

Técnica Industrial 325

Inteligencia Artificial

HISTORIA DE LA NORMALIZACIÓN

Apuntes para una historia de la normalización.

MICRORREDES HÍBRIDAS

Una solución para países en vías de desarrollo.

PATRIMONIO HISTÓRICO INDUSTRIAL

En la Comunidad Valenciana.

HIDRÓGENO COMO VECTOR ENERGÉTICO

Propuesta de utilización del hidrógeno como vector energético.

INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS

Interruptores automáticos para redes HVDC.

REPORTAJE

La revolución tecnológica de la inteligencia artificial

BLOCKCHAIN

Cuando la inteligencia artificial impulsa la democratización del sistema energético

ENTREVISTA

Eduardo Jáuregui, CEO y cofundador de Irisbond, primer software de eye tracking de fabricación y desarrollo 100% español



**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 dosieres 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

catenon®
WORLDWIDE EXECUTIVE SEARCH

ferroser

Gehrlicher
Solar

ADARTIA

MUPITI PROFESIONAL DIGITAL

TÚ PUEDES ELEGIR

¿El qué?

Si trabajarás como ingeniero por tu cuenta dándote de alta en el sistema de la seguridad social o dándote de alta en MUPITI, la Mutualidad de los Ingenieros.



¿Qué es mejor?

Mira alguna de las ventajas y decide tú:

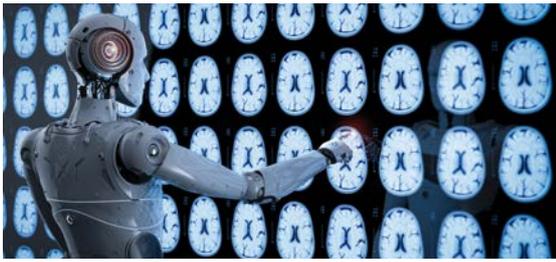
- ✓ Pagarás menos cuota al mes y podrás aumentarla cuando quieras.
- ✓ Estarás cubierto ante un fallecimiento, invalidez o incapacidad temporal.
 - ✓ Tu pensión en la jubilación estará asegurada.
 - ✓ Podrás desgravar las cuotas fiscalmente.
- ✓ Si estás jubilado y cobrando una pensión de la seguridad social, podrás trabajar por cuenta propia y no verás reducida tu pensión.
- ✓ Si te das de alta como ejerciente libre de la profesión en el sistema de la seguridad social después no podrás hacerlo en Mupiti Profesional Digital, pero al revés sí.

¿Como se contrata?

Sólo te llevará unos minutos en nuestra plataforma digital.

<https://www.mupitiprofesionaldigital.com/>

Más Info: 900 820 720 o virginia@mupiti.com



EN PORTADA Inteligencia Artificial

08 La revolución tecnológica de la inteligencia artificial La inteligencia artificial (IA) ha dejado de ser ciencia ficción, y aunque todavía se encuentra en una fase inicial, está llamada a protagonizar una revolución como la que en su día supuso Internet.
Mónica Ramírez

14 ENTREVISTA Carlos León de Mora Catedrático en la Universidad de Sevilla y experto en Inteligencia Artificial: "Será necesario multiplicar por tres el número de profesionales formados en Inteligencia Artificial".

18 ENTREVISTA José Santos Olloqui IT Projects & Developments, Artificial Intelligence (IA), Industry 4.0, IOT & IIOT: "La IA supone un cambio coyuntural tan profundo que afecta a los cimientos de una sociedad".

20 Homo Augmentus
Fernando Doncel

Foto de portada: Shutterstock.

ARTÍCULOS

28 ORIGINAL
Microrredes híbridas, una solución para países en vías de desarrollo
Hybrid micronetworks, a solution for developing countries.
Paula Bastida-Molina, Elías Hurtado-Pérez, Carlos Vargas-Salgado, David Ribó-Pérez



36 ORIGINAL
Patrimonio histórico industrial de la Comunitat Valenciana
Industrial historical heritage of the Valencian Community.
Francisca Ramón Fernández



42 ORIGINAL
Apuntes para una historia de la normalización
Notes for a history of normalization.
María Jesús Moro Piñeiro



56 ORIGINAL
Propuesta de utilización del hidrógeno como vector energético
Proposal for the use of hydrogen as an energy vector.
Maximino García Vigil

62 ORIGINAL
Interruptores automáticos para redes HVDC
Circuit breakers for HVDC grids
D.M. Larruskain, A. Etxegarai, O. Abarrategi, P. Eguía, G. Buigues



ACTUALIDAD

04 Eye tracking, la nueva tecnología de la Industria 4.0
La tecnología avanza a pasos agigantados, hasta tal punto que hoy en día es posible dar órdenes a una máquina o robot tan solo con la mirada. Es la tecnología eye tracking, que ya se está aplicando en numerosos ámbitos, pero será en la Industria 4.0, el neuromarketing y la automoción donde está previsto que despunte en 2020.
Mónica Ramírez

06 ENTREVISTA Eduardo Jáuregui CEO y cofundador de Irisbond: "El eye tracking será un agente fundamental en la forma en que los humanos nos conectaremos con el mundo".
Mónica Ramírez

22 Blockchain: cuando la inteligencia artificial impulsa la democratización del sistema energético
Marita Morcillo

26 Brooklyn Microgrid, la comunidad energética de Nueva York nacida tras el huracán Sandy
Marita Morcillo

90 Ferias y congresos

INGENIERÍA Y HUMANIDADES

92 El autómatas ajedrecista de Leonardo Torres Quevedo, precursor de la inteligencia artificial
A principios del siglo XX, en la llamada Edad de Plata de la ciencia española, encontramos una figura que supo combinar como ninguna otra sus aptitudes de inventor y sus virtudes como científico. Sus trabajos alcanzaron gran repercusión internacional y son recordados como precursores de la inteligencia artificial en los inicios del siglo XX. Este insigne ingeniero es Leonardo Torres Quevedo.
Rosa Lerma



96 Publicaciones

PROFESIÓN

03 Editorial La vida nos enseña

José Antonio Galdón Ruiz

70 Congreso UP 20+20: Profesionales unidas por un mundo en cambio

Los pasados días 5 y 6 de marzo se celebraba en Madrid el Congreso UP 20+20, en el marco del 40 Aniversario de Unión Profesional, la asociación estatal que agrupa a las profesiones colegiadas españolas, y a cerca de millón y medio de profesionales liberales.



