este modo, se obtiene una losa de hormigón continua horizontal. Esta disposición de los elementos se aprecia en la figura 7, en la que se visualiza la forma de cola de milano que tiene el bloque superior, lo que dificulta la separación de los dos bloques. Durante el funcionamiento habitual de la vía ferroviaria es deseable que la adhesión bloque superior-bloque inferior mediante el

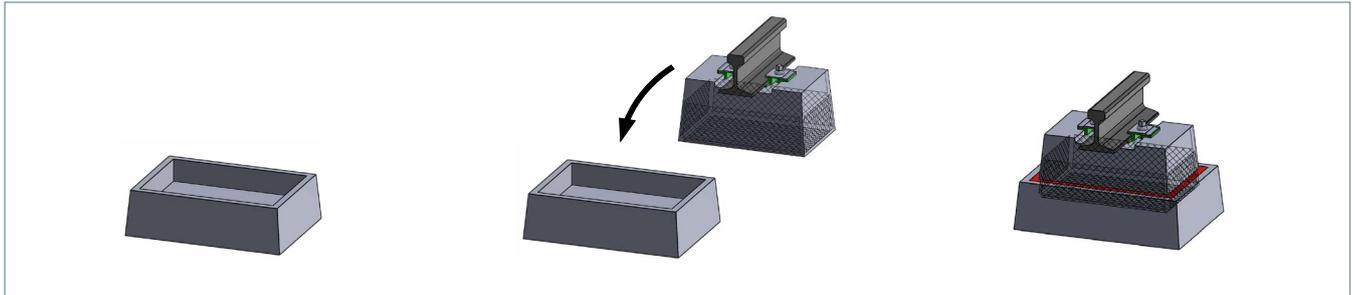


Figura 6. Proceso de fabricación de la vía en placa a estudiar [10].

elastómero sea efectiva, pero no es así cuando el objetivo es separar los dos bloques, como es el caso.

En esta investigación se ha estudiado un método para que, en caso de que se requiera reparar o sustituir el bloque superior, no sea necesario demoler toda la vía por completo, sino que se pueda desmontar el bloque superior sin que los elementos inferiores (losa y bloque inferior) se dañen y, por tanto, se puedan seguir utilizando, consiguiendo así un desmontado eficiente de la vía en placa. En consecuencia, se busca separar la zona de nexo entre el bloque superior y el inferior mediante el agrietamiento de la zona superficial de contacto del bloque superior. Lógicamente, antes de comenzar con el proceso de desmontaje de la vía en placa, se deben retirar los carriles y correspondientes sujeciones.

Las altas tensiones en las aristas de los poros de la zona superficial del bloque superior se consiguen mediante la incorporación de materiales ferromagnéticos y conductores, en este caso barras de acero, en la zona superficial que se desea agrietar. El proceso consiste en aplicar, a través de una bobina de cobre, un campo magnético con el que se inducen corrientes eléctricas en las barras de acero insertadas en el bloque. Debido a la circulación de corriente por las barras, estas se calientan elevando las temperaturas del bloque de hormigón completo.

Al calentarse todo el bloque de hormigón, también lo hace el agua que se encuentra en los poros del hormigón. El agua, al superar los 100 °C, se evapora y ejerce presión sobre las paredes de los poros del hormigón. Si la presión ejercida es suficientemente alta, las tensiones generadas en el hormigón serán superiores a su resistencia a tracción y el hormigón falla, por lo que surge un agrietamiento en la zona

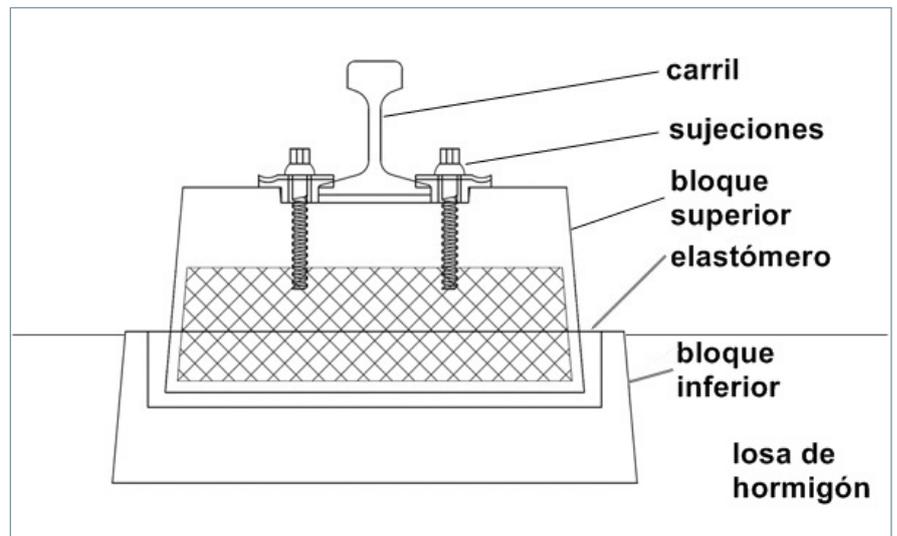


Figura 7. Sección transversal de la vía en placa a estudiar [10].

donde se han colocado las barras. En el caso de estudio, interesa agrietar y fracturar la zona de contacto entre bloque superior e inferior de la figura 7, por lo que las barras de acero se colocan lo más cerca posible de la superficie del bloque superior de hormigón, dejando el recubrimiento necesario.

Una vez agrietado el bloque en la zona deseada, con las herramientas correspondientes se extraería el bloque superior, se retira el elastómero residual y se procede a la colocación de un bloque superior y elastómero nuevos.

#### Modelización por elementos finitos del calentamiento por inducción del bloque de la vía en placa

En la figura 8 se muestra el modelo desarrollado en COMSOL consistente en un bloque de hormigón, con las barras de acero y añadiendo unos cubos que simulan los poros con agua del hormigón poroso. Cabe destacar que los poros del hormigón tienen un tamaño muy pequeño en la realidad, aunque en las simulaciones se han uti-

lizado dimensiones en forma de cubo de 6 mm de lado para simular el poro, porque un tamaño menor supone un gasto computacional demasiado elevado.

En la figura 9 se muestran las líneas del “eje x” ( $y = 0$ , en el centro del bloque) de las que se va a mostrar la temperatura. Las líneas (roja, morada y azul) con las cotas impares pasan por el centro de las barras de acero, mientras que las líneas (verde y amarilla) con las cotas pares corresponden a los poros de agua (todos los centros situados en  $x = 0,13$  m).

En la figura 10 se muestra un gráfico con las temperaturas alcanzadas tras 5 minutos de calentamiento por inducción a lo largo de los ejes x definidos en la figura 9. La temperatura en la barra central (línea roja,  $z = 0,03$  m) es la que mayores temperaturas alcanza (400 °C), seguida de las barras de los lados (líneas morada y azul,  $z = 0,05$  y  $0,01$  m), que superan los 350 °C. Los poros húmedos (línea verde y amarilla,  $z = 0,04$  y  $0,02$  m), por su parte, tam-

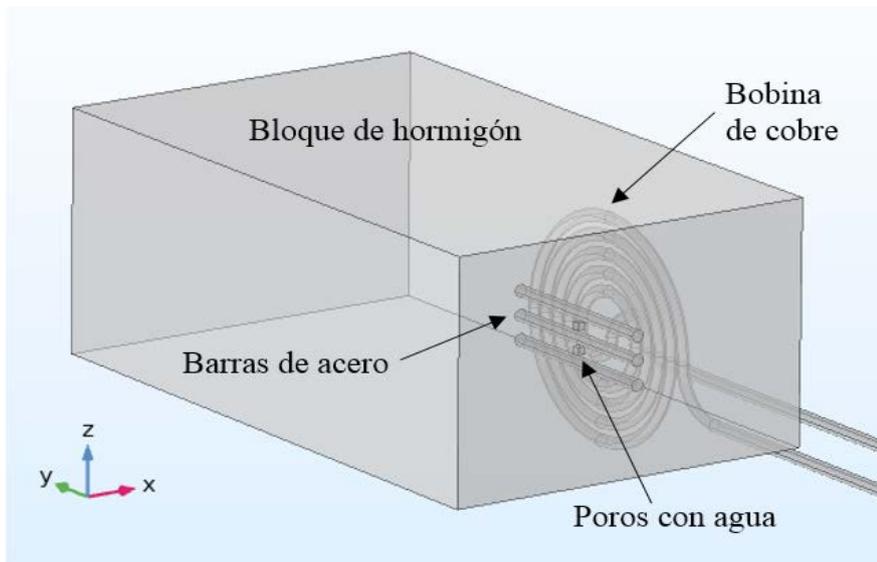


Figura 8. Modelo en COMSOL del bloque perteneciente a la vía en placa.

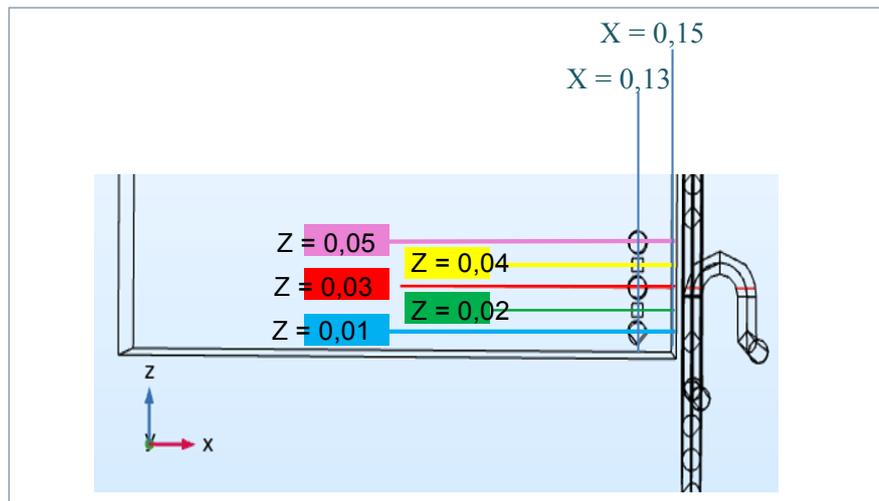


Figura 9. Ejes x definidos en el bloque (y = 0).

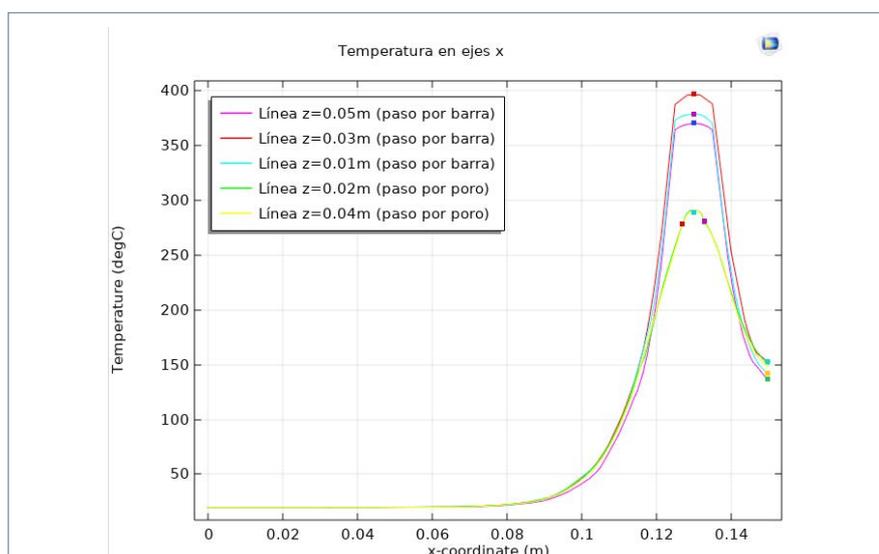


Figura 10. Temperatura alcanzada por los diferentes puntos de los ejes x (fig. 9) a los 5 minutos de calentamiento.

bién presentan un pico de crecimiento de temperatura en  $x = 0,13$  m, debido al calor por conducción transferido desde las barras, superando en los puntos destacados los  $250$  °C.

Las temperaturas de los puntos destacados en las líneas que pasan por las barras se muestran en la tabla 1.

Por otro lado, en la figura 11 se muestran 5 puntos de uno de los poros estudiados. Estos puntos se han destacado para mostrar la temperatura que han alcanzado a los 5 minutos de calentamiento, y esta temperatura es la que se utiliza para estudiar si el material falla.

A continuación, en la tabla 2 se muestran las temperaturas alcanzadas por los puntos destacados de los poros. Las temperaturas en los diferentes puntos de los poros con agua superan todas los  $250$  °C, pero no los  $300$  °C. Para estudiar el agrietamiento del bloque en ANSYS, en el siguiente epígrafe, se supone que todos los puntos del poro alcanzan la misma temperatura y con ese dato se obtiene la presión de expansión ejercida en las paredes del poro debido al calentamiento y a la evaporación del agua. Con la presión obtenida, se estudia si el material falla. Por tanto, se ha decidido que la temperatura utilizada en el siguiente epígrafe sea  $250$  °C, que es el valor superado por todos los puntos de interés.

### Estudio del agrietamiento

Tras la obtención de las temperaturas que alcanzan los poros de agua, se procede a calcular, mediante la expansión del vapor de agua, que genera presiones en el hormigón, las tensiones de la zona superficial del bloque. En la tabla 3 se muestran la relación temperatura-presión del agua saturada en la que se obtiene la presión ejercida por el vapor de agua al alcanzar diferentes temperaturas.

En la tabla 3 se observa que las gotas de agua tras el calentamiento por inducción durante 5 minutos superaban todas los  $250$  °C, por lo que se supone una presión ejercida hacia el hormigón por parte del agua evaporada de  $3.973$  MPa.

El estudio de las tensiones del material se ha analizado mediante el programa ANSYS [11] modelizando un elemento de hormigón con un hueco en medio (mismas dimensiones del

Distancia x en el eje	Temperatura en z = 0,01 m	Temperatura en z = 0,03 m	Temperatura en z = 0,05 m
Centro de la barra de acero (x = 0,13 m)	379 °C	397 °C	370 °C
Superficie del hormigón (x = 0,15 m)	142 °C	153 °C	137 °C

Tabla 1. Temperatura en el punto del centro de las barras y en la superficie de hormigón.

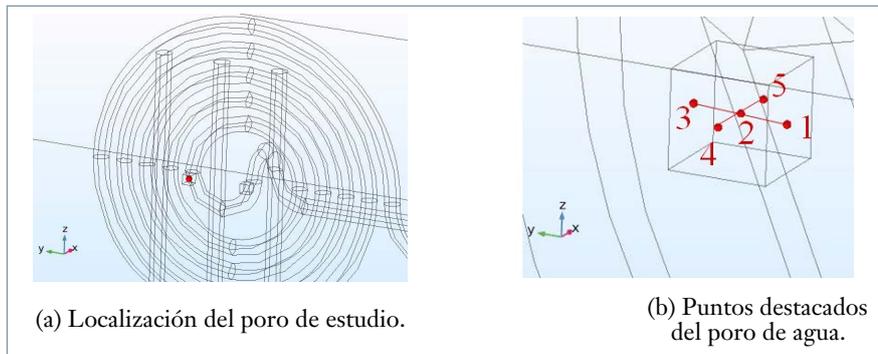


Figura 11. Puntos característicos del poro de agua.

Cota z del eje x	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5
z = 0,02 m	278 °C	289 °C	280 °C	296 °C	303 °C
z = 0,04 m	278 °C	289 °C	281 °C	294 °C	302 °C

Tabla 2. Temperatura en los diferentes puntos del poro de agua.

Temperatura (°C)	Presión (MPa)
100	0,1014
150	0,4758
200	1,554
250	3,973
300	8,581

Tabla 3. Temperatura - Presión del agua saturada (líquido-vapor).

poro en COMSOL), como se aprecia en la figura 12, sin simular el bloque entero de hormigón como en la figura 8. Se considera esta simplificación porque las presiones generadas debido a la expansión del vapor de agua afectan, sobre todo, al material alrededor del hueco.

Tras ejecutar la simulación, se obtienen las tensiones generadas en las tres direcciones (x, y, z), y los valores

son similares entre ellos dado que las presiones ejercidas se han introducido de manera idéntica en todas las paredes del hueco. Las tensiones en el eje x se muestran en la figura 13, en la que se observan las tensiones de tracción generadas etiquetadas, con valores de 4,8, 5,8, 6,3, 6,1 y 5,9 MPa, todos ellos superando la resistencia media a tracción del hormigón HA-50 utilizado en infraestructura ferroviaria, es decir, superando 4,1 MPa (obtenida en el epígrafe *Agrietamiento del material*).