72 Proyecto formativo para el desarrollo sostenible de infraestructuras de Alta Tensión

El Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España (COGITI) ha puesto en marcha un proyecto formativo enfocado a proporcionar formación en un nuevo modelo de ética ambiental, y un empleo de calidad a los profesionales, en el sector de las energías renovables.



72 La Fundación Técnica Industrial firma un convenio de colaboración con ASEPA



73 COGITI firma sendos convenios de colaboración con Schneider Electric España y Emesa

73 Más de mil ingenieros formados en metodología BIM a través del COGITI

El Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España (COGITI) ha llevado a cabo la formación de más de mil ingenieros en metodología BIM (Building Information Modeling o Modelado de Información en Construcción), en el marco del programa de ayudas concedidas por el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, antiguo Ministerio de Fomento, para financiar actividades formativas en dicha metodología, aplicada a la contratación y licitación de obras públicas. La formación ha sido totalmente gratuita para los destinatarios.

74 ENTREVISTA Elena Moral Grande Directora de ejecución de proyectos de Talgo: "Ojalá no haya que separar los premios por género en un futuro cercano".

Mónica Ramírez



77 Engineida

78 ENTREVISTA Rosalía Gonzalo López Consejera delegada de Madrid Calle 30: "Existe una conciencia real de lograr ciudades más amables".

Mónica Ramírez

82 ENTREVISTA Evelio Gracia Yus Ingeniero Técnico Industrial y Socio de Mérito de la UAITIE: "Los ingenieros técnicos contribuimos en gran medida al bienestar de la humanidad".

Mónica Ramírez



84 ENTREVISTA Gonzalo Robredo Director General de Euro Seating: "Desde Ezcaray, en La Rioja, llevamos la marca España por todo el mundo".

Mónica Ramírez



86 APUNTES FORENSES Análisis Mort

Francisco Flores e Irene Ramírez



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^a 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 Luis Francisco Pascual Piñero

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 Fernando Martín Fernández

Badajoz Vicenta Gómez Garrido

Illes Balears Juan Ribas Cantero

Barcelona Miquel Darnés i Cirera

Bizkaia Alberto García Lizaranzu

Burgos Agapito Martínez Pérez

Cáceres Fernando Doncel Blázquez

Cádiz Domingo Villeró Carro

Cantabria Enrique González Herbera

Castellón José Luis Ginés Porcar

Ciudad Real José Carlos Pardo García

Córdoba Manuel Caballano Bravo

Gipuzkoa Santiago Beasain Biurrarena

Girona Jordi Fabrellas Payret

Granada Fernando Terrón Bote

Guadalajara Juan José Cruz García

Huelva David Muñoz de la Villa

Jaén Rafael Fernández Mesa

La Rioja Jesús Vellilla 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 Vilasarau 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 Fernando García de Andrés

Sevilla Ana M^a Jáuregui Ramírez

Soria Levy Garijo Tarancón

Tarragona Antón Escarré Paris

Toledo Ángel Carrero Romero

Valencia Angélica Gómez González

Valladolid Francisco Javier Escribano Cordovés

Vigo Jorge Cerqueiro Pequeño

Vilanova i la Geltrú Xavier Jiménez García

Zamora Jose Luis Hernández Merchán

La vida nos enseña

En 325 ediciones de esta maravillosa revista nunca se había vivido una situación tan excepcional como la que estamos padeciendo con esta pandemia del coronavirus (COVID-19), que desgraciadamente ya pasará a formar parte de nuestras vidas.

Como muchos de vosotros, hoy me he levantado sobresaltado con el ingreso hospitalario de un buen amigo y compañero, que deseo esté totalmente recuperado cuando esta publicación vea la luz, pero poco después me ha llegado la alegría y la esperanza por el nacimiento de Ezequiel, el hijo de otro buen amigo, y son precisamente estos últimos sentimientos los que quiero que me acompañen en las siguientes líneas.

Los que me conocéis, sabéis que soy un optimista convencido de que el trabajo y el esfuerzo siempre tienen su recompensa, que a las dificultades no se les puede combatir con el desánimo o la inactividad, y que de cualquier situación de la vida, por mala que sea esta, se debe aprender y se pueden extraer, cosas positivas.

Si nos paramos a pensar un poco, hace unos meses mirábamos lo que estaba pasando en China con total indiferencia, y casi con un sentimiento de condescendencia, sumado a la seguridad de que esto aquí no nos podía pasar. Solo empezamos a ser más conscientes del problema, al conocer noticias sobre la falta de abastecimiento de materias primas o productos que nos llegaban de allí, porque esto ya, si nos afectaba directamente. En ese momento, surgió con fuerza la reflexión que nos lleva acompañando durante mucho tiempo, pero que no termina de afrontarse con rigor, que es la de la competitividad de nuestro sector industrial y los efectos de la deslocalización. (Quizás sea una oportunidad...)

Poco después, veíamos a otros países más cercanos que comenzaban a sufrir contagios y actuábamos igual que con China, pero con algo más de expectación. Pero es que cuando llegó a algunas zonas de España, en el resto se veía exactamente igual, como algo lejano que no nos afectaría, y aquí otra reflexión. ¿Quizás nos hemos convertido en seres tan egoístas que solo nos importamos nosotros mismos?

Al final y tras muchos intentos por esquivar la realidad, esta nos ha superado, y nos está dando dado una lección que posiblemente ninguno de nosotros olvidaremos, y es que lejos de individualismos y egocentrismos, para superar esta difícil situación tenemos no solo que actuar con responsabilidad, que de nada sirve, si los demás no hacen lo propio, sino que tenemos que ir todos al unísono. Y esta es la tercera reflexión, que cuando se comparten objetivos hay que unirse y coordinarse con el resto, y quizás este hecho, nos haga recapacitar a más de uno.

Pero esto no acaba aquí y la situación a estas alturas no está ni mucho menos controlada, así que si queremos salir airoso tenemos que haber aprendido primero la lección. Nuestro futuro va en ello, y lejos de hipotecarlo nos ha de servir para transformarlo



y mejorarlo, y ahí es donde están depositadas nuestras expectativas como sociedad.

La Ingeniería Técnica Industrial es una profesión con 170 años de historia, y ahora más que nunca debemos seguir escribiendo páginas doradas, es el momento de dar lo mejor de nosotros mismos, de aflorar las esencias de nuestra profesión y de implicarnos al máximo para colaborar con el conjunto de la sociedad. Y todo ello hemos de hacerlo unidos y compartiendo objetivos, a través de los Colegios Profesionales, sumando esfuerzos y ejerciendo la solidaridad.

Nuestros retos pasan ahora más que nunca por fortalecer el tejido industrial, por hacerlo más competitivo, pero también ha de ser más sostenible e innovador. El mundo en general va a sufrir una transformación social, y la industria tiene que interiorizarla de forma rápida y adaptarse a sus necesidades. Pero ya no solo la industria como tal, sino el tejido productivo en su conjunto, y el resto de sectores van a sufrir importantes cambios para las que hay que estar más preparados que nunca, y ahí es donde debemos estar.

Los ingenieros tenemos una responsabilidad muy grande en esta nueva etapa que va a comenzar y hemos de estar a la altura, así que vamos a ponernos desde ya manos a la obra, primero a preparar el terreno, y acto seguido a cimentar una sólida y próspera recuperación.

Por tanto, nada de lamentos ni distracciones banales, hay que ponerse manos a la obra con entusiasmo y confianza en nuestras posibilidades, con la lección aprendida y aunando voluntades hacia objetivos compartidos.

La vida nos está poniendo a prueba y nuestro reto es superarla con éxito. ¡Ánimo y a seguir!

José Antonio Galdón Ruiz

Presidente del Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España (COGITI)



En una sala esterilizada o limpia, se observa la maquinaria que puede ser controlada por la mirada, para permitir al profesional el manejo de sustancias o productos con las manos.

Eye tracking, la nueva tecnología de la Industria 4.0

La tecnología avanza a pasos agigantados, hasta tal punto que hoy en día es posible dar órdenes a una máquina o robot tan solo con la mirada. Es la tecnología eye tracking, que ya se está aplicando en numerosos ámbitos, pero será en la Industria 4.0, el neuromarketing y la automoción donde está previsto que despunte en 2020

Mónica Ramírez

En mayo de 2017 se llevó a cabo una singular partida de ajedrez en la que una persona con un importante grado de discapacidad física pudo jugar con naturalidad contra su adversario, moviendo las piezas en el tablero a través del robot YuMi de ABB, al que controlaba mediante el movimiento de los ojos. Se trataba de la presentación de un proyecto basado en la tecnología eye tracking, realizado bajo el paraguas del programa Bind 4.0, y los impulsores de este proyecto eran ABB e Irisbond.

Ambas compañías habían desarrollado conjuntamente este nuevo avance tecnológico, con la ayuda de Bind 4.0, un innovador programa de aceleración internacional liderado por el Gobierno Vasco y las principales empresas industriales con presencia en la Comunidad Autónoma. El programa estaba dirigido a nuevas empresas tecnológicas con soluciones dirigidas a la industria, y conectaba a empresas de nueva creación con grandes compañías, como Mercedes

Benz, ABB, CAF o Michelin, además de un completo programa de apoyo.

YuMi, el robot colaborativo de dos brazos de ABB, fue la opción perfecta para comenzar a ensayar la tecnología de control mediante la visión por su completa integración en el entorno digital y sus características que permiten una interacción hombre-máquina completamente segura.

La solución se apoyaba en el software *webtracker*, que permite el control de ordenadores con el movimiento de los ojos monitorizados a través de una webcam. Este sistema utiliza sofisticados algoritmos basados en el posicionamiento de la cara y de los ojos, con el objetivo de permitir a los usuarios interactuar con el robot y controlarlo de una forma natural.

En el ámbito de la medicina, gracias al eye tracking se puede acceder al ordenador con la mirada, y evitar así el contacto innecesario con dispositivos en el entorno estéril de una sala blanca, por lo que facilita el trabajo de cirujanos y aumenta la seguridad higiénica.

Aplicaciones en robótica industrial

Esta tecnología abre un amplio abanico de posibilidades de nuevas aplicaciones de la robótica industrial, especialmente la robótica colaborativa hombre-robot, incluyendo nuevas opciones de integración laboral para personas con discapacidad. En el sector industrial, esta herramienta se puede combinar con la robótica, de tal manera que puede llegar a conseguir que el operario dé órdenes con sus propios ojos. Por ejemplo, hacer que la cámara apunte hacia un lugar o realizar una captura de pantalla, para ayuda a realizar tareas de planificación, evaluación, entrenamiento o medición.

El eye tracking se está utilizando ya en muchos ámbitos, con diferentes aplicaciones. Sin embargo, los expertos en la materia señalan que en 2020 avanzará en campos tan significativos como sanidad, industria, logística, marketing o transportes. De hecho, estudios internacionales apuntan a que el mercado global de eye tracking crecerá un 27,4% anual hasta

2025 (valorado en 287 millones de dólares en 2018).

Gracias a la naturalidad que ofrece como forma de comunicación y a las múltiples posibilidades de aplicación que permite la tecnología de seguimiento ocular, se está investigando y desarrollando mucho en el campo para poder satisfacer la creciente demanda de todo tipo de sectores.