En resumen, tras este análisis en ANSYS, se destaca que el hormigón, teóricamente, fallaría si se alcanza en los poros de hormigón una temperatura del agua de 250 °C o superior.

### Conclusiones

El objetivo de este artículo es presentar la estrategia desarrollada para un futuro diseño de vía en placa ferroviaria con criterios de desmontado eficiente de apoyos mediante la aplicación del calentamiento por inducción. El empleo de esta técnica electromagnética presenta múltiples ventajas como la reducción del ruido, vibraciones, polvo, etc. respecto a los actuales métodos de picado utilizados para el desmontado de los bloques pertenecientes a la vía en placa.

Primero se ha obtenido satisfactoriamente un modelo en COMSOL a partir de los modelos experimentales sobre las probetas ensayadas en laboratorio. De esta manera, se han obtenido los parámetros necesarios para simular correctamente el calentamiento por inducción.

A continuación, se ha simulado el modelo de bloque perteneciente a la vía en placa y se puede afirmar que, mediante unas condiciones de funcionamiento de trabajo de la bobina de inducción dadas (intensidad y frecuencia dentro del rango habitual de equipos comerciales disponibles en el mercado), se puede obtener un calentamiento elevado de las barras de acero pertenecientes al bloque. También se obtiene un calentamiento del agua en los poros del hormigón por encima de los 250 °C.

Además, se ha comprobado utilizando elementos finitos que, mediante el calentamiento por inducción, se obtienen altas tensiones en las aristas de los poros del hormigón, por lo que ocurre el fallo del material, lo que su-

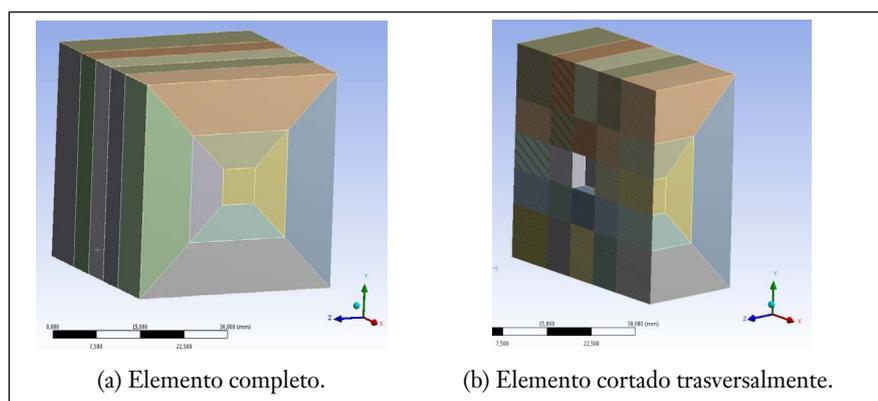


Figura 12. Geometría del elemento de hormigón utilizado en la simulación de ANSYS.

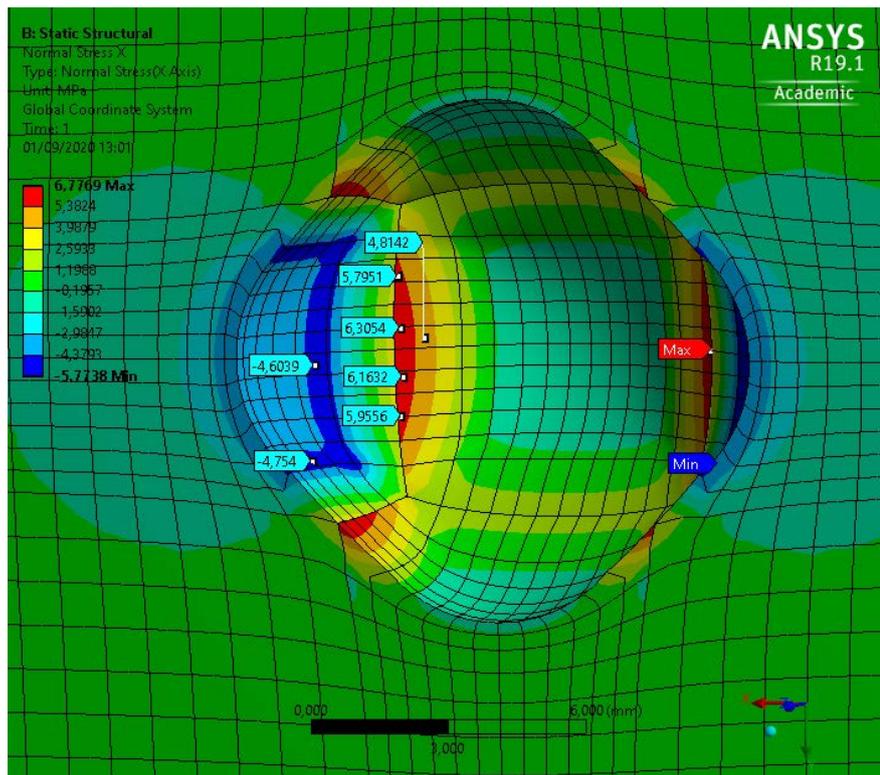


Figura 13. Tensiones normales generadas en dirección x con datos etiquetados (MPa).

pone la fisuración de la superficie del bloque de la vía en placa que se desea agrietar.

En conclusión, esta solución de demolición eficiente permite el calentamiento deseado y posterior agrietamiento en un tiempo suficientemente reducido (5 minutos), por lo que se considera una aplicación válida. Adicionalmente, se recuerda que mediante este método no se necesita contacto directo entre la fuente (bobina induc-

tora) y el objeto a calentar (las barras o fibras de acero), lo cual es una ventaja notable que considerar.

### Agradecimientos

Este trabajo se ha financiado en parte por European Horizon 2020 Joint Technology Initiative Shift2Rail a través del contrato No 101012456 (IN-2TRACK3). Los autores también desean agradecer al Ministerio de Investigación español MICINN/Ministerio

de Economía y Competitividad MI-NECO su financiación a través del contrato PID2019-109483RB-I00, incluida la financiación del Fondo Europeo de Desarrollo Regional FEDER-ERDF, y al Gobierno Vasco por su financiación con IT1764-22 e IT1619-22.

### Referencias

- [1] Ahn J., Noguchi T., Kitagaki R. "Disassembly properties of cementitious finish joints using an induction heating method". *Mater*;8: 2433-53 (2015).
- [2] Lim M., Lee JS. "Economic feasibility of the induction heating method for dismantling structures: Analysis of reinforcement recovery costs based on required demolition equipment". *Int J Appl Eng Res*, 12:13077-83 (2017).
- [3] Acevedo A., Barrero J., Augusto J. "Calentamiento por inducción electromagnética: Diseño y Construcción de un prototipo". *UIS Ingenierías, Volumen 6*, No.1, 69-76 (2007).
- [4] Davies E. J. "Conduction and Induction Heating". *IEE Power Engineering Series II*, 75-85 (1990).
- [5] Lupi S., Forzan M., Alifirov A. "Induction and Direct Resistance Heating, Theory and Numerical modeling", 8-12 (2015).
- [6] Djellabi K., Latreche M. E. H. "Induction Heating Process Design Using Comsol Multiphysics Software Version 4.2". *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Electrical and Computer Engineering, Vol 8*, No:1, (2014).
- [7] AC/DC Module: User's Guide, COMSOL MULTIPHYSICS, (2018).
- [8] Heat Transfer Module: User's Guide, COMSOL MULTIPHYSICS, (2018).
- [9] Millard A., Pimienta P. (Eds.). "Modelling of Concrete Behaviour at High Temperature" State-of-the-Art Report of the RILEM Technical Committee 227-HPB. *Springer, Cham*. (2019).
- [10] Borinaga R. et al. "Deliverable D.3.2 Track and track component design and performance, demonstrators and simulations", *Proyecto In2Track2, Shift2Rail*, UPV/EHU (2020).
- [11] Zecher J. "ANSYS Workbench Software, Tutorial with Multimedia CD". *SDC Publications* (2009).

Incluye un acceso durante un año a **CISS Prevención de Riesgos Laborales**, Base de Datos especializada en PRL valorada en 462€.

Formación

# Máster Universitario en Prevención de Riesgos Laborales

PLAZAS LIMITADAS

La Prevención de Riesgos Laborales continúa siendo una materia imprescindible en todas las empresas. Por este motivo la demanda de profesionales orientados y formados en PRL es cada vez mayor en el mercado.

**Consigue el título máster y obtén tu gran ventaja competitiva.**

## Metodología

Una metodología didáctica online cuyo objetivo es que dispongas de tu propio ritmo de estudio, decidiendo cuándo y cómo estudiar y, por tanto, totalmente compatible con tu actividad profesional. Podrás acceder desde cualquier lugar al aula virtual, donde encontrarás el temario del máster y la documentación de soporte.

Contarás con un seguimiento y atención personalizados proporcionados por los tutores en la misma plataforma y también por correo electrónico y vía telefónica.

Tendrás un aprendizaje activo y colectivo, a través del intercambio de conocimiento y experiencias en los foros.

Contarás además, con el apoyo de sesiones síncronas.

La evaluación será continua y formativa y se adaptará al carácter de las asignaturas y las competencias a evaluar. La nota final será la media, según la ponderación establecida de la calificación de las distintas actividades de cada asignatura: test de evaluación, casos prácticos, cuestionarios de preguntas cortas, test de seguimiento y participación en las diferentes actividades del aula virtual.

## Programa

Permite cursar el **Título de Máster Universitario en Prevención de Riesgos Laborales**, adaptado al Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), nivel 3 del MECES y nivel 7 del EQF.

Incluye las 3 especialidades:

- Seguridad
- Higiene
- Ergonomía

**Máster Universitario en Prevención de Riesgos Laborales** por la Universidad Francisco de Vitoria con **3 especialidades**: Seguridad, Higiene y Ergonomía.

Precio del Máster Completo

**2.950€**

Descuento por inscripción anticipada del 10% sobre honorarios de matrícula

**2.704€**

Antes del 29 de julio

**Condiciones especiales para colegiados que ya poseen el título de Técnico Superior en PRL\***

Alumnos que ya poseen el título de TSPRL con 1, 2 o 3 especialidades

Beca

**36,60%**

Precio total Máster

**1.870€**

\*Se concederán siempre que acrediten poseer el título de Técnico de Nivel Superior en PRL (conforme al artículo 37.2 del Real Decreto 39/1997).



Créditos: 60 ECTS



Modalidad: e-learning



Fecha inicio: **27 Octubre 2022**  
Fecha final plazo admisión: Sept. 2022 (plazas limitadas)  
Fecha fin: **Junio 2023**



Con el apoyo docente de reconocidos **expertos en la materia**



Precio total del Máster: 2.950€ (Posibilidad de pago fraccionado)

**Precio por inscripción anticipada: 2.704€**

**(Antes de 29 de Julio de 2022 supeditado a plazas disponibles)**



Programa **bonificable** en los seguros sociales (Fundación Estatal para la Formación en el Empleo- FUNDAE).



Acceso a la base de datos **CISS Prevención Riesgos Laborales**



Potencia tu Networking



Máster Universitario en Prevención de Riesgos Laborales por la **Universidad Francisco de Vitoria**. Verificado por la ANECA.

Infórmate ahora

Para más información así como para formalizar la matrícula, pueden ponerse en contacto con **Luis Antonio Durán**, en el teléfono **699 49 77 51**, o por e-mail **aduran@wke.es**

## Premio a la Innovación Tecnológica, Empresarial y Sostenibilidad, y a los mejores artículos técnicos

Los premios de la Fundación Técnica Industrial se entregaron el pasado 10 de junio, en el salón de actos del Colegio de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid (COGITIM), en formato híbrido (presencial y telemático). La empresa Jeanología, tecnologías innovadoras para la industria textil, recibió el Premio a la Innovación Tecnológica, Empresarial y Sostenibilidad de la Fundación Técnica Industrial, en su primera edición.

El acto comenzó con las palabras de bienvenida del **presidente del Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España (COGITI) y de la Fundación Técnica Industrial, D. José Antonio Galdón Ruiz**, que felicitó a los premiados y agradeció al presidente de la Conferencia de Directores de Escuelas de Ingeniería del ámbito industrial, José Luis Canito Lobo, su participación en este acto y también como miembro del jurado, en ambos premios. El jurado del I Premio a la Innovación Tecnológica, Empresarial y Sostenibilidad ha contado también con el Subdirector General de Calidad y Seguridad Industrial, de la Dirección General de Industria y de la Pyme (Ministerio de Industria, Comercio y Turismo), José Manuel Prieto Barrio, entre otros.

“La revista se constituyó en 1952, como órgano de la entonces denominada Asociación Nacional de Peritos Industriales, para compartir conocimientos y difundir tecnología entre los compañeros, que constituye una de las esencias de lo que son en sí las publicaciones científicas”, señaló. También se refirió a los inicios de la profesión de Ingeniero Técnico Industrial, a mediados del siglo XIX, “que nació porque había una gran demanda de profesionales técnicos y cualificados para que pusieran en marcha el nuevo tejido industrial que en aquellos momentos empezaba a forjarse en España”, destacó.

En cuanto a la revista Técnica Industrial, Galdón recordó que está abierta a toda la sociedad, y que desde marzo de 2020, cuando comenzó la pandemia por la Covid-19, tiene todo el contenido en abierto, con el fin de tener una mayor difusión. Asimismo, recalcó la colaboración que mantienen todos los Colegios de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales con la revista, editada por la Fundación Técnica Industrial, de la que son todos patronos, y el apoyo que muestra siempre a la publicación este colectivo profesional, formado por más de 80.000 colegiados y colegiadas de toda España.

Sobre los artículos técnicos premiados, reconoció que como miembro del



Cristina Castejón, José Antonio Galdón y José Luis Canito (de izda. a dcha.), en la mesa presidencial, y Santiago Crivillé en la pantalla, durante el acto de entrega de los premios de la Fundación Técnica Industrial.

comité de evaluación, había sido muy difícil decantarse por unos en concreto, debido a la gran calidad de todos ellos. Por último, agradeció, “por el trabajo que llevan a cabo en el publicación”, a Enrique Soriano, secretario del Consejo de redacción de la revista Técnica Industrial, y a su directora, Mónica Ramírez, a quien disculpó, ya que no pudo asistir al acto, “como le hubiera gustado”, por motivos personales.

También tuvo unas palabras de felicitación y agradecimiento a Jeanología, la empresa ganadora del I Premio a la Innovación Tecnológica, Empresarial y Sostenibilidad, con sede en Paterna (Valencia). “La sostenibilidad nos hace mejores a todos, pues satisface todas las necesidades de la sociedad actual, pero tratando de dejar una vida mejor a las futuras generaciones, a aquellos que nos van a seguir”, expresó.

### Conferencia “Metodología para la publicación de artículos técnicos y medición del índice de impacto”

A continuación, tomó la palabra **Santiago Crivillé, gerente de la Fundación Técnica Industrial**, que dio paso a la

conferencia titulada “Metodología para la publicación de artículos técnicos y medición del índice de impacto”, a cargo de **Cristina Castejón**, Ingeniera Industrial desde 1998 y doctora dentro del programa de Tecnologías Industriales desde 2002 por la Universidad Carlos III de Madrid (UC3M). Ha publicado más de 40 artículos, de los cuales 26 se encuentran en revistas de impacto inscritas en JCR, tiene 6 capítulos de libro, y ha participado con sus publicaciones en numerosos congresos. Además, ha participado en más de 30 proyectos de investigación y desarrollo.

En su conferencia, habló sobre la manera de difundir el trabajo de investigación que llevan a cabo los ingenieros, ya sea a través de la publicación de artículos técnicos en revistas, en capítulos de libros, mediante creaciones artísticas y profesionales, o por sus aportaciones en Congresos y seminarios.

“El objetivo fundamental es que el trabajo de un investigador pueda ser transferido y hacerlo visible en la sociedad. Es lo que se denomina *Open science* o ciencia abierta, el movimiento para hacer que la investigación científica y su difu-



Cristina Castejón pronuncia su conferencia sobre "Publicación de artículos técnicos y medición del índice de impacto".

sión sean accesibles a todos los niveles de una sociedad, sean investigadores, aficionados o profesionales", explicó.

"Los investigadores tienen que publicar sus trabajos, porque si no, nadie sabe que los has hecho", afirmó. De esta manera, se reconoce ese trabajo en la sociedad, como experto en la materia de que se trate. Además, esto les permite también entrar en contacto con otros colegas y con líneas de conocimiento con las que se puedan crear sinergias.

A continuación, explicó la metodología para la publicación de artículos en una revista científica, como es Técnica Industrial, "revisada por pares" por expertos revisores en la materia de que se trate, cuyas conclusiones sobre la idoneidad de aceptar o rechazar el artículo en cuestión son trasladadas al editor, que es quien toma la decisión final en cuanto a su publicación.