Actualmente, los ámbitos que tienen una mayor penetración de uso de esta tecnología son salud y retail, aunque la tendencia es que, en los próximos años, despunten principalmente automoción, neuromarketing e industria 4.0. Las previsiones apuntan a que las aplicaciones más frecuentes de esta tecnología a corto plazo podrían ser las de realidad aumentada y realidad virtual, su incorporación en dispositivos móviles, de entretenimiento y *gaming* o de soluciones biométricas sin contacto.

En este contexto, en 2013 nació la compañía tecnológica Irisbond, primer software de eye tracking de fabricación y desarrollo 100% español con el que controlar cualquier dispositivo con la mirada. Su objetivo era ser pionera en tecnologías de apoyo, con soluciones basadas en años de I+D.

Si bien inicialmente desarrolló tecnología para permitir la comunicación alternativa a personas con discapacidad como la parálisis cerebral o la ELA, y ha sido su principal función en los últimos años, este desarrollo está evolucionando (como modelo SaaS) para ser totalmente adaptable y acorde a las necesidades del proyecto en cuestión. En este sentido, Irisbond ha realizado un análisis de los tres sectores en los que esta tecnología innovadora tendrá un fuerte desarrollo este año.

Automoción

La aplicación más directa en este sector se encuentra en los sistemas de monitorización del conductor (DMS), donde la tecnología eye tracking está siendo de gran importancia. Con el objetivo de construir coches más seguros y avanzados, la combinación entre reconocimiento facial y seguimiento ocular permite obtener información sobre la atención del conductor, el estado de alerta o su concentración al volante. De esta manera se pueden crear avisos y notificaciones durante la conducción.

Además, el eye tracking está siendo de gran ayuda en los procesos de tes-



Una persona maneja su smartphone con la mirada (eye tracking).

teo e inspecciones de seguridad, ya que aporta luz, a través de mapas de calor, por ejemplo, sobre el foco de la mirada del conductor. Incluso se están implantando sistemas de realidad mixta donde se combina la realidad y la denominada realidad virtual, y mediante la tecnología eye tracking se identifican los elementos que causan distracción o estados de alerta durante la conducción.

Neuromarketing

En el ámbito de la publicidad y el marketing es importante poder conocer la conducta de los consumidores, sus preferencias, sus decisiones y, sobre todo, llegar a predecir sus comportamientos. Para ello se emplean técnicas de neuromarketing como el EEG, el eye tracking o los test de respuesta implícita.

Respecto a la tecnología eye tracking, permite identificar mediante un exhaustivo seguimiento ocular, patrones de comportamiento durante la visita al punto de venta o al momento del contacto con la marca. Por ello, las aplicaciones son infinitas, desde usabilidad de software/hardware, testeo de publicidad y producto en comercios, hasta análisis de la concepción de la imagen corporativa.

Robótica e Industria 4.0

En el campo de la robótica y la Industria 4.0, el eye tracking mejora la planificación y precisión con exactitud en entornos seguros. Se trata, sin duda, de una de las actividades profesionales donde se requiere de complejos aprendizajes y largos entrenamientos para su correcto desempeño. En este sector, la tecnología avanza a pasos agigantados, y abre nuevas posibilidades de aplicación para la industria robótica y especialmente, para la robótica colaborativa hombre-robot.

Hasta hace unos años, la forma de interactuar con las máquinas era me-

dante teclados u otros periféricos, como un ratón. Con el paso del tiempo, se dio el paso a las pantallas táctiles, y la tendencia para los próximos años será el eye tracking. En un futuro cercano interactuaremos con ordenadores, tablets, smartphones o televisores inteligentes con la voz, mediante gestos y también con la mirada.

Un ejemplo lo encontramos en las aplicaciones en tareas de inspección con cámara, dirigiéndola con los ojos al punto donde se ha de tomar la fotografía de inspección, y dando la orden de disparo de foto mediante un guiño del ojo. También se puede aplicar al concepto del "tercer brazo", que permitiría a personas que en la planta de producción han de manejar cierta maquinaria o herramientas para las que necesitan ambas manos, dar instrucciones a un robot con los ojos para que realice operaciones adicionales sobre la maquinaria o herramientas que está manejando. Por supuesto, servirá también para la inserción laboral de personas con ciertas discapacidades comunicativas a ciertos puestos de trabajo propios de la planta de producción.

La implementación del eye tracking en el sector industrial permite evaluar, además, el desempeño de una actividad, dar entrenamientos concretos o aportar una transmisión más eficaz del conocimiento. Asimismo, tiene aplicaciones en la medición de los factores humanos, la seguridad y la prevención laboral.

"Creo firmemente en que el futuro pasa por facilitar la manera en la que los humanos nos relacionamos con el entorno. La mirada es, sin duda, uno de los medios más naturales de comunicación. Además, es totalmente inclusiva y no discrimina a colectivos que puedan ver limitadas sus capacidades de habla o movilidad", apunta Eduardo Eduardo Jáuregui, fundador de Irisbond.

Eduardo Jáuregui

CEO y cofundador de Irisbond

“El eye tracking será un agente fundamental en la forma en que los humanos nos conectaremos con el mundo”

Mónica Ramírez

Eduardo Jáuregui es ingeniero electrónico (TECNUN, Universidad de Navarra, 1996) y posee un MBA (Universidad de Deusto, 2004). Nada más acabar la carrera comienza su carrera profesional en Jema -empresa especializada en electrónica de potencia- integrado en el departamento de ingeniería, donde años más tarde llega a liderar dicho departamento. En 2006 se traslada a TESA-ASSA ABLOY, multinacional líder en control de accesos para impulsar el departamento de I+D. Tras varios años en el puesto, en 2013 decide crear su propia empresa y lanzar un negocio global a partir de una tecnología disruptiva basada en eye tracking. Junto con el Centro de Tecnología Aplicada Vicomtech funda Irisbond, proporcionando una solución de comunicación alternativa mediante la tecnología de seguimiento de la mirada con un enfoque socialmente disruptivo e innovador.