### Premios a los Mejores Artículos Técnicos

Tras la conferencia de Cristina Castejón, comenzó la entrega de premios a los mejores artículos técnicos publicados entre los números 321 y 327 de la revista Técnica Industrial:

- **Modalidad B: INNOVACIÓN TECNOLÓGICA**", Premio Valencia dotado con 600 €, al artículo "**Big data para comprender el entorno: estudio de la transición a vehículos eléctricos**", cuyos autores son Asier Murcia Gila y Manuel Enrique Islán Marcos.

Hicieron entrega del premio Angélica Gómez González, patrona de Valencia (decana de COGITI Valencia), y José Luis Langa Bañegil, secretario del Patrono de Valencia, que recogió Manuel Enrique Islán Marcos.

- **"Modalidad C: INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE"**, Premio Canarias, perteneciente a los patronos de Santa Cruz de Tenerife y Las Palmas, y dotado con 1.200 €, al artículo "**¿Por qué es necesario seguir desarrollando motores de combustión para luchar contra la crisis climática global desde la perspectiva del transporte?**", cuyos autores son José Ramón Serrano Cruz, Raúl Payri Marin, Bernardo Tormos Martínez, y Alejandro Gómez Vilanova.

Entregó el premio Antonio Miguel Rodríguez Hernández, patrono de Santa Cruz de Tenerife (decano de COITITF), que recogió uno de los autores: José Ramón Serrano Cruz.

- **"Modalidad E: DIVULGACIÓN TÉCNICA"**, Premio Aragón, dotado con 1.000 €, al artículo "**Iluminación de fuentes ornamentales mediante tecnología led. Prescripciones de reglamentos y normativa aplicable a la instalación eléctrica e iluminación**", cuyo autor es Carlos de la Fuente Borreguero.

Hizo entrega del premio Juan Carlos Dueñas Marina, vocal 5º del Patrono de Aragón, que recogió el autor, Carlos de la Fuente Borreguero.

- **"Modalidad F: SOSTENIBILIDAD, EFICIENCIA ENERGÉTICA Y MOVILIDAD"**, Premio COGITISE dotado con 1.000 €, al artículo titulado "**Microredes híbridas, una solución para países en vías de desarrollo**", cuyos autores son Paula Bastida Molina, Elías Hurtado-Pérez, Carlos Vargas-Salgado y David Ribó-Pérez.

Entregó el premio Ana María Jáuregui Ramírez, Patrona de Sevilla, que fue recogido por una de las autoras: Paula Bastida Molina.

- **MODALIDADES A Y A1**, en las que participaron los artículos ganadores en las modalidades anteriores.

En primer lugar, dentro de la **"Modalidad A: MEJORES ARTÍCULOS TÉCNICOS"**, Premio FUNDACIÓN TÉCNICA INDUSTRIAL, dotado con 750 €, más otros 250 € en servicios del Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España (COGITI) y la Fundación Técnica Industrial, el artículo ganador fue el titulado "**¿Por qué es necesario seguir desarrollando motores de combustión para luchar contra la crisis climática global desde la perspectiva del transporte?**", cuyos autores son José Ramón Serrano Cruz, Raúl Payri Marin, Bernardo Tormos Martínez y Alejandro Gómez Vilanova.

Entregó el premio José Antonio Galdón Ruiz, presidente de la Fundación Técnica Industrial y de COGITI, que recogió José Ramón Serrano Cruz.

Dentro de esta Modalidad A se encuentra también el **Premio Unión de Asociaciones**, dotado con 600 €, que fue para el artículo "**La nanotecnología en las energías renovables: análisis de aplicaciones desarrolladas, reducción de costes y derechos de propiedad industrial**", cuyos autores son Francisco-Javier Moledo Froján y Gaizka Orbeuzua Fernández.

Hizo entrega del premio Juan Ignacio Larraz Plo, presidente de la Unión de Asociaciones de Ingenieros Técnicos Industriales y Graduados en Ingeniería de la rama industrial de España (UAITIE), y que recogió Francisco-Javier Moledo Froján.

Por último, ya en la **"MODALIDAD A1: MEJORES INFORMES TÉCNICOS"**, Accésit de FUNDACIÓN TÉCNICA INDUSTRIAL, dotado con 250 €, más otros 250 € a utilizar en servicios del Consejo General y la Fundación Técnica Industrial, al Informe Técnico "**Guía rápida del programa de evaluación de emplazamientos eólicos WASP 11**", cuyos autores son Pablo Zapico Gutiérrez, Pedro García Merayo, Fernando Silván y José Alejandro Alonso de Linaje Díez.

Entregó el premio José Luis Canito Lobo, presidente de la Conferencia de Directores de Escuelas de Ingeniería de Ámbito Industrial, que recogió el patrono de León (decano de COPITI León), Miguel Ferrero Fernández, en representación del autor Pablo Zapico Gutiérrez.



- 1** Entrega del Premio Valencia al artículo "Big data para comprender el entorno: estudio de la transición a vehículos eléctricos".
- 2** Entrega del Premio Canarias al artículo "¿Por qué es necesario seguir desarrollando motores de combustión para luchar contra la crisis climática global desde la perspectiva del transporte?"
- 3** Entrega del Premio Aragón al artículo "Iluminación de fuentes ornamentales mediante tecnología led. Prescripciones de reglamentos y normativa aplicable a la instalación eléctrica e iluminación".
- 4** Entrega del Premio COGITISE (Sevilla) al artículo "Microrredes híbridas, una solución para países en vías de desarrollo".
- 5** Premio FUNDACIÓN TÉCNICA INDUSTRIAL al artículo "¿Por qué es necesario seguir desarrollando motores de combustión para luchar contra la crisis climática global desde la perspectiva del transporte?"
- 6** Entrega del Premio Unión de Asociaciones al artículo "La nanotecnología en las energías renovables: análisis de aplicaciones desarrolladas, reducción de costes y derechos de propiedad industrial".
- 7** Accésit de FUNDACIÓN TÉCNICA INDUSTRIAL al Informe Técnico "Guía rápida del programa de evaluación de emplazamientos eólicos WASP 11".



José Ramón Serrano, uno de los autores del artículo que recibió el Premio Fundación Técnica Industrial (Modalidad A: Mejores Artículos Técnicos), durante su conferencia.

### Conferencia sobre el artículo ganador del Premio Fundación Técnica Industrial

Una vez entregados los premios a los mejores artículos técnicos, uno de los autores ganadores del Premio Fundación Técnica Industrial (Modalidad A: Mejores Artículos Técnicos), José Ramón Serrano, pronunció una conferencia sobre dicho artículo titulado **“¿Por qué es necesario seguir desarrollando motores de combustión para luchar contra la crisis climática global desde la perspectiva del transporte?”**

Este artículo se publicó en el nº 324 de Técnica Industrial, en noviembre de 2019, con el siguiente resumen (abstract): “Los motores de combustión interna alternativos (MCIA) son el principal sistema de propulsión en el transporte por carretera. El presente trabajo presenta un análisis objetivo de la imposibilidad directa del reemplazo total de los mismos como planta motriz en los vehículos. A día de hoy, este comentario es absolutamente cierto incluso considerando el mejor escenario de previsión de crecimiento para los vehículos eléctricos e híbridos. Los argumentos para defender esta postura tienen en cuenta el crecimiento en la demanda de transporte, el avanzado desarrollo de motores ultra limpios y de alta eficiencia, la disponibilidad de combustibles de origen fósil, los bajos tiempos de repostaje y alta densidad energética de los combustibles líquidos. Todos ellos son

fuertes argumentos para apoyar una viabilidad a medio y largo plazo de los MCIA como planta propulsora predominante en las aplicaciones del transporte por carretera”.

Para José Ramón Serrano, en numerosas ocasiones, los mensajes se simplifican demasiado, sin llegar al fondo de la cuestión. “Los mejores vehículos eléctricos son capaces de bajar las emisiones en todo el ciclo de la vida útil, teniendo en cuenta todo lo que cuesta fabricar, el combustible, producirlo, las emisiones en uso y lo que cuesta reciclarlo. Pero también hay otros efectos contaminantes que no estamos mirando, como la eutrofización y ecotoxicidad del agua, con un impacto 4 o 5 veces mayor, medido en kilos equivalentes de fósforo o un componente equivalente en ecotoxicidad”, explica.

En el artículo se indica también que “la tecnología está disponible y la investigación en curso para permitir que los MCI de próxima generación actúen como aspiradores de contaminantes en el aire de las grandes ciudades. Esto es algo que, definitivamente, los motores eléctricos con baterías no pueden hacer. Los nuevos Diesel E6d Temp están emitiendo un 80% menos NOx que lo estipulado por la norma, según un estudio de la ADAC alemana; es decir, están limpiando el aire de las emisiones de otras fuentes. Se necesita acción política para renovar las flotas de transporte en todo el mun-

do y promover en todos los países los mismos estándares en emisiones para MCI que se mantienen en EE UU, Japón y Europa. Así mismo, una renovación del parque automovilístico es necesaria, en particular en España y en la EU, como se concluye tras un exhaustivo análisis publicado recientemente. No es tanto el tipo de tecnología (MCI vs Baterías), es más una cuestión de modernización de la tecnología actual”.

### Premio a la Innovación Tecnológica Empresarial y Sostenibilidad

A continuación, se procedió a la entrega del Premio a la Innovación Tecnológica Empresarial y Sostenibilidad, cuya presentación estuvo a cargo del **gerente de la Fundación Técnica Industrial, Santiago Crivillé Andreu**, quien destacó que se trataba de la primera edición de estos premios, correspondientes al año 2021, y que ha recaído en la **Empresa Jeanología S.L.**, por el desarrollo de tecnologías innovadoras transformadoras y soluciones digitales *end-to-end* para una producción más eficiente y sostenible.

Como Santiago Crivillé explicó, “desde la implantación a nivel nacional, la FTI apoya y fomenta la innovación industrial. La creación de este premio es para dar a conocer el esfuerzo empresarial que representa la innovación tecnológica aplicada a las mejoras de los procesos industriales y a la sostenibilidad”.

El premio va dirigido a proyectos desarrollados y aplicados en España por las grandes, pequeñas y medianas empresas. Para ello, la FTI otorgará dos premios: uno dirigido a la gran empresa y otro a las pymes.

“La finalidad del mismo es la promoción, la incentivación y divulgación de este esfuerzo, muchas veces ignorado y no suficientemente valorado. Para ello, la FTI hará la difusión, sea en los medios de comunicación propios como ajenos para promocionar los logros conseguidos por estas políticas empresariales exitosas, encaminadas a buscar soluciones nuevas, de diseño o de mejora tecnológica con criterios de sostenibilidad y medio ambientales”, afirmó.

El **presidente de la Fundación Técnica Industrial, José Antonio Galdón Ruiz**, fue el encargado de entregar el premio a **Víctor Oltra**, que



José Antonio Galdón entrega el I Premio a la Innovación Tecnológica, Empresarial y Sostenibilidad al representante de la empresa Jeanología, Víctor Oltra.



José Luis Canito Lobo clausura el acto de entrega de premios de la Fundación Técnica Industrial.

**trabaja en el Departamento de I+D de Jeanología**, y agradeció el galardón recibido a la FTI y también a su propia empresa, “por apostar por las nuevas generaciones para recoger este prestigioso premio”.

La empresa Jeanología, con sede en Paterna (Valencia), se fundó en 1994 con la misión de transformar la industria textil, mediante el desarrollo de tecnologías y modelos de producción eco-efi-

cientos basados en principios éticos y morales, con el fin de ayudar a conseguir el máximo rendimiento siendo respetuoso con el medioambiente.

Según explicó Víctor Oltra, Jeneología tiene más de 25 años de experiencia en el sector y es pionera en este ámbito. Cuenta con las tecnologías más disruptivas e innovadoras para la industria textil, que a su vez son las más eficientes y sostenibles, como técnicas nano-

burujas, la aplicación de ozono para el tratamiento de tejidos, o sistemas de tratamiento de aguas de lavado para su posterior reutilización. “Nuestro objetivo es mejorar una industria que deja desgraciadamente una huella negativa en la industria y el planeta”, resaltó.

#### Clausura del acto

La clausura del acto corrió a cargo de **José Luis Canito Lobo, director de la Conferencia de Directores de Escuelas de Ingeniería del ámbito industrial**, que agradeció la invitación de la FTI y puso en relieve que “la revista Técnica Industrial se ha abierto a muchos compañeros, y tiene una gran parte investigadora en el ámbito de nuestra profesión”.

“Vivimos una época dorada de la profesión. En todos los rankings de empleabilidad está en el primer o segundo lugar. A las Escuelas acuden una gran cantidad de empresas que demandan estudiantes antes de terminar sus estudios. Sin embargo, nos cuesta captar alumnos”, se lamentó.

Por ello, desde la Conferencia de Directores se están llevando a cabo iniciativas para despertar vocaciones, como la que han puesto en marcha este año: las **Olimpiadas Nacionales de Ingenierías Industriales**, con el objetivo de promover el interés de los estudiantes de niveles preuniversitarios por las profesiones STEM (acrónimo de Science, Technology, Engineering and Mathematics), en general, y por las Ingenierías del ámbito industrial, en particular, acercándolos a los centros donde se llevarán a cabo las Olimpiadas. Están dirigidas a los alumnos de 3º y 4º de la ESO, 1º y 2º Bachillerato y ciclos formativos de grado superior, basadas en retos, y su fase final se celebrará a finales de julio, en Valencia, coincidiendo con la celebración del 29 Congreso Universitario de Innovación Educativa en Enseñanzas Técnicas (29 CUIEET).

“Vivimos tiempos de cambios y un cambio de época. No podemos seguir haciendo lo mismo para obtener resultados diferentes y los cambios vienen desde la Universidad. Las demandas de las empresas no son las mismas que hace unos años. Por ello, los alumnos tienen que ser proactivos y capaces de actuar con el aprendizaje. Es necesario que estén motivados. Hoy en día se nos pide más que tengan habilidades y no tanto conocimientos, que era lo que se exigía antes principalmente”, concluyó.

Tribuna

# El sector industrial español debe ser digital y sostenible

Julio Juan Prieto

En España, según el último informe del Observatorio de la Sostenibilidad, 80 ciudades presentan altos niveles de contaminación con efectos perjudiciales para la salud de sus habitantes, y en el debate sobre cómo mejorar la calidad del aire, las emisiones del sector industrial suelen ser protagonistas. Ahora que el conjunto de la economía rema en el mismo sentido es el momento de reinventarse, de resurgir más fuertes. La emergencia climática es una realidad que hace necesario reinventar de forma inmediata el modelo productivo español en general, y el sector industrial en particular.

La sostenibilidad es el nuevo digital. Es urgente que, desde la ingeniería, se ayude a cambiar la forma de diseñar y producir para, entre todos, impulsar la transición verde, reducir la huella de carbono y contribuir al cuidado del entorno y a la reducción del calentamiento global. Un imperativo para cumplir con las exigencias de los consumidores, inversores, reguladores y los empleados. Todo el espectro ESG debe integrarse en los procesos industriales de principio a fin, tanto por cuestiones medioambientales como por el interés de la cuenta de resultados.

Según un reciente estudio publicado por Accenture junto con el Pacto Global de Naciones Unidas, el 81% de los directivos globales afirmaron que sus empresas aprovechan la electrificación, los materiales sostenibles y el diseño circular a la hora de desarrollar nuevos productos y servicios. Por ejemplo, en el sector de los bienes de consumo envasados, el impacto medioambiental de un producto se tiene en cuenta en el 80% de las decisiones relativas al diseño. El sector industrial ya ha dado los primeros pasos hacia la sostenibilidad y en ese camino la innovación tecnológica es crucial para seguir avanzando.

En esta línea, las plataformas de gestión del ciclo de vida del producto (PLM) fomentan la eficiencia en el trabajo de desarrollo, mantenimiento



Julio Juan Prieto

y mejora de productos de todo tipo, y hacen posible que los procesos sean más sostenibles en cada una de las etapas del ciclo de vida de los productos. Facilitan el análisis de escenarios y las decisiones de diseño para optimizar los productos en la experiencia del usuario, la facilidad de fabricación, el rendimiento ESG y la capacidad de mantenimiento. Sin embargo, los sistemas PLM tradicionales no están preparados para manejar el enorme volumen de datos actual. Por ello, se requiere una transformación de los sistemas PLM, empezando por la migración a la nube, que permite la creación de una infraestructura conectada mucho más ágil y multidisciplinar. Esta transformación convertirá las plataformas PLM en herramientas clave para el seguimiento de la huella de carbono de la industria, lo que permitirá comprobar y medir los resultados de los esfuerzos en sostenibilidad del sector.

Si nos referimos a la relación entre sostenibilidad e innovación es inevitable hablar de gemelos digitales. Esta

tecnología es capaz de mejorar la eficiencia energética del sector industrial a través de la representación digital de la compañía, de sus procesos, productos o servicios. Según nuestras investigaciones, los gemelos digitales podrían reducir hasta 7,5 gigatoneladas de emisiones de CO<sub>2</sub> de aquí a 2030. Todo ello, gracias a simulaciones virtuales con las que recopilar datos para predecir cómo funcionarán y qué impacto tendrán los procesos o servicios testados, de modo que permitirán optimizarlos para que a la hora de implantarlos sean lo más sostenibles posible. Por ejemplo, en el sector de la construcción que genera alrededor del 40% de las emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel mundial, los gemelos digitales pueden optimizar la utilización de recursos para los edificios en la fase de uso, como la iluminación, la calefacción y el agua. Pero no queda ahí, los gemelos digitales son útiles en cualquier área: son determinantes para tomar decisiones sostenibles -como el uso de materiales reciclados-, son clave para el diseño y pruebas del vehículo del futuro y -en la industria eléctrica y electrónica- pueden servir de base para decidir si se reutilizan, reacondicionan, reciclan o desechan los diferentes artículos.

La Industria, con mayúscula, debe evolucionar para adaptarse a las exigencias de las instituciones, las demandas de los consumidores y, en suma, a las necesidades del medio ambiente. No hay otra opción que no pase por la digitalización de la ingeniería y la fabricación para garantizar la sostenibilidad, y esa transformación tecnológica debe empezar ya en cada empresa industrial, en cada organización. Por la competitividad de la compañía y por el bien del planeta.

**Julio Juan** es managing director de Industria X de Accenture en España, Portugal e Israel.

# Casi el 50% de los grados en Ingeniería del ámbito industrial carecen de habilitación profesional

El Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España (COGITI) alerta a los futuros estudiantes de Ingeniería de la rama industrial: más de 35.000 titulados en Ingeniería de la rama industrial carecen de habilitación profesional.

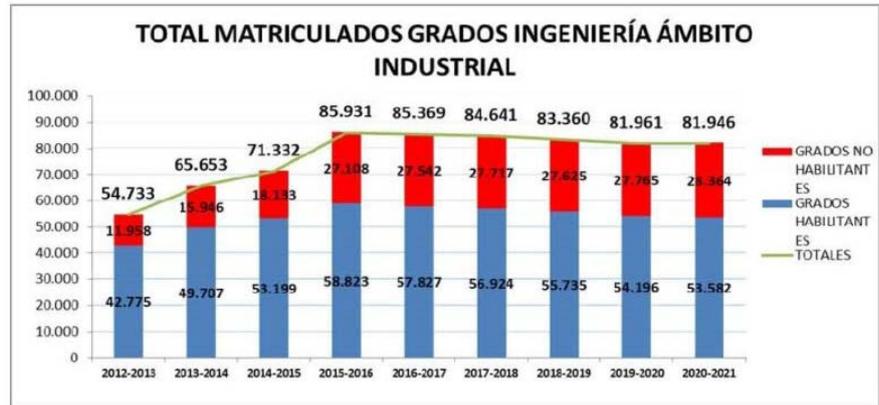
El 40% de los ingenieros graduados en la rama industrial de la Ingeniería en la última década han cursado titulaciones que no les otorgan atribuciones para ejercer la profesión, lo que demuestra la proliferación de los títulos de Grado en Ingeniería no habilitantes, y un agravamiento de los problemas que genera esta situación, ya que los titulados son conocedores de que sus títulos no les otorgan atribuciones profesionales cuando acceden al mercado laboral. Los grados en Ingeniería no habilitantes tienen una tasa de graduación muy superior (casi el doble) a la de los grados habilitantes.

El COGITI viene alertando desde hace muchos años de esta situación y lamenta no tener respuesta por parte de los Ministerios afectados (Industria y Universidades), a los que ha ofrecido soluciones.

A lo largo de la última década se ha experimentado una proliferación de títulos de Grado en Ingeniería de la rama industrial que no otorgan atribuciones profesionales para ejercer la profesión de Ingeniero Técnico Industrial. En este sentido, hay incluso titulaciones con denominaciones similares en diferentes universidades y que, sin embargo, unas otorgan atribuciones profesionales y otras no, lo que provoca una enorme confusión entre los alumnos, los empleadores y la propia sociedad.

En concreto, en la última década, un significativo 40% del total de ingenieros graduados en la rama industrial de la Ingeniería han cursado grados que no les otorgan atribuciones para el ejercicio de la profesión, lo que en términos absolutos supone que unos 35.000 egresados carezcan de habilitación profesional. Una cifra cada vez más cercana a los 50.582 graduados en títulos habilitantes en ese periodo de tiempo.

El mayor incremento de titulados en grados sin atribuciones profesionales (no habilitantes) se ha producido en el último lustro. Según se desprende de



El 40% de los ingenieros graduados en este ámbito han cursado titulaciones que no les otorgan atribuciones para ejercer la profesión

los datos del Ministerio de Universidades, desde el curso 2015-2016 hasta el curso 2020-2021 se han matriculado 166.181 alumnos en Grados no habilitantes, y ha habido un total 29.378 egresados.

En cuanto a los grados habilitantes, durante ese periodo se matricularon 337.087 alumnos, y de las aulas salieron

36.232 egresados, lo que supone tan solo una diferencia de 6.854 egresados con respecto a los que han cursado grados no habilitantes.

En el periodo anterior, entre los cursos del 2012-2013 al 2014-2015, hubo 145.681 alumnos matriculados en grados habilitantes y se graduaron 14.350 alumnos. La diferencia en ese mismo periodo era mayor que en los años posteriores, ya que las matriculaciones en grados no habilitantes fueron 46.031 y los egresados ascendieron a 7.476 (prácticamente la mitad de los graduados en títulos habilitantes).

Por su parte, la cifra total de alumnos matriculados en grados habilitantes desde el curso 2012-2013 hasta el curso 2019-2020 fue de 482.768, mientras

que la de matriculados en los grados no habilitantes se situó en 212.158 (algo menos de la mitad). En total, 694.926 alumnos se matricularon durante ese periodo en grados en Ingeniería del ámbito industrial, tanto en grados habilitantes como no habilitantes. El número de alumnos matriculados ha experimentado un considerable aumento desde 2012, si bien se aprecia un fuerte repunte en el curso 2015-2016, y un ligero descenso en los años posteriores.

El número de alumnos egresados también ha ido en aumento desde el curso 2012-2013 hasta la actualidad. En el periodo 2012-2020 se graduaron un total de 81.846 alumnos en grados en Ingeniería del ámbito industrial, tanto en grados habilitantes como no habilitantes.

### Preocupante proliferación de grados en Ingeniería no habilitantes

En esta progresión se aprecia la proliferación de los grados en Ingeniería no habilitantes, por parte de la Universidades, lo que agrava la situación y los problemas que está generando entre los titulados, ya que solo son conscientes y conocedores de que sus títulos no son habilitantes cuando acceden al mercado de trabajo, con la frustración que ello conlleva.

Esta situación genera numerosas quejas e indignación por parte de los egresados, que por desconocimiento y falta de información, ven cómo después de cuatro años de estudios, no pueden acceder a profesión regulada y, por tanto, optar a las atribuciones profesionales que por Ley les serían concedidas si sus titulaciones cumplieren unos determinados requisitos académicos (Orden CIN 351/2009).

Esta circunstancia obliga a los graduados, además, a continuar sus estudios si quieren obtener un título que les otorgue atribuciones profesionales, lo que se traduce en tener que invertir más tiempo y dinero en su formación, cuando lo que realmente necesita la sociedad es incorporarlos cuanto antes al mercado de trabajo.

### Tasa de graduación superior en grados no habilitantes

A todo lo anterior, hay que añadir que la proporción de alumnos egresados en los títulos no habilitantes, con respecto al número de alumnos matriculados (tasa de graduación), es muy superior a los de los

grados habilitantes (casi el doble), por lo que se puede deducir que los primeros resultan más asequibles a los estudiantes, al tener una menor complejidad.

Por tanto, los estudiantes de los grados no habilitantes logran terminar sus estudios en mayor proporción que los de los grados habilitantes, pero con el gran inconveniente de que sus titulaciones no tienen atribuciones para ejercer la profesión, con el perjuicio que esto supone, tanto para ellos cuando intentan acceder al mercado laboral, como para sus empleadores.

En el curso 2015-2016, la tasa de graduación de los egresados con respecto a los matriculados en los grados no habilitantes fue del 40,38%, frente al 16,63% en los grados habilitantes; en el curso 2016-2017 esta tasa fue del 34,33% en los grados no habilitantes y del 14,24% en los habilitantes; en el curso 2017-2018 ascendió al 29,71% frente al 13,58%; en 2018-2019: 20,53% y 12,43% respectivamente, y en el curso 2019-2020 la tasa de graduación se situó en el 21,18% frente al 12,97%.

## En la actualidad, son más de 130 las titulaciones de Grado en Ingeniería del ámbito industrial que no dan acceso a profesión regulada

### Más de 130 titulaciones no dan acceso a la profesión regulada

En la actualidad, son más de 130 las titulaciones de Grado en Ingeniería del ámbito industrial que no dan acceso a profesión regulada. El COGITI lleva varios años denunciando esta realidad, y con el objetivo de ayudar a los estudiantes en el momento de elegir una titulación universitaria concreta, de la rama de Ingeniería Industrial, pone a su disposición una "Guía de titulaciones", en su página web corporativa: <https://cogiti.es/guia-de-titulaciones>.

Se trata, en definitiva, de que los estudiantes sean plenamente conscientes de los estudios que van a elegir, con la máxima transparencia posible, ya que es habitual que las universidades no ofrezcan este tipo de información, lo que genera sorpresas desagradables a los alumnos cuando son conocedores de que con su titulación no tendrán capa-

## El COGITI viene alertando desde hace muchos años de esta situación y lamenta no tener respuesta por parte de los Ministerios afectados

cidad legal para firmar sus proyectos de Ingeniería, direcciones técnicas, informes, etc.

Además, el COGITI ha creado una página de información sobre las atribuciones profesionales de los Ingenieros Técnicos Industriales y Grados en Ingeniería que cumplen la Orden CIN/351/2009, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico Industrial, disponible en <https://cogiti.es/atribuciones-profesionales-itis>

Esta página incorpora la legislación nacional, sentencias y dictámenes que avalan nuestro desempeño profesional, así como un esquema de atribuciones profesionales en función de la tecnología específica.

Para José Antonio Galdón Ruiz, presidente de COGITI, es esencial dar una solución a las decenas de miles de titulados en ingeniería sin habilitación profesional, y poner fin a esta situación lo antes posible, para lo que ha trasladado sus propuestas a los Ministerios de Industria y Universidades, ofreciendo un modelo más competitivo y basado en competencias profesionales adquiridas a lo largo de la vida (experiencia y formación continua), que permita tanto el acceso parcial como la evolución profesional. "Es el momento de modernizar las profesiones de Ingeniería", indica Galdón, que a su vez lamenta la escasa información que se ofrece a los estudiantes y que les impide decidir con criterio. "Siempre ha sido mejor prevenir que curar, y en este caso, los egresados sin habilitación se ven forzados, en la mayoría de los casos, a continuar sus estudios, lo que tiene un altísimo impacto social, no solo por la mayor inversión de tiempo y dinero, sino además por el coste de oportunidad que supone la incorporación tardía al mercado de trabajo, sobre todo, cuando nuestros competidores en el orden europeo y mundial lo hacen tras tres o cuatro años de estudios universitarios", señala.

# Se duplica el número de ingenieras matriculadas y se quintuplica el de egresadas en la última década

Con motivo de la celebración, el pasado 23 de junio, del Día Internacional de la Mujer en la Ingeniería, el Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España (COGITI) quiso hacerse eco de esta efeméride, y poner el foco en que a pesar de que los hombres siguen siendo mayoría en las carreras de Ingeniería del ámbito industrial, el porcentaje de mujeres matriculadas ha aumentado un 6% en la última década y un 8% en lo que respecta a las alumnas egresadas (en comparación con sus compañeros de clase).

En 2014, la Women's Engineering Society convirtió el 23 de junio en el Día Internacional de la Mujer en la Ingeniería, con el objetivo de destacar el papel de las mujeres ingenieras en un sector que, como otros ámbitos STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics), ha contado tradicionalmente con más presencia masculina.

En el periodo 2012-2021, se produjo un considerable aumento en las matriculaciones realizadas por las mujeres en Ingenierías de la rama industrial, pasando de las 11.816 del curso 2012-2013, a las 22.690 del curso 2020-2021, lo que supone un incremento de 10.874 alumnas matriculadas (prácticamente se ha duplicado). El mayor repunte se experimentó en el curso 2015-2016, ya que las matriculaciones pasaron de las 16.696 del curso anterior a las 22.063 de dicho curso.

En lo que respecta al porcentaje de mujeres egresadas, aumentó un 7,82% en la última década, al pasar del 21,80% que representaban las alumnas en las aulas de Ingeniería en el curso 2012-2013 al 29,62% en 2019-2020 (último año del que se tienen datos, aportados por el Ministerio de Universidades). De este modo, se pasó de las 762 mujeres que finalizaron sus estudios en 2013, a las 3.949 de 2020, lo que representa una diferencia de 3.187 alumnas egresadas más, y significa que dicho número se ha multiplicado por cinco.

## Más mujeres en la especialidad de Química Industrial

Entre las diferentes especialidades que componen los estudios de la rama industrial de la Ingeniería, las mujeres se decantan en mayor medida por la de Química Industrial: 4.247 mujeres matriculadas en el curso 2019-2020, una cifra tan solo ligeramente por debajo de los hombres matriculados (5.089).

En esta especialidad, también se ha producido un incremento en el número



En el curso 2012-2013, las mujeres representaban el 21,80% de los alumnos egresados, un porcentaje que ascendió al 29,62% en el curso 2019-2020.

de matriculaciones realizadas por las mujeres en los últimos años, cifrado en 1.004 alumnas más: de 3.243 mujeres en el curso 2012-2013 se pasó a 4.215 en el curso 2020-2021. En este caso, los datos son muy similares en el alumnado masculino: 5.089 en 2020-2021, frente a 4.066 en el curso 2012-2013, lo que supone una diferencia de 1.023.

En segundo lugar, las alumnas eligen la especialidad de Ingeniería Mecánica, aunque su número es todavía considerablemente inferior al de sus compañeros: 2.759 mujeres frente a 17.035 hombres, en 2020-2021, por lo que la diferencia es de 14.276 alumnos en total.

En tercer lugar, las mujeres eligen la especialidad de Ingeniería Eléctrica. En el curso 2020-2021 se matricularon 1.112 mujeres, frente a 6.350 hombres (5.238 alumnos más). A pesar de esta significativa diferencia, el número de alumnas en ese caso también ha aumentado, ya que hace una década las matriculaciones realizadas por parte de mujeres fueron 912, frente a 6.961 hombres.

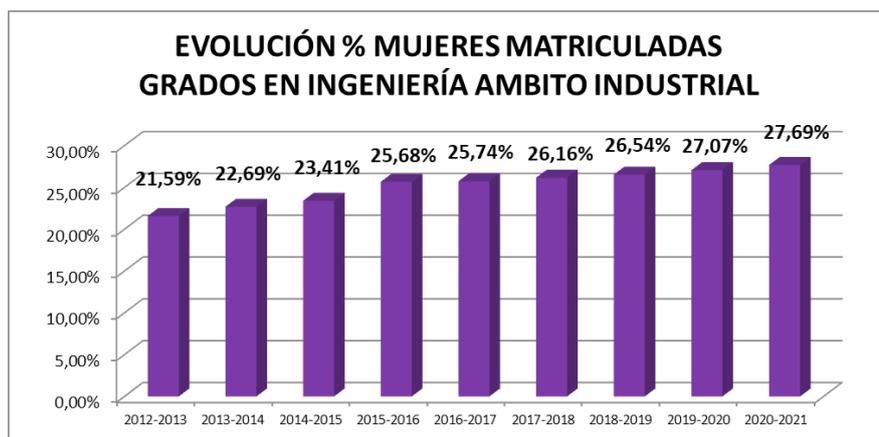
Por último, la especialidad de Electrónica es la que atrae a las alumnas en

menor medida, pero se acorta la diferencia con respecto a sus compañeros. En el curso 2020-2021 se matricularon 660 mujeres, frente a 743 hombres (con una diferencia de 83). Hace una década, las alumnas matriculadas fueron 448 y 589 en el caso de los hombres.