Irisbond está trabajando en la actualidad en la incorporación de herramientas de inteligencia artificial para mejorar el uso de la tecnología eye tracking, ¿en qué consisten exactamente?

La tecnología eyetracking es un sistema basado en el principio de seguimiento ocular, que permite controlar de forma precisa e intuitiva un ordenador mediante el movimiento de los ojos. Básicamente lo que hacemos es manejar el entorno con la mirada; de manera que dotamos de inteligencia a las máquinas para que éstas puedan interpretar nuestro iris y podamos comunicarnos con ellas, siendo una tecnología sumamente innovadora y pionera.

Nuestra tecnología evoluciona a sistemas más avanzados y portables situando como reto la eliminación completa de elementos externos, y realizar el seguimiento ocular sobre cualquier dispositivo móvil utilizando la propia cámara embebida del



Eduardo Jáuregui

dispositivo. Un desarrollo tecnológico basado en IA, y más concretamente en *deep learning*, que crea redes neuronales basadas en visión por computadora.

El eyetracking se está utilizando ya en muchos ámbitos de la vida, con diferentes aplicaciones. Y todo apunta a que en este año avanzará en campos tan significativos como marketing, sanidad, industria, logística o transportes. De hecho, estudios internacionales apuntan a que el mercado global de eyetracking se espera que crezca un 27,4% anual hasta 2025 (valorado en 287 millones de dólares en 2018).

¿Qué aplicaciones tiene esta tecnología en la Industria 4.0?

La tecnología eyetracking permite dar órdenes a las máquinas tan solo con la mirada o, por ejemplo, que un operario pueda acceder a la interfaz de una máquina solo con el movimiento de sus ojos. Hasta hace unos años, la forma de interactuar con estos dispositivos era mediante teclados u otros periféricos como un ratón.

Con el paso del tiempo, se dio el paso a las pantallas táctiles. Creemos que el siguiente paso para el control de máquinas en la industria no será la voz, sino la mirada. Los entornos industriales son entornos ruidosos, por lo que las órdenes de voz no serán el sistema óptimo. En cambio, la mirada no tiene ningún tipo de limitación. Por ello, el eyetracking va a ser un agente fundamental en la forma en que los humanos nos conectaremos con el mundo. En un futuro cercano interactuaremos con ordenadores, 'tablets', 'smartphones' o televisores inteligentes con la voz, mediante gestos y también con la mirada.

¿Qué beneficios y ventajas aporta al trabajo desarrollado en dicho sector?

Esta tecnología abre nuevas posibilidades de aplicación para la robótica industrial, y especialmente para la robótica colaborativa hombre-robot, como pueden ser aplicaciones en tareas de inspección con cámara, dirigiendo la cámara con los ojos al punto donde se ha de tomar la fotografía de inspección, y dando la orden de disparo de foto mediante guiño del ojo.

El concepto del “tercer brazo”, que permitiría a personas que en la planta de producción han de manejar cierta maquinaria o herramientas para las que necesitan ambas manos, dar instrucciones a un robot con los ojos para que realice operaciones adicionales sobre la maquinaria o herramientas que está manejando.

¿En qué otros ámbitos podría aplicarse esta tecnología?

El potencial y las aplicaciones de esta tecnología son infinitas. Podemos manejar una máquina o incluso navegar por Netflix solo con la mirada. En nuestros inicios, identificamos una aplicación muy natural como es dar voz a personas que no la tienen, ayudando a personas con alguna discapacidad a interactuar con una pantalla de ordenador y abrirle así una

ventana al mundo. Observamos un gran impacto del uso del eyetracking en el coche autónomo para el control de diferentes elementos, pero aún tardará unos años en verse en el mercado. También se está desarrollando mucho el eyetracking en sectores como el neuromarketing, permitiendo conocer dónde está mirando una persona y cómo interactúa con la publicidad. Desde Irisbond ya estamos en contacto con varias empresas para ofrecer esta tecnología a corto plazo.

¿Qué proyección se espera que tenga el mercado global de eye tracking en términos económicos?

El eyetracking se está utilizando ya en muchos ámbitos de la vida, con diferentes aplicaciones. Y todo apunta a que en este año avanzará en campos tan significativos como marketing, sanidad, industria,

logística o transportes. De hecho, según estudios internacionales, el mercado global de eye tracking se espera que crezca un 27,4% anual hasta 2025 y se valoró en 287 millones de dólares en 2018.

Las previsiones apuntan también a que las aplicaciones más frecuentes de esta tecnología en los próximos años podrían ser las de realidad aumentada y realidad virtual, ¿qué opina sobre ello?

Efectivamente, las previsiones apuntan a que las aplicaciones más frecuentes de esta tecnología en próximos años podrían ser las de realidad mixta, con la combinación de realidad aumentada y realidad virtual, y con su incorporación en dispositivos móviles, de entretenimiento y gaming, de robótica colaborativa o de soluciones biométricas sin contacto.

¿Cuáles son sus próximos proyectos?

Afrontamos el 2020 con importantes retos. En este momento estamos participando en la prestigiosa beca del Cambridge Innovation Center (Boston, Massachusetts), que nos permitirá acelerar y desarrollar nuestro proyecto en I+D, junto al MIT; así como explorar la expansión del negocio en el mercado estadounidense. También somos parte del nuevo clúster UPTeK de AFM (Advanced Manufacturing Technologies), cuyo objetivo es generar soluciones innovadoras en el ámbito de la Industria 4.0. Además, el intenso trabajo de educación, concienciación y formación que llevamos realizando desde el 2014 se ha visto reforzado tras el anuncio del Ministerio de Salud, que a partir de enero de 2020 subvencionará al 100% los dispositivos de eye tracking para pacientes con trastornos neuromotores graves.