## Alumnas egresadas

En lo que concierne a las alumnas egresadas, la especialidad de Ingeniería Química vuelve a situarse en primera posición, al tener también más mujeres matriculadas: en el curso 2019-2020 finalizaron sus estudios 621 alumnas, frente a 692 alumnos, por lo que apenas hay diferencia. En comparación con el curso 2012-2013, una vez más se ha producido un incremento, ya que hubo 131 mujeres egresadas y 157 hombres, con una diferencia de 490 egresadas más en el curso 2019-2020.

La segunda especialidad donde hay más mujeres egresadas es Ingeniería Mecánica: 389 frente a 2.493 hombres (con una diferencia de 2.104). En el curso 2012-2013 fueron 180 mujeres egresadas frente a 1.236 hombres.



En el curso 2012-2013 las mujeres representaban el 21,59% de las matriculaciones, mientras que en el curso 2020-2021 suponían ya el 27,69% del total.

## Entre las diferentes especialidades de esta rama de Ingeniería, las mujeres se decantan en mayor medida por la de Química Industrial

En tercer lugar, se sitúa la especialidad de Ingeniería Electrónica, con 326 alumnas egresadas, frente a 1.664 hombres, en 2020. En 2013, estas cifras también fueron considerablemente inferiores: 60 mujeres egresadas y 373 hombres.

Por último, en la especialidad de Ingeniería Eléctrica es donde menos mujeres egresadas hay: 169 en el curso 2019-2020; aunque es una cifra superior a la del curso 2012-2013, cuando hubo un total de 96, frente a 662 hombres en ese curso, y 807 en 2020.

En el cómputo general, el mayor número de matriculaciones corresponde a la especialidad de Ingeniería Mecánica, con el 41% de alumnos, seguido de Electrónica y Automatización (25%), Química Industrial (18%) y Eléctrica (16%).

En cuanto a los egresados, los porcentajes son los siguientes: Ingeniería Mecánica (40%), Electrónica y Automatización (28%), Química Industrial (18%) y Eléctrica (14%).

José Antonio Galdón Ruiz, presidente del Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España (COGITI), valora de forma muy positiva la evolución ascendente en el número de alumnas

matriculadas y egresadas, y “seguiremos trabajando para que estas cifras sigan subiendo en los próximos años”, indica.

### Objetivo de los colegios profesionales: fomentar las vocaciones por los estudios de Ingeniería

“El papel de los colegios profesionales a la hora de despertar las vocaciones femeninas por los estudios de Ingeniería es fundamental, así como hacerles ver que nuestra profesión es básica en nuestro modelo productivo y en el desarrollo sostenible de la sociedad, y con ella, el desempeño profesional de las ingenieras e ingenieros. Tenemos que romper de una vez por todas con los estereotipos y prejuicios, y eso es precisamente lo que intentamos hacer con las numerosas actuaciones que estamos llevando a cabo desde nuestras organizaciones, desde hace varios años, y que sin duda han influido en el hecho de que haya aumentado el número de alumnas matriculadas en las carreras de Ingeniería”, señala José Antonio Galdón Ruiz, presidente de COGITI.

En sentido, uno de los objetivos es fomentar las vocaciones entre las alumnas y alumnos de educación secundaria, a través de visitas a los centros educativos, o la creación, en 2016, del Premio Nacional de Iniciación a la Investigación Tecnológica de la Unión de Asociaciones de Ingenieros Técnicos Industriales y Graduados en Ingeniería de la rama industrial de España (UAITIE), que recientemente ha celebrado su séptima edición con la entrega de los premios a los alumnos la ESO y Bachillerato premiados, que cursan las asignaturas de

En el periodo 2012-2021, se produjo un considerable aumento en las matriculaciones realizadas por las mujeres en Ingenierías de la rama industrial, pasando de las 11.816 en 2012-2013, a las 22.690 del curso 2020-2021

Tecnología o Tecnología Industrial, a los que va dirigida esta iniciativa.

Otra actuación relevante es la exposición itinerante de “Mujeres ingenieras de éxito y su impacto en el desarrollo industrial”, promovida también por la UAITIE, que recoge a través de los testimonios personales y paneles explicativos las trayectorias de 23 brillantes y prestigiosas ingenieras. Esta muestra, que cada vez cuenta con más ingenieras en su haber, está recorriendo los Colegios de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de toda España, y durante una semana del pasado mes de junio se pudo ver también en el hall del Ministerio de Ciencia e Innovación.

La exposición tiene como objetivo fundamental dar visibilidad a los referentes femeninos que desempeñan sus carreras profesionales en el ámbito de la Ingeniería, y que al mismo tiempo sirvan como modelos a seguir para nuestras jóvenes.

Asimismo, a través de los colegios profesionales, se realizan actividades en las que, a modo de juego o de concursos, se muestra la ingeniería como algo divertido, con un propósito al mismo tiempo de ayudar a los demás, creando soluciones a problemas concretos que las niñas y los niños identifican en sus entornos próximos. Este proceso les motiva a ser observadores, a acercarse a las nuevas tecnologías, y a desarrollar el pensamiento lógico y, sobre todo, a ser solidarios a la vez que creativos en el diseño de la solución al problema.

En este contexto, el Colegio de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid (COGITIM) lleva a cabo, por ejemplo, los “Talleres de Robótica en Familia”, dirigidos a los más pequeños de la casa, y con gran éxito de participación.

# Más de 220.000 proyectos visados en 2021 en el ámbito industrial

Los graduados en Ingeniería de la rama industrial e Ingenieros Técnicos Industriales realizaron más de 220.000 proyectos en 2021, lo que supone más del 80% del total de los efectuados en el ámbito industrial a nivel nacional. Los proyectos visados en 2021 recuperaron los niveles de 2019, previos a la pandemia de la COVID-19, ya que se visaron casi 32.000 proyectos más que en 2020.



Foto: Pixabay

Los proyectos realizados en el ámbito de las energías renovables se duplicaron con respecto a 2020 (10.061 proyectos visados en 2021 frente a los 5.176 de 2020). Casi un 25% de los proyectos visados se realizaron en el sector de la energía, con un total de 52.121, donde estos profesionales son un elemento clave.

Más del 80% de los proyectos que se llevaron a cabo en el sector industrial, en 2021, fueron realizados por graduados en Ingeniería de la rama industrial e Ingenieros Técnicos Industriales, según datos consultados en las memorias anuales de los colegios profesionales donde están colegiados, a nivel nacional; lo que demuestra que a pesar de la situación pandémica vivida, el ámbito de la Ingeniería Técnica Industrial sigue demostrando su pujanza.

En términos absolutos, la actividad de proyectos visados en todo el país por los Colegios de Graduados e Ingenieros de Técnicos Industriales, integrados en el Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España (COGITI), ascendió a 221.388, una cifra que refleja el

gran número de trabajos realizados por estos profesionales de la rama industrial de la Ingeniería, ya que están presentes en prácticamente todas las áreas productivas.

Si comparamos la evolución de los datos de visado de los 3 últimos años, en 2019 se visaron 221.710 proyectos, que decayeron hasta los 189.471 en 2020, debido a la crisis generada por la pandemia del coronavirus, que provocó un declive en la actividad económica y productiva a consecuencia principalmente de los fuertes confinamientos que se llevaron a cabo a lo largo de todo ese año. En 2021 mejoró de forma considerable la situación, y al tratarse de un sector fundamental en la economía, el ámbito en el que desempeñan su trabajo estos profesionales experimentó una fuerte recuperación, ya que los proyectos visados alcanzaron cifras muy similares a las de 2019, concretamente 221.388.

El presidente del Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España (COGITI), Jose Antonio Galdón Ruiz, resalta "la enorme vitalidad de la profesión de Ingeniero Técnico Industrial, va-

lorando de forma positiva la evolución de los trabajos visados, que no dejan de ser un fiel reflejo de la coyuntura económica y social, destacando a su vez, la fuerte evolución en el ámbito energético y renovable, pero con cierta preocupación por los datos en el sector industrial manufacturero, que considera claves para la recuperación".

## Fuerte recuperación en el sector de la energía y renovables

Casi el 25% de los proyectos visados en 2021 se llevaron a cabo en el sector de la energía, que cada vez cobra más relevancia con la optimización de recursos, con un total de 52.121, donde estos profesionales son un elemento clave. Una cifra incluso superior a la de 2019, que se situó en los 48.452, y que suponen casi 11.000 proyectos visados más que en 2020 (en concreto, fueron 41.367).

De este total, 10.061 proyectos correspondieron al ámbito de las energías renovables, lo que demuestra que estos profesionales constituyen una pieza esencial en la evolución e innovación de esta actividad productiva. Esta cifra supone prácticamente el doble de los proyectos visados en 2020, ya que entonces fueron 5.176, y una cantidad considerablemente superior incluso a la de 2019, cuando se visaron 6.351 proyectos en esta área.

Por su parte, el ámbito de climatización y acondicionamiento, que comprende aire acondicionado, calefacción, frío industrial, ventilación-extracción, solar térmica, fontanería, etc., también se ha recuperado con respecto a 2020, cuando se visaron 5.767 proyectos, ya que en 2021 alcanzaron los 6.596; una cifra, sin embargo, todavía ligeramente inferior a la de 2019, cuando se visaron 7.376 proyectos.

## El sector de la Industria se recupera

El sector de la Industria se recupera con

respecto a 2020, pero sin alcanzar todavía los niveles de 2019. Por bloques de actividad, el segundo ámbito más destacado en el número de proyectos visados en 2021 fue el de naves e instalaciones industriales, con un total de 24.921. Este sector incluye la realización de trabajos en industrias de la madera, agroalimentarias, automoción, químicas, textil, petrolíferas, eléctrica, electrónica o gas, así como en las instalaciones de naves industriales y otras infraestructuras.

En 2020, estos proyectos experimentaron un notable descenso, hasta situarse en 14.893, lo que supone tan solo algo más de la mitad de los proyectos visados en 2019, cuando se alcanzaron los 27.486 proyectos visados.

### Proyectos visados en el ámbito de la seguridad

Otro ámbito importante en el que el número de proyectos visados se ha re-

cuperado es de la seguridad, relacionada con los incendios, emergencias y el medioambiente. En 2021 se visaron un total de 22.982 proyectos, que se habían reducido a 17.441 en 2020, y que casi alcanza los 23.062 de 2019.

Los proyectos visados en los ámbitos del medio ambiente, grúas, alumbrado público, comunicaciones y licencias de actividad superaron las cifras de 2019

También es reseñable la cifra de los proyectos realizados en diversos ámbitos, que superaron incluso los niveles de 2019:

- Medio ambiente: se visaron 1.392 proyectos, frente a los 1.075 de 2020 y a los 1.040 de 2019.

- Grúas: 5.049 proyectos visados en 2021, 3.599 en 2020, y 4.340 en 2019.

- Alumbrado público: 829 proyectos visados en 2021, 840 en 2020 y 719 en 2019.

- Comunicaciones: 3.949 proyectos visados en 2021, 4.167 en 2020 y 2.708 en 2019.

- Licencias de actividad: 18.795 proyectos visados en 2020, 13.825 en 2020 y 17.874 en 2019.

Además, se experimenta un ligero descenso en dirección de obra, vehículos, aparatos de elevación, obra civil, pericias, fin de obra, e instalaciones temporales.

En estos ámbitos, las cifras de proyectos visados no han llegado a alcanzar todavía las de 2019, como es el caso de la obra civil (3.960 proyectos visados en 2021, 2.441 en 2020 y 5.650 en 2019), o de fin de obra (6.536 en 2021, 9.825 en 2020 y 8.268 en 2019). Más información en [www.cogiti.es](http://www.cogiti.es).

## FERIAS Y CONGRESOS

### BARCELONA

#### >> ADVANCED FACTORIES: El centro de la innovación para la Industria 4.0

La feria por excelencia en cuanto a las últimas innovaciones en equipos de automatización industrial, en lo que a las tecnologías que emergen de la industria 4.0 se refiere, ha vuelto a celebrar una nueva edición, y ya van seis. En esta ocasión, ha batido récord de asistencia con más de 20.600 congresistas, que han pasado por el Centro de Convenciones Internacionales de Barcelona y han podido descubrir las últimas soluciones en automatización industrial, robótica, impresión 3D e Inteligencia Artificial, entre otras soluciones de fabricación, para mejorar la competitividad de la industria.

Advanced Factories es, sin duda, la cita anual sobre la innovación industrial, obligada en la agenda de todos los profesionales que buscan soluciones de fabricación inteligente y avanzada para implantar en sus centros de producción, que permitirán impulsar la productividad y rentabilidad de una planta de fabricación.

Un gran acontecimiento que ha supuesto un impacto de más de 40 millones de euros en la Ciudad Condal, y que ha reunido a más de 350 firmas expositoras y a más de 290 expertos internacionales, que hacen de esta cita uno de los eventos más reconocidos en España, y del que ya se conocen las fechas para 2023: se celebrará del 18 al 20 de abril.

Esta gran cita anual ha puesto de manifiesto la necesidad de contar con una industria de proximidad, más competi-

va y sostenible, relocalizando la producción y estableciendo en Europa grandes centros de innovación. Tal y como ha comentado su director general, Albert Planas, "Europa ha comprendido que tenemos que replantear la cadena de suministro. Es por ello que, junto a los fondos *Next Generation*, acaba de anunciar ayudas para establecer fábricas de semiconductores, clave para garantizar la producción industrial de miles de bienes de consumo en territorio de la Unión. Relocalizar nuestra industria es un requisito ineludible para abastecer con un menor impacto ambiental, y la clave para conseguirlo es a través de fábricas avanzadas, automatizadas y robotizadas".

La Inteligencia Artificial ha supuesto una revolución en la industria, gracias a su capacidad para analizar gran cantidad de datos e interpretarlos. Este fue uno de los temas tratados en Advanced Factories, donde se planteó el reto de conseguir que las máquinas se comporten como los humanos a través de la Inteligencia Artificial Cognitiva. Un desafío que todavía genera mucho debate entre los expertos, sobre "si seremos capaces de conseguirlo algún día o no".

Durante tres días, más de 260 expertos han compartido sus ideas y casos de éxito en el Industry 4.0 Congress, además de compartir en las 60 sesiones donde los líderes de la industria han explicado las claves para implementar nuevos modelos de negocio y mejorar los procesos de fabricación.



**ADVANCED  
FACTORIES**  
EXPO & CONGRESS

# Lillian Barros

Científica e investigadora. Graduada en Ingeniería Biotecnológica por el Instituto Politécnico de Bragança (IPB). Doctor Europeus en Farmacia por la Universidad de Salamanca.

## “Veo mi profesión como una misión, en una enorme cadena de valor”

**Mónica Ramírez**

Lillian Barros forma parte del elenco de ingenieras que han sido elegidas para participar en la iniciativa “Mujeres ingenieras de éxito y su impacto en el desarrollo industrial”, el programa que hace varios años puso en marcha la Unión de Asociaciones de Ingenieros Técnicos Industriales y Graduados en Ingeniería de la rama industrial de España (UAITIE), y que incluye la exposición itinerante “Mujeres ingenieras de éxito”, que recorre los distintos Colegios Oficiales de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de España.

Esta prestigiosa científica e investigadora se graduó en Ingeniería Biotecnológica en el Instituto Politécnico de Bragança (Portugal), y completó su Doctorado “Doctor Europeus” en Farmacia (Nutrición y Bromatología) en la Universidad de Salamanca, en 2008, recibiendo un premio a la mejor tesis de la Facultad de Farmacia.

En la actualidad, trabaja como investigadora principal en el grupo de investigación BioChemCore, que tiene en ejecución 26 proyectos de diferente tipología (nacionales e internacionales), la mayoría de ellos en el ámbito agroalimentario, especialmente dirigidos al desarrollo de bioingredientes (conservantes, bioactivos, colorantes y aromas), utilizando residuos naturales y biológicos, como alternativa a los ya existentes. Ha publicado más de 400 documentos científicos de gran impacto internacional en el área de Ciencia y Tecnología, además de haber editado 4 libros y registrado 13 patentes. Como ella misma indica: “La excelencia científica es mi ambición constante”.

### ¿Cómo fueron sus comienzos en el ámbito de la investigación?

Inicié mis actividades como investigadora en 2003, en un momento en que era muy difícil ser investigador; no había muchos incentivos, como proyectos financiados y becas. Por lo tanto, fue con una



Lillian Barros

actitud de gran persistencia y dedicación con la que inicié mis primeros pasos en la investigación. En 2004 comencé mi doctorado en Bromatología y Nutrición en la Universidad de Salamanca. Me dediqué a la investigación en el área de tecnología de los alimentos, estudiando la funcionalidad de las matrices naturales. Tuve grandes mentores en el área (Prof. Dra. Isabel C.F.R. Ferreira y Prof. Dr. Celestino Santos Buelga), quienes me inspiraron, motivaron y enseñaron a ser la investigadora que soy hoy. La excelencia científica es mi ambición constante.