Libro Blanco sobre Inteligencia Artificial de la Unión Europea

La Comisión Europea (CE) ha presentado recientemente el Libro Blanco sobre Inteligencia Artificial y su propuesta para regular su desarrollo, así como su plan para que las pymes saquen el mayor provecho de los datos a través de la transformación digital. Para ello, será también necesario colaborar con los Estados miembros y la comunidad investigadora, con el fin de atraer y retener el talento.

La Comisión ha sido clara al señalar que Europa posee todo lo necesario para convertirse en un líder mundial en sistemas de inteligencia artificial (IA), que puedan usarse y aplicarse de forma fiable, basados en la excelencia y la confianza. Como explica la propia CE en un comunicado, la Unión Europea cuenta con excelentes centros de investigación, sistemas digitales seguros y una posición sólida en robótica, así como unos sectores manufactureros y de servicios competitivos, que abarcan desde la automoción a la energía, pasando por la asistencia sanitaria o la agricultura.

Sin embargo, los sistemas de inteligencia artificial pueden ser complejos y traer consigo unos riesgos importantes en determinados contextos, por lo que es esencial crear confianza. En este sentido, es necesario establecer unas normas claras. El Libro Blanco sobre la Inteligencia Artificial se ha abierto a la consulta pública hasta el próximo 19 de mayo.

Economía de datos

Por otro lado, la Comisión Europea también está recabando observaciones acerca de su estrategia de datos, en base a la cual llevará a cabo nuevas medidas de apoyo al desarrollo de una IA fiable y de la economía de los datos.

En este sentido, el comisario de Mercado Interior, Thierry Breton, ha señalado que la sociedad actual “está generando una gran ola de datos públicos e industriales, que transformarán el modo en que producimos, consumimos y vivimos”,

por lo que las empresas y pymes europeas tienen que “acceder a dichos datos y crear valor para los europeos”, lo que incluye el desarrollo de aplicaciones de inteligencia artificial. A su juicio, Europa cuenta con todo lo necesario para liderar la carrera de los macrodatos y mantener su soberanía tecnológica, su liderazgo industrial y su competitividad económica en beneficio de los consumidores europeos.

La cantidad de datos que generan las empresas y los organismos públicos no para de crecer; de tal manera que en lo que respecta a los datos industriales, nos llevará a una profunda transformación en el modo en que producimos y consumimos.

No obstante, la mayor parte de su potencial sigue estando desaprovechado, si tenemos en cuenta que Europa cuenta con todo lo necesario para convertirse en líder en esta nueva economía de los datos: un potente tejido industrial, las tecnologías, y las capacidades necesarias.

La estrategia europea de datos tiene como objetivo crear un mercado único de datos, en beneficio de las empresas, los investigadores y las administraciones públicas. Para lograrlo, la Comisión propondrá, en primer lugar, la creación del marco regulador en materia de gestión de los datos, del acceso a los mismos y de su reutilización entre empresas, entre administraciones, y entre empresas y administraciones.

En segundo lugar, la Comisión pretende apoyar el desarrollo de los sistemas tecnológicos y la siguiente generación de infraestructuras, lo que permitirá a la UE y a todos los actores aprovechar las oportunidades que brinda la economía de los datos. De este modo, aportará su contribución a las inversiones en proyectos europeos de gran impacto sobre espacios de datos europeos e infraestructuras en la nube, que sean fiables y eficientes desde el punto de vista energético.

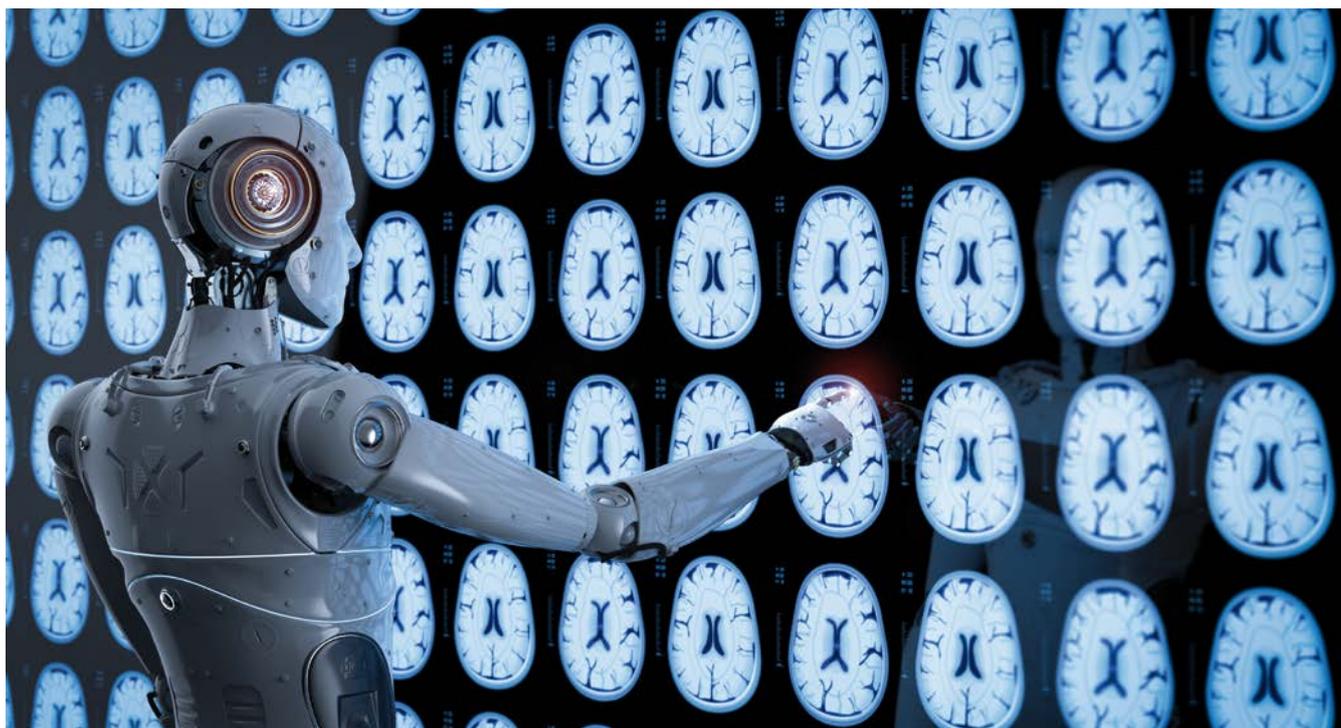


Foto: Shutterstock.

La revolución tecnológica de la inteligencia artificial

La inteligencia artificial (IA) ha dejado de ser ciencia ficción, y aunque todavía se encuentra en una fase inicial, está llamada a protagonizar una revolución como la que en su día supuso Internet

Mónica Ramírez

El 63% de los presidentes y consejeros delegados de todo el mundo estiman que la inteligencia artificial va a tener un impacto mayor de lo que supuso en su día la revolución de Internet, y un 95% cree que en los próximos cinco años va a transformar significativamente la forma de hacer negocios. Sin embargo, sólo el 35% -el 26% en España- tiene previsto poner en marcha iniciativas de este tipo en los próximos tres años. Así lo revela la XXII Encuesta Mundial de CEOs, elaborada por PwC a partir de entrevistas con 1.378 máximos directivos de todo el mundo, y que ha sido presentada en el Foro Económico Mundial de Davos.

Estos datos demuestran el potencial de esta tecnología en la industria y cómo puede transformar las fábricas en plantas inteligentes que mejoren la eficiencia y la productividad. El sentido de la Inteligencia Artificial es facilitar que las

La IA conllevará la aparición de nuevos empleos, por lo que se necesitarán trabajadores con determinadas capacidades

operaciones se ejecuten con la menor intervención manual posible y al mismo tiempo lograr una mayor fiabilidad. Además, permite anticiparse y actuar antes de que surjan los problemas.

A ello hay que añadir el incremento del rendimiento y la calidad del resultado final. En el plano económico, se trata también de reducir costes, a través de flujos de trabajo automatizados, que permiten al trabajador centrarse en aquellas tareas en las que aporta ciertamente un valor añadido.

La importancia de la IA es indudable,

y los Gobiernos de los países lo tienen cada vez más claro. Emiratos Árabes Unidos (EAU) fue el primer país del mundo en crear un Ministerio de Inteligencia Artificial, en 2017. El emir de Dubai nombró a Omar Bin Sultan Al Olama, un joven de 27 años que previamente había ocupado el puesto de director adjunto de desarrollo dentro del gabinete del primer ministro del país, para ocuparse de este nuevo departamento. Según destacaron desde el gabinete de comunicación del Ejecutivo de EAU, el nuevo ministro se ocupa de preparar al país y a sus ciudadanos para los cambios y evoluciones que implicarán la llegada de sistemas inteligentes en diferentes sectores. La IA conllevará la aparición de nuevos empleos, por lo que se necesitarán trabajadores con determinadas capacidades. El ministro deberá asegurarse también de que esos asalariados cuenten con las capacidades necesarias para integrarse



Escenario de las tecnologías de IA más relevantes para su implementación en las diferentes áreas estratégicas priorizadas. Fuente: Estrategia Española de I+D+I en Inteligencia Artificial (Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, 2019).

en el mercado laboral. El Gobierno de EAU invirtió, en 2017, hasta 8.000 millones de euros en la investigación de esta materia.

¿Qué es la Inteligencia Artificial?

La expresión "inteligencia artificial" nació en 1956. John McCarthy fue el responsable de introducir el término, concretamente en la Conferencia de Dartmouth. También se le atribuye el concepto de cloud computing. Este destacado informático norteamericano la definió como "la ciencia e ingenio de hacer máquinas inteligentes, especialmente programas de cómputo inteligentes".

La inteligencia artificial (IA) se define, por tanto, como diferentes tecnologías capaces de detectar, comprender, aprender y actuar. En este sentido, la IA es la combinación de algoritmos planteados con el propósito de crear máquinas que presenten capacidades similares a las que posee el ser humano.

Los expertos en ciencias de la computación Stuart Russell y Peter Norvig, conocidos por sus contribuciones a la inteligencia artificial, diferencian varios tipos:

- Sistemas que piensan como humanos: automatizan actividades como la toma de decisiones, la resolución de problemas y el aprendizaje. Un ejemplo son las redes neuronales artificiales.
- Sistemas que actúan como humanos: se trata de computadoras que realizan tareas de forma similar

a como lo hacen las personas. Es el caso de los robots.

- Sistemas que piensan racionalmente: intentan emular el pensamiento lógico racional de los humanos, es decir, se investiga cómo lograr que las máquinas puedan percibir, razonar y actuar en consecuencia. Los sistemas expertos se engloban en este grupo.
- Sistemas que actúan racionalmente: idealmente, son aquellos que tratan de imitar de manera racional el comportamiento humano, como los agentes inteligentes. Está relacionado con conductas inteligentes en artefactos.

Los avances en IA están impulsando, además, el uso del *big data* debido a su capacidad para procesar grandes cantidades de datos y proporcionar ventajas comunicacionales, comerciales y empresariales, en ámbitos tan diversos como el transporte, la educación, la sanidad, etc. Todo ello contribuirá a que esta tecnología sea esencial en las próximas décadas.

Un estudio realizado por la consultora Accenture destaca que la Inteligencia Artificial podría impulsar las tasas de rentabilidad en casi 6 puntos porcentuales en 2035, en 16 sectores de 12 economías diferentes. Y es que esta tecnología, más allá de potenciar la productividad, permite la automatización de procesos y de la producción, el mantenimiento predictivo, la gestión inteligente de inventarios y del consumo energético, así como la planea-

Los avances en IA están impulsando el uso del big data debido a su capacidad para procesar grandes cantidades de datos

ción de la demanda y la optimización de toda la cadena de suministro.