### Como científica e investigadora relevante a nivel mundial, siendo una Highly Cited Researcher (Investigadora Altamente Citada), ¿qué aspectos son los que más valora de su profesión?

Uno de los aspectos más relevantes es la transferencia de tecnología, ya que muchos de sus resultados han permitido solucionar problemas importantes en la industria alimentaria. Hasta hace 10 años, las investigaciones realizadas consistían

en la caracterización química, bioactiva y funcional de matrices naturales, lo que permitió construir una base de datos, que a su vez nos proporcionó un conocimiento privilegiado que funcionó como palanca para, en estos momentos, poder realizar una investigación más aplicada y específica, especialmente en la industria alimentaria.

Esta investigación diferenciadora hace que la comunidad científica valore el conocimiento y reconozca los méritos de esta investigación, citando muchos de los resultados obtenidos. Esto me ha permitido alcanzar rankings de calidad científica, como el HCR, desde 2016.

En el contexto actual, todos tenemos desafíos en investigación, ¡y esto no es diferente! Estamos constantemente llamados a crear redes y alianzas que generen nuevas soluciones a desafíos comunes. Por eso, valoro mucho el compromiso, porque es preciso crear más oportunidades de futuro que agreguen valor al negocio y, al mismo tiempo, hagan realidad la sostenibilidad del planeta.

### ¿En qué proyectos de investigación está trabajando en la actualidad?

En estos momentos, el grupo de investigación BioChemCore tiene en ejecución 26 proyectos de diferente tipología (nacionales e internacionales), la mayoría de ellos en el ámbito agroalimentario, especialmente dirigidos al desarrollo de bioingredientes (conservantes, bioactivos, colorantes y aromas), utilizando residuos naturales y biológicos. Todos los proyectos favorecen la participación de la industria, lo que nos reta constantemente a desarrollar una investigación innovadora, disruptiva y aplicada.

El objetivo principal de estos proyectos es desarrollar productos y procesos innovadores, más ecológicos y sostenibles, reducir el desperdicio de alimentos, promover la economía circular y proporcionar a la industria y los consumidores alternativas naturales a

los aditivos artificiales. De esta forma, alineamos nuestras líneas de investigación con los objetivos de desarrollo sostenible de la ONU.

### ¿Cómo ve el ámbito de la investigación en la actualidad?

La investigación es una carrera que requiere mucho compromiso y actualización continua, ¡porque la ciencia está en constante evolución! Dado que en los últimos años nuestro grupo de investigación se ha dedicado al desarrollo de ingredientes naturales, en la actualidad centramos nuestra intervención en el descubrimiento de nuevos conservantes, ya que uno de los grandes temas en la agenda actual de la industria alimentaria es la búsqueda de conservantes alternativos a los existentes. Esta es nuestra prioridad, y esto se debe a que la aplicación de algunos de estos conservantes puede, en el futuro, verse restringida debido a algunos efectos adversos.

En general, destaco la importancia de que la investigación sea capaz de aumentar la prestación de servicios científicos y tecnológicos a las empresas y de crear empleo de alta cualificación.

### En su opinión, ¿se podría aprovechar mejor el talento investigador? ¿Cómo cree que se podría mejorar la situación?

Tanto en Portugal como en España es necesario invertir en atraer más talento. Muchos investigadores prometedores tienen que salir de nuestros países para desarrollar sus carreras. En este sentido, se debe contar con más incentivos que les permitan desarrollar sus carreras en su propio país, contribuyendo así a su desarrollo económico y social, y a la obtención de recursos humanos altamente cualificados. En regiones del interior, como la nuestra, esta apuesta es crucial para el futuro de los territorios de baja densidad poblacional. Se han realizado importantes esfuerzos desde hace algunos años, pero aún queda mucho por hacer, para poder aprovechar gran parte del talento existente.

Es cierto que la atención prestada a la investigación, el desarrollo y la innovación en los últimos años ha ido en aumento y ha entrado en los discursos y agendas políticas, pero el 3% del presupuesto sigue siendo una cifra muy baja. Es necesario poder aumentar el porcentaje de investigación en el PIB del país. El objetivo que se ha marcado el Gobier-

## “Es urgente desmitificar en los jóvenes la idea instalada de que la investigación es solo un trabajo de oficina y laboratorio”

no portugués para 2030 es “alcanzar el 3% de inversión” de la riqueza creada, lo que “requiere duplicar el gasto público y multiplicar por cuatro el privado” en investigación y desarrollo.

Debemos estar orgullosos del camino que estamos tomando, junto con la Administración pública (aquí destaco el mérito del Ministerio de Ciencia en los dos últimos gobiernos y el Ministerio de Cohesión Territorial) y las empresas. Sin embargo, debemos ser capaces, a corto plazo, de aumentar nuestra participación en los programas nacionales y europeos, concretamente el programa Horizonte Europa, así como en las redes internacionales de I+D+i, de lo contrario perderemos otra oportunidad.

Cuando viajo al extranjero por trabajo, me doy cuenta de que se debe hacer una apuesta firme por la financiación de infraestructura y tecnologías punta, para que podamos converger y alinearnos con los mejores.

En esta línea de pensamiento, creo que es urgente simplificar los procesos y reducir la burocracia de las líneas de financiación de proyectos, así como dar mayores garantías de estabilidad a la carrera de los investigadores.

### En relación a las publicaciones científicas que ha llevado a cabo, ¿cuáles destacaría?

Podría destacar mi primer artículo de revisión, que se publica en *Current Medicinal Chemistry* en 2009, *Antioxidants in Wild Mushrooms* (<https://doi.org/10.2174/092986709787909587>). Este artículo se destaca por tener más de 419 citas, y fue uno de los artículos que me llevó a convertirme en una Highly Cited Researcher. Además de este artículo, podría destacarse otro artículo de revisión, *In vivo antioxidant activity of phenolic compounds: Facts and gaps* (10.1016/j.tifs.2015.11.008), publicado en *Trends in Food Science and Technology*, una revista de gran impacto en el área de Food Science, ya que trata un tema muy actual y en el que se centran varios investigadores.

### ¿Y sobre las patentes que ha registrado?

El registro de patentes es muy importante, ya que permite proteger varios procesos y productos innovadores desarrollados. Hasta el momento tengo registradas 13 patentes y podría destacar 2 de las patentes. Una es la Patente Nacional de Invención nº 115372, “Incorporación de colorantes naturales obtenidos a partir de bayas de saúco y cálices de hibisco en pastas de azúcar”. Esta patente es un modelo de asociación con una empresa que dio su resultado en un producto innovador y prometedor para ser colocado en el mercado.

La otra sería la Patente Nacional de Invención nº110859, “Obtención de una solución de inmersión a partir de extractos de *Rosmarinus officinalis L.* para su uso como recubrimiento alimentario”. Este proyecto también ganó el “Concurso Europeo de Innovación Social” bajo el lema “Challenging plastic waste”, organizado por la Comisión Europea. Con esta patente, buscamos proteger un producto innovador llamado “SpraySafe”, que tiene como objetivo reemplazar los conservantes y el plástico en los alimentos.

### También es investigadora sénior del Centro de Investigación de Montanha (CIMO-IPB) y supervisora de Proyectos de Grado, Máster, Doctorado y Post-Doctorado. ¿Cómo puede compaginar todo este trabajo?

Lo que siempre me movió fue el gusto por la ciencia y el descubrimiento constante. Desde que inicié mi carrera científica, siempre he buscado ser mejor en lo que hago, y dar cada vez más de mí. Y eso me llevó a desarrollar una gran capacidad de trabajo y una transversalidad de tareas que me permiten hoy en día poder liderar un equipo integrado por más de 50 personas, con resultados reconocidos a nivel nacional e internacional.

La organización es la palabra clave. El liderazgo implica también delegación de poderes y confianza en el equipo. El diálogo, la motivación y la interacción constante con todos los miembros del equipo y nuestros socios nacionales e internacionales son cruciales para acompañar el desarrollo del trabajo en sus diferentes etapas.

Además, la investigación y la innovación son una prioridad estratégica para la intervención del IPB (Instituto Politécnico de Bragança, la entidad de Educación

Superior que alberga el CIMO), y esto funciona como un gran factor de motivación para mi trabajo, un acelerador de mi permanente dedicación.

**¿Qué les diría a los jóvenes estudiantes que están dudando si estudiar una carrera técnico científica?**

Teniendo en cuenta la complejidad de la carrera técnico-científica, es importante que quienes la elijan tengan un conocimiento amplio de la misma, y tengan vocación y motivación. Para adentrarse en el universo de la comunidad científica es necesario tener gusto por el descubrimiento diario y la capacidad de superar los retos que se presentan a diario, siempre con optimismo y perseverancia.

Los jóvenes estudiantes (la futura generación de investigadores) deben comprender que la investigación facilita la transferencia de los descubrimientos científicos a las prácticas e intervenciones cotidianas, y responde a dudas concretas de la sociedad. Pero deben estar preparados para conciliar las demandas personales e individuales con las demandas de la sociedad, que evoluciona a un ritmo vertiginoso.

**¿Cómo se podrían despertar las vocaciones en este sentido?**

Es importante que los jóvenes despierten su interés por el mundo científico, ya que es un ámbito que permite promover todos los avances de la sociedad, ya sea

a nivel industrial, tecnológico, sanitario, etc., mostrándonos que es una profesión. De lo contrario, tendremos un estancamiento en el desarrollo de nuevos procesos, productos y tecnologías. Para captar la atención y el interés de los jóvenes, es necesario cautivarlos, mostrándoles siempre en términos prácticos “qué hacemos”, “cómo lo hacemos” y “por qué lo hacemos”, la investigación que implementamos.

Hay que saber potenciar en estos jóvenes su curiosidad, su talento natural. Tendrán que ser capaces de conciliar la capacidad de anticiparse a las necesidades con la capacidad de cooperar con otras personas y entidades: esta es la única forma de innovar.

Es urgente desmitificar en los jóvenes la idea instalada en la sociedad de que la investigación es sólo un trabajo de laboratorio y de oficina, mostrándoles la importancia de entrar en contacto con la realidad empresarial. Esto es fundamental para que comprendan su papel a la hora de progresar en la economía de sus países.

Por último, considero fundamental y estratégico que las redes sociales comuniquen más resultados de investigación, para estimular el interés de los jóvenes, que es su ecosistema natural en estos días. Ahí es donde se mueven y obtienen acceso al contenido y comienzan a cultivar áreas de interés, ¿por qué decir no a la ciencia?

**¿Qué le parecen iniciativas como la que lleva a cabo la UAITE con la exposición itinerante “Mujeres ingenieras de éxito”, que desde hace algún tiempo recorre las ciudades españolas y en la que usted participó también, concretamente en la de Zamora?**

Estas iniciativas son muy importantes, ya que reflejan todo el esfuerzo, trabajo y dedicación, isin importar el área de trabajo! Se vuelven aún más importantes cuando valoran el trabajo de las mujeres por la igualdad de derechos en el mundo laboral.

La conciliación de la vida personal y familiar con la vida profesional es un gran reto en nuestra sociedad, que exige una participación cada vez mayor de las mujeres en estos procesos. Lo son, de hecho, en su mayoría, en nuestros centros de investigación y de enseñanza superior.

Por lo tanto, deben ocupar el espacio que les es legítimo. Siempre hay sacrificios que tenemos que estar preparadas para aceptar. Saltarse el tiempo de ocio por el trabajo es una constante, que yo veo como una opción de vida.

Veo la ciencia como un acto de ciudadanía. Encaro mi profesión como una misión. ¡No puedo imaginarme haciendo otra cosa! Los científicos e investigadores estamos llamados a participar en las soluciones a favor de los intereses comunes. Nuestro trabajo importa, en una enorme cadena de valor.

**EL INGENIOSO INGENIERO/Pablo Saorín**



# Ofrenda de los Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales al Apóstol Santiago

El Consello Galego de Enxeñeiros Técnicos Industriais (CGETI) se encargó de organizar la Ofrenda de los Ingenieros Técnicos Industriales al Apóstol Santiago, con motivo del Año Santo Jubilar, que se llevó a cabo el pasado domingo 8 de mayo, en la Misa del Peregrino. El presidente de COGITI, José Antonio Galdón Ruiz, realizó la invocación al Apóstol en representación de todo el colectivo profesional, por los que pidió su "Gracia", y "el refuerzo en los valores de nuestra profesión".

El CGETI había invitado a todos los Colegios de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales a participar en dicha celebración, a la que se sumaron numerosos compañeros/as y acompañantes que quisieron compartir esta bonita experiencia. El programa que se organizó al efecto, comprendía, además, una serie de eventos relacionados con el Camino de Santiago, que se desarrollaron desde el jueves 5 de mayo y culminaron con la citada Ofrenda.

En el marco del programa organizado, los peregrinos que lo desearon pudieron visitar también lugares tan emblemáticos como el Cabo Fisterra, las islas Cíes (Parque Nacional Illas Atlánticas), o el Monte del Gozo, entre otros atractivos turísticos. Además, se inauguró la exposición «Mujeres ingenieras de éxito», de la Unión de Asociaciones de Ingenieros Técnicos Industriales y Graduados en Ingeniería de la rama industrial de España (UAITIE).

En el ámbito institucional, los representantes de los Ingenieros Técnicos Industriales fueron recibidos por el alcalde de Santiago de Compostela, Xosé Sánchez Bugallo.

## Invocación al Apóstol Santiago

Estos entrañables días tuvieron su punto álgido en la Ofrenda al Apóstol Santiago de los Ingenieros Técnicos Industriales, realizada por José Antonio Galdón Ruiz, presidente de COGITI, cuyas palabras, pronunciadas el pasado domingo 8 de mayo en la Catedral de Santiago de Compostela, se recogen a continuación:

«En este especial pero más que necesitado que nunca Año Jubilar, ante Vos, Santiago Apóstol, llegamos en peregrinación los INGENIEROS TÉCNICOS INDUSTRIALES, a los que tenemos el inmerecido honor de representar, por nuestra condición de Presidente del Consejo General de Colegios Oficiales de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de España.



Decanos y representantes de los Colegios de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales participantes en los actos celebrados en Santiago de Compostela.

Siempre podemos encontrar motivos de agradecimiento al Apóstol Santiago en esta invocación que tengo la dichosa responsabilidad de realizar. Sin embargo, en esta ocasión tan especial, quizás cobra todavía más importancia si pensamos en los dos últimos años que hemos vivido, que tanto desaliento y desánimo ha provocado en todos nosotros, y que, en estos momentos, de forma paulatina, y sin olvidar nunca la prudencia, nos esforzamos en superar y recuperar el camino hacia la esperanza y el sosiego de espíritu que tanto necesitamos.

A lo largo de la vida, son numerosos los obstáculos y dificultades a los que nos hemos de enfrentar tanto a nivel personal, como en la vida diaria y profesional. Y es precisamente nuestra profesión un camino para solucionar, mejorar, innovar y en definitiva conseguir el progreso y desarrollo de una sociedad, que a su vez, sea más justa y bondadosa.

Bien podríamos decir, por tanto, que tratamos de impulsar los valores de la cultura xacobeá, con la mirada puesta en

el porvenir. Y es que el Camino de Santiago es un "camino de vida", que nos llena de tolerancia, solidaridad y humanidad con el prójimo. Es, sin duda alguna, una experiencia constructiva y enriquecedora para todo aquel que peregrina hacia esta majestuosa catedral, hecha de piedra y también de esperanza.

Un camino, en el que los peregrinos atravesamos presurosos la meta de llegada y, aún jadeantes, postramos a vuestra presencia nuestras inquietudes, implorando no tanto el auxilio para el logro de todo lo que deseamos para bien de nuestra profesión, como vuestra protección, para cumplir con los valores e inquietudes que nos imponemos:

Valores de progreso y humildad, que nos permitan ser mejores, pero a su vez más entregados.

Valores de solidaridad y sostenibilidad, para humanizar y compartir la vida con las personas que nos rodean, y las que están por venir.

Siga leyendo esta noticia en [www.cogiti.es](http://www.cogiti.es)

# Entregados los VII Premios Nacionales de Iniciación a la Investigación Tecnológica 2022 de UAITIE

El Ministerio de Ciencia e Innovación acogió, el pasado 21 de junio, el acto de entrega de los VII Premios Nacionales de Investigación Tecnológica 2022 de la Unión de Asociaciones de Ingenieros Técnicos Industriales y Graduados en Ingeniería de la rama industrial de España (UAITIE), en un acto presidido por la ministra de Ciencia e Innovación, Diana Morant.



La ministra Diana Morant posa junto a los estudiantes de educación secundaria premiados por la UAITIE, acompañados de sus profesores, y de los representantes institucionales José Antonio Galdón y Juan José Cruz.

Los jóvenes investigadores, ganadores en las categorías ESO y Bachillerato de este concurso juvenil, fueron así reconocidos por la excelente calidad de sus proyectos de ciencia aplicada, comprometidos con el desarrollo y mejora de la calidad de vida de las personas más vulnerables.

En dicho acto se entregaron los galardones a los ganadores de la 7ª edición de estos premios, del concurso emprendido por la UAITIE con el que se pretende fomentar las vocaciones científicas y tecnológicas desde edades tempranas, así como estimular el interés de la sociedad en la ingeniería. El evento contó con la asistencia de más de 150 personas, entre las que se encontraba José Antonio Galdón Ruiz, presidente del Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España (COGITI), que felicitó un año más a los estudiantes de enseñanza secundaria por su «gran talento», así como a sus profesores «por involucrarse tanto y lograr hacer realidad estos magníficos proyectos», y a la UAITIE por llevar a cabo esta importante iniciativa, desde el año 2016, que se ha convertido en todo un referente para despertar vocaciones hacia los estudios

## Los proyectos premiados han sido ideados por alumnos del IES Joaquín Romero Murube (Sevilla) y del IES Nit de l'Albà (Alicante)

de Ingeniería entre los alumnos de Secundaria.

Los proyectos premiados han sido ideados por alumnos/as de cuarto de la ESO, del IES Joaquín Romero Murube (Los Palacios y Villafranca, de Sevilla), y de segundo de Bachillerato del IES Nit de l'Albà, (Elche, Alicante): «Mueble Memoria», en la categoría ESO, y «Sistema inteligente salva obstáculos para discapacitados y sordos», en la categoría Bachillerato. Ambos prototipos permanecieron expuestos en el vestíbulo del Ministerio de Ciencia e Innovación durante la semana del 20 al 24 de junio.

La UAITIE ha entregado un total de 4.000 euros en premios distribuidos en una cuantía de 1.000 euros por cada nivel de estudios para los equipos de alumnos triunfadores, y una dotación del mismo importe para los centros docen-

tes que deberán destinar a las aulas tecnológicas de los Institutos premiados.

En la actual convocatoria 2022, un total de 135 alumnos matriculados en las asignaturas de Tecnología y Tecnología industrial en España, han realizado proyectos en las categorías de diseño industrial, energías renovables, ahorro energético, robótica, gestión de residuos, urbanismo inteligente e inteligencia artificial; además de la modalidad ganadora, atención a la discapacidad. La organización del concurso se siente «muy orgullosa, por esta magnífica cantera de estudiantes que han participado y trabajado en equipo para conseguir sus metas, y que nos hace mirar con optimismo el futuro por el talento que viene pisando fuerte en las próximas generaciones».

Durante la entrega de estos galardones, la ministra felicitó a los jóvenes talentos, y destacó que «estos proyectos tecnológicos premiados ponen a las personas en el centro, y contribuyen a resolver los problemas de los más vulnerables a través de la ciencia y la innovación». Además, Diana Morant dio la enhorabuena a UAITIE por esta «magnífica iniciativa».

Los proyectos premiados han sido ideados por alumnos/as de cuarto de la ESO, del IES Joaquín Romero Murube (Los Palacios y Villafranca, de Sevilla), y de segundo de Bachillerato del IES Nit de l'Albà, (Elche, Alicante): «**Mueble Memoria**», en la categoría ESO, y «**Sistema inteligente salva obstáculos para discapacitados y sordos**», en la categoría Bachillerato. Ambos prototipos han permanecido expuestos en el hall del Ministerio de Ciencia e Innovación durante toda la semana.

La UAITIE ha entregado un total de 4.000 euros en premios distribuidos en una cuantía de 1.000 euros por cada nivel de estudios para los equipos de alumnos triunfadores, y una dotación del mismo importe para los centros docentes que deberán destinar a las aulas tecnológicas de los Institutos premiados.

En la actual convocatoria 2022, un total de 135 alumnas/os matriculadas/os en las asignaturas de Tecnología y Tecnología industrial en España, han realizado proyectos en las categorías de diseño industrial, energías renovables, ahorro energético, robótica, gestión de residuos, urbanismo inteligente e inteligencia artificial; además de la modalidad ganadora, atención a la discapacidad. La organización del concurso se siente "muy orgullosa, por esta magnífica cantera de estudiantes que han participado y trabajado en equipo para conseguir sus metas, y que nos hace mirar con optimismo el futuro por el talento que viene pisando fuerte en las próximas generaciones".

El acto estuvo moderado por el secretario de la UAITIE, Juan José Cruz García, y contó también con la presencia institucional del comisario de la exposición "Mujeres ingenieras de éxito", Fernando Martín; el tesorero de la UAITIE, Fernando Blaya Haro; el gerente de Innovación Tecnológica de la Comunidad de Madrid, José Luis Belinchón Carmona; la presidenta de la asociación de Ingenieros Técnicos Industriales de Valencia y de la Mesa de la Ingeniería valenciana, Angélica Gómez González; la vocal de la Asociación de Ingenieros Técnicos Industriales de Aragón, María del Mar Castellón García, y las ingenieras panelistas de la exposición, Dubra Rodríguez López y Miriam Pena Villanueva. Caja de Ingenieros, patrocinador de los premios, estuvo presente a través de su director Banca Instituciones, Miguel Ángel Morales Ruiz-Tapiador.

### Trabajos premiados

El proyecto "Mueble memoria" está dedicado a la ayuda de personas con discapacidad de memoria, y consiste en la conjunción de una aplicación móvil junto a un indicador luminoso que indica dónde se guardan los objetos seleccionados, para que su posterior búsqueda resulte fácil a dichas personas.

Por su parte, el proyecto "Sistema inteligente salva obstáculos para discapacitados invidentes y sordos" consiste en un dispositivo electrónico, que puede integrarse en cualquier objeto cotidiano con el fin de que puedan ser localizados fácilmente por personas con discapacidad visual o visual-auditiva.

### Exposición "Mujeres ingenieras de éxito"

Por otra parte, los paneles explicativos de la exposición itinerante "Mujeres ingenieras de éxito y su impacto en el desarrollo industrial", promovida también por la UAITIE, estuvieron expuestos del 20 al 14 de junio en el hall del Ministerio de Ciencia e Innovación, con motivo de la celebración del Día de la Mujer en la Ingeniería, el 23 de junio.

## La exposición "Mujeres ingenieras de éxito" pretende dar visibilidad a los referentes femeninos en el ámbito de la Ingeniería

La Muestra, que recoge la trayectoria de 24 mujeres ingenieras sobresalientes pioneras y contemporáneas, fue visitada por más de dos mil personas en este recorrido. Además, desde hace tiempo, esta exposición itinerante, que cuenta también con los testimonios personales de las ingenieras, se está mostrando en los diferentes Colegios de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de toda España, para que los colegiados y colegiadas que lo deseen, así como el público en general, puedan visitarla en sus propias ciudades.

El objetivo fundamental de esta muestra es dar visibilidad a los referentes femeninos que desempeñan sus carreras profesionales en el ámbito de la Ingeniería, y que al mismo tiempo sirvan como modelos a seguir para las jóvenes.



Mujeres ingenieras de éxito de la exposición de la UAITIE, junto a la ministra Diana Morant, Fernando Martín (comisario de la muestra), y José Antonio Galdón, presidente de COGITI.

# John Vincent Atanasoff, el hijo de un inmigrante búlgaro que inventó el primer ordenador

En la sociedad actual en la que vivimos, el ordenador es una pieza clave en nuestras vidas, sin la que no concebimos nuestro día a día. En el ámbito profesional, académico e incluso para uso personal, la computadora se ha convertido en una herramienta sin la que probablemente no podríamos vivir. De este aparato tan necesario en nuestros días sabía mucho John Vincent Atanasoff, un ingeniero electrónico estadounidense de origen búlgaro, cuyo trabajo fue, en resumen, fundamental para el desarrollo del ordenador digital moderno

Laura Álvaro y Rosa Lerma

## Inicios y educación

John Vincent Atanasoff nació a comienzos del siglo XX, concretamente el 4 de octubre del año 1903 en Hamilton, a pesar de que su infancia la pasó en Brewster, en Florida. Su padre, Ivan Atanasoff, nació en 1876 en el pueblo búlgaro de Boyadzhik, que por aquel entonces pertenecía al Imperio Otomano, aunque en 1889 emigró a Estados Unidos donde más tarde se convertiría en ingeniero eléctrico y su madre, Iva Lucena Purdy, era maestra de matemáticas en la escuela.

Por ello, desde bien pequeño pudo ver en su seno familiar contenidos sobre ciencias naturales y aplicadas que cultivaron en el joven Atanasoff un sentido de curiosidad crítica y confianza, y que le llevaron a desarrollar una carrera en este ámbito de las ciencias. A los nueve años, Atanasoff ya sabía utilizar una regla de cálculo. Más adelante estudió logaritmos y completó la escuela secundaria en Mulberry High School en dos años, hasta que, en 1925, recibió la Licenciatura en Ciencias como Ingeniero Eléctrico en la Universidad de Florida, donde tal y como mostraba desde bien pequeño se graduó con notas sobresalientes.

Siguió su educación en el "Iowa State College", donde en 1926 completó el máster en Matemáticas al que se había apuntado. Unos años más tarde, en 1930 y para completar su educación decidió doctorarse en física teórica por la Universidad de Wisconsin. La tesis llevaba por título "La constante dieléctrica del helio". Tras este hecho, aceptó la cátedra asistente en matemáticas y física en el lugar donde finalizó sus estudios.

Poco antes de doctorarse y en lo que



John Vincent Atanasoff.

**Su trabajo fue fundamental para el desarrollo del ordenador digital moderno, con lo que ello supuso**

atañe a su vida más privada, se casó con Lura Meeks en 1926, y un año más tarde nació Elsie, la que sería su primera hija, para dos años más tarde dar la bienvenida a Joanne y John, gemelos. Años más tarde, en 1949, se divorció de Lura y ese mismo año se volvió a casar, en esta ocasión con Alice Crosby.

## Primeros inventos y desarrollo de la calculadora analógica

En la década de 1930, Atanasoff estaba escribiendo su tesis doctoral y utilizaba una calculadora mecánica Monroe, pero

su uso era extremadamente pesado, por lo que comenzó a buscar alternativas para obtener un método de cálculo más rápido. Por ello, investigó el uso de calculadoras esclavas Monroe y tabuladores IBM para problemas científicos, con los cuales controlaba el equipo Monroe utilizando la salida de un IBM, hasta que inventó en el año 1936 una calculadora analógica para analizar la geometría de la superficie. En este momento, se encontraba empujando los límites de lo que podían hacer los engranajes, y la fina tolerancia mecánica requerida para una buena precisión, lo que le empujó a considerar soluciones digitales de lo que más adelante vendría.

## Prototipo del computador electrónico: Atanasoff Berry Computer (ABC)

A la pregunta de quién inventó la primera computadora la respuesta no es fácil. Numerosos fueron los inventores que contribuyeron a este histórico acontecimiento. Esto se debe a que, si lo analizamos, un ordenador es una máquina extremadamente compleja, que asimismo está compuesta por infinidad de partes, y cada una de ellas podría ser considerada una invención por separado.

Aun así, se puede indicar que la primera computadora electrónica y digital automática que se usó con números y letras fue inventada por Atanasoff entre 1937 y 1942, que le bautizó con el nombre de Atanasoff Berry Computer, ABC. Eso sí, Atanasoff se ayudó de Clifford Edward Berry y lo crearon en la 'Iowa State University', que por aquel entonces recibía el nombre de 'Iowa State College'.

Ya en el mes de septiembre de 1939 y con una subvención de 650 dólares, desarrolló el prototipo de la computadora



Monumento de homenaje a John Vincent Atanasoff, en Sofía (Bulgaria).

que denominaría en noviembre de ese mismo año. Según su propio inventor y protagonista de este reportaje, varios principios operativos del ABC fueron concebidos por él durante el invierno de 1938, después de haber realizado un viaje a Illinois. Pero es importante indicar que Atanasoff no trabajó solo en este trascendental invento, como hemos indicado hace unas líneas. En esta ocasión pidió consejo a uno de sus mejores amigos, el profesor Harold Anderson, para que le recomendara a unos de sus graduados, y este sin dudarlo le indicó que debía ser Clifford Edward Berry, ya que Anderson había quedado impresionado por el talento y la capacidad de este joven estadounidense. Pero fue Clifford el que llamó a Atanasoff para expresarle su interés en ese proyecto, y a partir de ese momento todo fue en marcha entre ambos ingenieros, que se reunieron para resolver los problemas básicos con los que se iban a encontrar en la construcción del prototipo del computador electrónico digital, aventura en la que ya estaban inmersos.

Este proceso fue largo y duró dos años debido a la falta de fondos, ya que los iniciales fueron aportados por el departamento de agronomía, y el resto de la financiación estuvo a cargo de la 'Research Corporation of America', en Nueva York. La primera demostración del prototipo se realizó en noviembre de 1939. La máquina pesaba más de 320 kg y en cuanto a mayores detalles contenía aproximadamente 1,6 km de cable,

280 tubos de vacío y ocupaba como una mesa de despacho.

En concreto, esta máquina, decididamente revolucionaria, aportó diversas innovaciones en su ámbito, puesto que se trataba de un sistema binario para la aritmética, memoria regenerativa y distinción entre la memoria y las funciones del primer computador moderno en utilizar aritmética en binario y usar circuitos electrónicos, que hoy en día se utilizan en todos los computadores. Es decir, en binario se utilizan dos símbolos, 0 y 1, para representar valores numéricos. Asimismo, el binario es una notación matemática en base dos. Debido a su relación directa con los circuitos electrónicos, este sistema se usa internamente en casi todos los ordenadores actuales.

Este invento fue el primero en implementar tres conceptos claves presentes en los ordenadores modernos, como el uso del sistema binario para representar todos los números y datos, así como la electrónica a la hora de realizar sus operaciones y, por último, que la computación estaba separada del sistema de almacenamiento o memoria.

De igual forma, el ABC no tenía una unidad central de procesamiento (CPU), pero fue diseñado como un dispositivo electrónico que utilizaba tubos de vacío para la computación digital. También tenía memoria de condensador regenerativo que funcionaba mediante un proceso similar al que se usa hoy en las memorias DRAM.

Estaba diseñado para solucionar sistemas de ecuaciones lineales con 29 variables. Este tipo de problema era muy típico en la física e ingeniería de aquella época. El sistema era alimentado con dos ecuaciones lineales con 29 variables y una constante, y eliminaba una de las variables. El proceso se repetía con el resto de ecuaciones, resultando un sistema de fórmulas con una variable menos y el proceso se volvía a repetir de nuevo para eliminar otra variable. El sistema tenía un error cada 100.000 cálculos, lo que en la práctica impedía resolver los sistemas de ecuaciones. En retrospectiva, una solución, que se podría haber adoptado con la tecnología disponible en aquella época, sería añadir un bit de paridad a cada número cuando era escrito. El problema no fue resuelto porque Atanasoff abandonó la universidad para colaborar con el ejército durante la Segunda Guerra Mundial.

Finalmente, el ABC fue desmontado

cuando la universidad convirtió en laboratorio el sótano donde estaba alojado y la mayor parte de sus piezas fueron eliminadas. En el año 1997 un grupo de investigadores de la universidad en la que Atanasoff había desarrollado gran parte de su carrera, finalizó la construcción de una réplica que se encuentra en exposición permanente en la Iowa.

### Propiedad intelectual y disputa de patentes

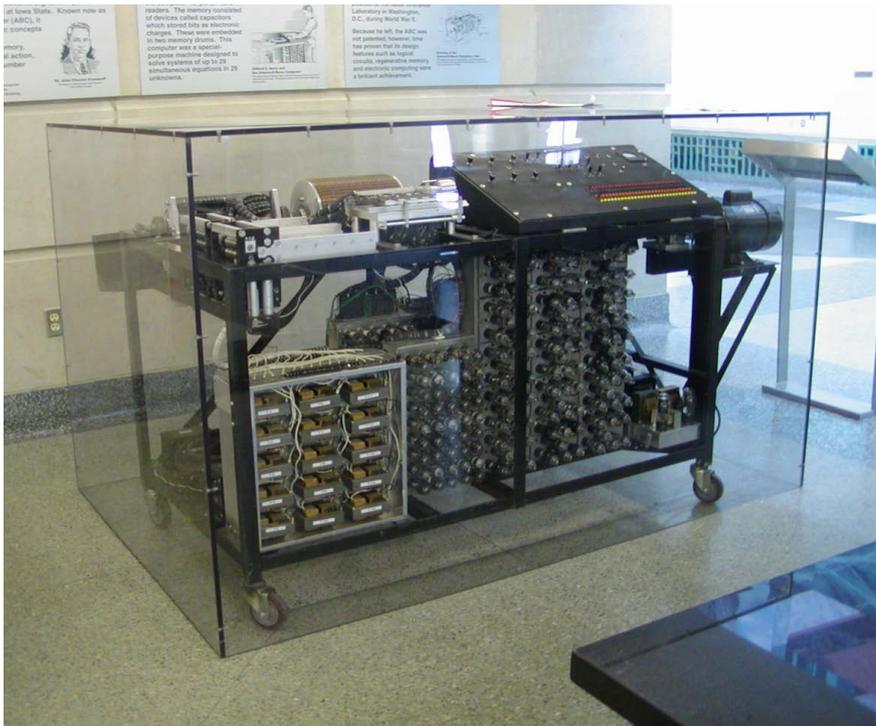
El ordenador de Atanasoff fue eclipsado por el que construyeron en 1945 John Mauchly y John Presper Eckert, una computadora electrónica digital, y que durante mucho tiempo ha sido considerado como el primer ordenador.

Si nos remontamos, según diversos biógrafos, fue en el año 1940 cuando en una reunión, John Atanasoff conoció a John Mauchly, momento en el que Atanasoff le habló sobre su computadora ABC y, además, invitó a Mauchly a verla en funcionamiento. Más adelante, ambos concertaron sendas visitas para discutir sobre prototipos. Derivadas de estas visitas, en las que Mauchly no le contó a Atanasoff su proyecto de computadora en la que estaba trabajando, se cree que Mauchly se inspiró en el invento de Atanasoff, para presentar junto a Presper Eckert el ENIAC (Computador e Integrador Numérico Electrónico), su ordenador digital. Asimismo, Mauchly y Eckert fueron los primeros en patentar un computador digital, solicitado en 1947 pero no concedido hasta 1964. A partir de ese momento comenzó la disputa sobre los derechos de la patente que desembocó en un largo litigio, desde 1967 hasta 1973.

En 1973, finalmente el invento de Atanasoff fue reconocido, cuando un juez federal anuló la patente que la compañía Sperry Rand detentaba del ordenador inventado por Mauchly y John Presper Eckert, estableciendo que este era un derivado del aparato inventado por Atanasoff, dado que concluyó que "Eckert y Mauchly no inventaron ellos mismos primero la computadora digital electrónica automática, sino que derivaron ese tema de un tal Dr. John Vincent Atanasoff".

### Tras la II Guerra Mundial / Posguerra

Después de la II Guerra Mundial, Atanasoff continuó trabajando para el Gobierno y desarrolló sismógrafos y microbarómetros que estaban especializados



Réplica del Atanasoff Berry Computer (ABC), en el Centro Durham Iowa State University (Foto: Wikimedia Commons).

en la detección de explosiones a larga distancia.

Pocos años más tarde y ya en la década de los cincuenta, concretamente en 1952, fundó la compañía Ordnance Engineering Corporation, que dirigió hasta 1956, año en que la vendió a la "Aerojet General Corporation", convirtiéndose en el presidente de su división atlántica entre los años 1957 y 1959, y vicepresidente los dos siguientes años, hasta 1961. En este año, decidió jubilarse.

Como se ha comentado, en la década de los 60 se retiró, junto a su segunda esposa, Alice, y se trasladó a Maryland. A pesar de su jubilación, en 1961 Atanasoff también fundó otra empresa cuyo nombre fue Cybernetics Incorporated, en la ciudad en la que se había retirado y que estuvo operativa 20 años.

### Distinciones y homenajes

Dado que su padre era de origen búlgaro y había emigrado a Estados Unidos en el año 1889, Atanasoff tenía una estrecha relación con dicho país y se mostraba muy orgulloso de exhibir sus raíces búlgaras por parte paterna. En el año 1970 fue invitado a este país por la *Bulgarian Academy of Sciences*, donde el gobierno búlgaro le otorgó la orden "Cyril and Methodius" al mérito de

primera clase. En concreto y dado su vínculo con este país, lo visitó en dos ocasiones, en 1975 y en 1985. En concreto acudió a Boyadzhik, la aldea en la que los turcos dispararon a su abuelo, y donde le dieron una cálida bienvenida los lugareños y los parientes de su padre. Asimismo, en Bulgaria fue nombrado ciudadano honorable de Yambol, una ciudad al sureste de Bulgaria, y en este sentido, el premio John Atanasoff se otorga todos los años en Bulgaria.

De igual forma, ya desde los años 40 comenzaron los homenajes y distinciones para Atanasoff, donde destacaba *U.S. Navy Distinguished Service Award* en 1945 y dos años más tarde *Citation, Seismological Society of America; Citation, Admiral, Bureau of Ordnance y Cosmos Club Membership*.

También le otorgaron el título de Doctor honorífico de Ciencias de la Universidad de Florida, título que años más tarde, en 1986, le concedería, en este caso la Universidad de Wisconsin. En 1974 fue cuando también le nombraron miembro honorífico de la Sociedad de Medicina Informática y dentro de esta década, pero unos años más tarde, en 1978, le incluyeron dentro del *Iowa Inventors Hall of Fame* y en 1985 en el *Iowa Governor's Science Medal*.

Asimismo, en el año 1981 recibió la "Computer Pioneer Medal" otorgada por el Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). Continuando en los años 80, otras distinciones que recibió fueron las de Iowa Governor's Science Medal; Order of Bulgaria, First Class Award; Computing Appreciation Award, EDUCOM y Holley Medal, de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos, todas en 1985, y un año más tarde recibe el Premio al Ingenio Estadounidense.

De igual forma, la ciudad búlgara de Plovdiv le puso su nombre a la Escuela Técnica, rama de la Universidad Técnica de Sofía, pasando a llamarse Escuela Técnica John Atanasoff. Otro edificio de informática en este caso, en el campus de la Iowa State University, recibe su nombre en su honor, el llamado Atanasoff Hall.

Tal fue la notoriedad que alcanzó este matemático e ingeniero, que el 28 de septiembre de 1983 el Observatorio Astronómico Nacional de Rozhen descubrió un asteroide, perteneciente al cinturón de asteroides, al que le dieron su nombre, (3546) Atanasoff.

### Últimos años

En el año 1990 recibió en Estados Unidos de mano de George Bush, el que sería presidente del país, la Medalla Nacional de Tecnología, un honor concedido a inventores e innovadores que hayan realizado importantes contribuciones al desarrollo de nuevos e importantes tecnologías, siendo este el más alto honor de los Estados Unidos que se puede conferir a un ciudadano para logros de este ámbito.

Cinco años más tarde, en el mes de junio, el día 15, fallecería de una congestión cerebral a la edad de 91 años en Maryland, Estados Unidos, tan solo 20 años más tarde después de que reconocieran como propio el invento que había creado muchos años antes, y que le había hecho merecedor de homenajes y distinciones, y que le catalogó como el inventor oficial de la primera computadora.

A pesar de que no fue hasta el año 1973 cuando le convalidaron y dieron por bueno su invento, creado muchos años atrás, es importante remarcar que su trabajo fue fundamental para el desarrollo del ordenador digital moderno, con lo que ello ha supuesto para el desarrollo del que conocemos en nuestros días.

**Motores y máquinas eléctricas**

**José Miguel Molina, Francisco Javier Cánovas y Francisco Asís**

Editorial Marcombo. 306 págs.  
ISBN 9788426717948



La presente obra es la tercera de tres libros que tratan sobre los Fundamentos de Electrotecnia para Ingenieros. Los tres títulos son: Principios Básicos de Electrotecnia (nº 6 de la colección Marcombo Universitaria), Corriente Alterna Monofásica y Trifásica (nº 7 de la colección Marcombo Universitaria) y Motores y Máquinas Eléctricas (nº 8 de la colección Marcombo Universitaria).

Se han estructurado en tres bloques temáticos, cuya secuencia de temas permite alcanzar un nivel adecuado partiendo de una base sencilla y fácil de comprender por estudiantes sin conocimientos previos. Dado que la electrotecnia es una ciencia aplicada, se han incluido en todos los temas, numerosos ejemplos de aplicación que proporcionan un sentido práctico a los fundamentos teóricos expuestos. En este tercer libro se estudian, mediante un enfoque claro y sencillo, las máquinas eléctricas. Tomando como referencia el capítulo cuarto del primer tomo (nº 6), donde se describen las bases del electromagnetismo, se realiza una visión teórico-práctica de las principales aplicaciones industriales del mismo: transformadores, máquinas de inducción, máquinas de continua y máquinas síncronas. Los autores del libro, Francisco Javier Cánovas Rodríguez, Francisco Asís Ruz Vila y José Miguel Molina Martínez, son profesores de la Universidad Politécnica de Cartagena. Su dilatada experiencia les ha permitido elaborar el presente libro, donde se recogen los aspectos teórico-prácticos sobre las máquinas eléctricas que cualquier ingeniero debe conocer.

**Hidrógeno. Pila de combustible: Gases del aire**

**Rogelio González Pérez**

Editorial Díaz de Santos. 248 pág.  
ISBN 9788490522967

Este libro estudia y desarrolla fundamentalmente los gases del aire, que tienen una afinidad de convivencia tanto en la Tierra como en el Universo, y donde el Hidrógeno es una de las fuentes más importantes de energía pura y limpia, que se puede y se debe utilizar convenientemente para mejorar el nivel de calidad de la vida y el medioambiente.

Las nuevas tecnologías del Hidrógeno habilitan un gran avance tecnológico en el campo industrial y una gran mejora en su impacto sobre el medioambiente, la viabilidad, la calidad y la seguridad. Gracias a su uso se puede eliminar gran parte de la polución y la contaminación medioambiental que existe en nuestro entorno. Su uso presenta grandes ventajas que pueden aplicarse industrialmente, teniendo siempre en cuenta en su utilización la seguridad.

Una aplicación muy importante en el presente es el coche de hidrógeno, funcionando con la Pila de combustible, también definida como Pila de Hidrógeno. El objetivo final de este libro es pues que el lector conozca el Hidrógeno, sus tecnologías y sus aplicaciones básicas a todo tipo de industrias. Junto a su estudio, se incluyen referencias exhaustivas a otros gases que de alguna manera conviven con él y que completan sus aplicaciones a la industria.



**Problemas resueltos de teoría de circuitos**

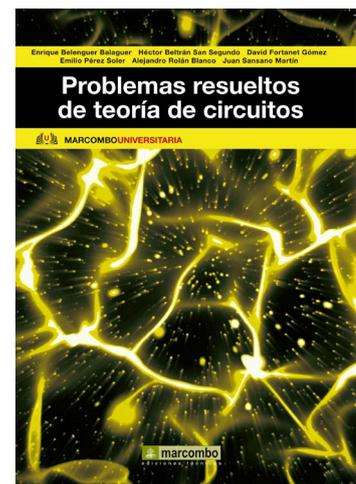
**David Fortanet, Héctor Beltrán y Enrique Belenguier**

Editorial Marcombo. 300 págs.  
ISBN 978842672242

La resolución de circuitos eléctricos es una de las aptitudes básicas que debe adquirir un estudiante de ingeniería del ámbito industrial. Diferentes campos de la ingeniería tales como la electrónica, el control o las instalaciones y máquinas eléctricas se desarrollan a partir de los conceptos básicos que se estudian en la Teoría de Circuitos.

Este libro permite al estudiante practicar la resolución de circuitos eléctricos a partir de una amplia colección de ejercicios ordenados por temática y por dificultad. Comenzando con los circuitos más sencillos de continua y su análisis mediante las leyes de Kirchhoff, el libro introduce los métodos de análisis de mallas y nudos, los teoremas generales de la teoría y el análisis de circuitos en alterna, incluyendo la resolución de circuitos trifásicos.

El libro recoge la amplia experiencia docente universitaria de los autores en las materias de Teoría de Circuitos y Electrotecnia, así como en otras disciplinas del área de Ingeniería Eléctrica.



# Premio Nacional de Iniciación a la Investigación Tecnológica de UAITIE, convocatoria 2022

Certamen de ciencia y tecnología a nivel nacional en formato de concurso que nace con el objetivo de fomentar las vocaciones técnicas y tecnológicas desde edades tempranas y estimular interés de la sociedad en la ingeniería. Están convocados los estudiantes de educación secundaria que estén cursando tecnología de todo el país (3º y 4º cursos de ESO y 1º y 2º de Bachillerato), a los que va dirigida esta iniciativa.

Los alumnos/as del IES Joaquín Romero Murube (Los Palacios y Villafranca, Sevilla) se alzaron con el triunfo de esta VII edición en la categoría ESO, por su proyecto “Mueble Memoria”, y los alumnos/as del IES Nit de l’Albá (Elche, Alicante), fueron los vencedores en la de Bachillerato, por su “Sistema inteligente salva obstáculos para discapacitados invidentes y sordos”.



La Ministra de Ciencia e Innovación, Diana Morant, presidió la entrega de premios el pasado 21 de junio.

## Exposición itinerante “mujeres ingenieras de éxito y su impacto en el desarrollo industrial”

El proyecto gestado desde la Entidad nace con el objetivo fundamental de dar visibilidad a los referentes femeninos que desempeñan sus carreras profesionales en el ámbito de la ingeniería y que al mismo tiempo sirvan como modelos a seguir para las jóvenes.

La Muestra que cada vez cuenta con más ingenieras en su haber, está compuesta por 23 paneles donde se glosan las trayectorias y logros de 6 ingenieras consideradas pioneras (5 roll ups), y otras 18 contemporáneas, representando en formato de paneles con ilustraciones, sus recorridos profesionales, y se completa con varios montajes audiovisuales. Además, desde hace tiempo, esta exposición itinerante, que cuenta también con los testimonios personales de las ingenieras, se viene mostrando canalizadas en las diferentes Asociaciones de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de toda España, para que los asociados y asociadas que lo deseen, así como el público en general, puedan visitarla en sus propias ciudades.

Los paneles explicativos de la exposición itinerante estuvieron expuestos en el hall del Ministerio de Ciencia e



La Asociación de A Coruña incorporó a Dubra Rodríguez en la galería de célebres mujeres.



Nadia Calviño y Diana Morant, en la clausura de la exposición “Mujeres ingenieras de éxito”, en el Ministerio de Ciencia e Innovación.



Mónica Ariño, nueva ingeniera de la Muestra por Teruel.



Manuela Delgado, ingeniera panelista por Zaragoza.

Innovación durante la semana del 20 al 24 de junio, con motivo de la celebra-

ción del Día de la Mujer en la Ingeniería, el 23 de junio.



# COGITI

Formación  
*e-learning*



## *Campus Virtual: Oferta formativa - Selección de cursos*

---

Revit MEP + Introducción a Estructuras Online

Eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior

Finanzas empresariales para técnicos

Fabricación aditiva

Realización de Expedientes de Mercado CE de maquinaria y productos de construcción

Diseño y cálculo de instalaciones de energía solar térmica

Ingeniería de Diagnóstico de Maquinaria. Análisis de Vibraciones

Aplicación práctica del Documento Básico de Seguridad contra incendios y del Documento de Seguridad de Utilización del CTE

Curso Superior de energía eólica

Diseño e inspección de líneas eléctricas de Alta Tensión según el Reglamento R.D. 223/2008

Patología en edificación para la redacción de informes para ITE e IEE

Diseño de circuitos impresos (PCBs)

*Esto es tan sólo una muestra del catálogo de cursos técnicos que encontrará en nuestra Plataforma online. Los cursos son constantemente renovados y adaptados a las necesidades actuales.*

[www.cogitiformacion.es](http://www.cogitiformacion.es)



# Seguro de Accidentes GENERACIÓN Z

¡Te lo ponemos muy fácil!

Contrátalo online por solo:

**10,87 €**  
**¡AL AÑO!**

Si tienes entre 18 y 30 años tenemos para ti un seguro completo y económico con estas garantías:

- ✓ Fallecimiento por accidente: 12.000€
- ✓ Incapacidad permanente absoluta por accidente: 18.000 €
- ✓ Incapacidad permanente total por accidente: 9.000€
- ✓ Incapacidad permanente parcial por accidente: hasta 9.000€ (según baremo).



👉 Accede aquí: <https://mupiti.com/solicitud-seguro-de-accidentes-generacionz>

Más información

✉ virginia@mupiti.com

🌐 www.mupiti.com

☎ 900 820 720