Principales aplicaciones de la IA

Las aplicaciones de la Inteligencia Artificial abarcan numerosos ámbitos, a los que se irán sumando más, a medida que transcurra el tiempo.

• Chatbots inactivos

En el área de los asistentes personales virtuales, conviviremos cada vez más con chatbots interactivos que podrán sugerirnos diferentes servicios, productos, restaurantes, hoteles, espectáculos, actividades culturales, etc., según nuestro historial de búsquedas.

• Medio Ambiente

Los sistemas de inteligencia artificial, en particular, pueden proporcionar una contribución importante en la conservación de la biodiversidad, la lucha contra el cambio climático y la eficiencia energética.

La inteligencia artificial también se puede emplear para mejorar los pronósticos meteorológicos, analizando datos en tiempo real sobre eventos climáticos adversos, que sucedan en el mundo. Gracias a los modelos matemáticos, es posible ofrecer soluciones para prevenir desastres, proporcionar alertas tempranas y coordinar la gestión de las emergencias.

En el ámbito del medio ambiente, se pueden ver vehículos submarinos no tripulados para detectar fugas en oleoductos, edificios inteligentes diseñados para reducir el consumo energético, e incluso flotas de drones capaces de plantar mil millones de árboles al año para combatir la deforestación, etc.

• Logística y transporte

En este sector, la IA será útil a la hora de evitar atascos o colisiones entre vehículos, así como para optimizar el tráfico. Entre los cambios que podría experimentar la movilidad, destaca, por ejemplo, la integración de un sistema de inteligencia artificial para el control de

señales de los semáforos, o la creación de una plataforma para la manipulación interactiva de datos, a fin de supervisar y predecir la evolución del tráfico y probar distintos escenarios de planificación.

También se podrán buscar mecanismos para que los operadores de flotas y las ciudades colaboren, por ejemplo, compartiendo datos sobre los principales focos de congestión o contaminación y, de esta forma, poder ofrecer itinerarios alternativos en torno a los problemas antes de que se agraven.

Por otra parte, la Inteligencia Artificial (IA) es una tecnología que puede ayudar a las compañías de transporte y logística a diferenciarse de sus competidores, prestar un mejor servicio o reducir costes. En este sentido, la gestión de una flota de vehículos podría mejorarse de manera importante mediante el uso de sensores dentro de camiones, barcos y aviones conectados a programas de IA que monitorean el consumo de combustible, así como la implantación de programas que sugieran actividades de mantenimiento predictivo.

• **Actividades agrícolas**

En este ámbito, existen plataformas específicas que, por medio de análisis predictivos, mejoran los rendimientos agrícolas y advierten de impactos ambientales adversos. De este modo, se utiliza un conjunto de tecnologías aplicadas a la agricultura con el objetivo de reunir la información necesaria para la toma de decisiones que el agricultor debe anticipar. Así es como determinan qué plantar, dónde, cuándo, e incluso pueden predecir el volumen de sus cosechas.

Los datos para aplicar IA en la agricultura suelen tomarse por medio de sensores, en drones o tractores, para después sugerir a los agricultores las acciones que deben llevar a cabo a lo largo de todo su año agrícola. Un ejemplo, es tener en cuenta la forma en la que se han comportado las lluvias en distintos periodos y, en base a ello, elegir un método de riego o incluso un cambio de tipo de cultivo.

Un ejemplo de éxito

Accenture ha trabajado con Metro de Madrid para crear un sistema de ventilación con Inteligencia Artificial que ha reducido en un 25% los costes energéticos de ventilación. El reto era hacer que los pasajeros se sintieron cómodos en el transporte público durante los caluro-

sos meses de verano. Sin embargo, para mantener los sistemas de ventilación en marcha y refrescar el ambiente son necesarias grandes cantidades de energía, algo que en Metro de Madrid saben muy bien.

La inversión en IA en Europa crecerá de forma muy significativa entre 2019 y 2023, con un crecimiento anual del 32%

Esta red de metro es la séptima más larga del mundo. Cada día una media de 2,3 millones de viajeros utilizan los 294 kilómetros de vía y sus 301 estaciones. Con el fin de mantener una temperatura ideal, especialmente en verano, Metro de Madrid emplea 891 ventiladores que, al cabo del año, consumen cerca de 80 GWh.

Conscientes de la necesidad de ahorrar energía y reducir costes; se decidió buscar una solución con un claro objetivo: mantener la temperatura óptima de la manera más eficiente posible.

Estrategia y solución

Los expertos de Ventilación de Metro de Madrid trabajaron con Accenture Applied Intelligence para desarrollar un sistema inspirado en un original recurso: el comportamiento coordinado de una colonia de abejas en búsqueda de alimento.

El sistema utiliza un algoritmo de optimización capaz de movilizar grandes cantidades de datos para obtener todas las combinaciones posibles en cuanto a temperatura del aire, arquitectura de la estación, frecuencia de los trenes, carga de pasajeros y precio de la electricidad a lo largo del día.

El algoritmo utiliza tanto datos históricos como simulados, y tiene en cuenta la temperatura externa y la del subsuelo durante las siguientes 72 horas. Además, como utiliza machine learning, el sistema va mejorando a la hora de predecir el balance óptimo para cada estación de la red a lo largo del tiempo.

El sistema también incluye un motor de simulación y un módulo de mantenimiento, que permite, entre otras cosas, detectar los fallos en el funcionamiento de los ventiladores. Esto permite a Metro de Madrid monitorizar y gestionar fácil-

mente el consumo de energía, identificar y responder a las deficiencias del sistema y llevar a cabo el mantenimiento de los equipos de manera proactiva.

El sistema, basado en Inteligencia Artificial (IA), ha permitido que Metro de Madrid reduzca su consumo de energía por ventilación un 25% anual -el consumo energético en ventilación es el segundo capítulo de consumo tras la energía de tracción- y 1.800 toneladas anuales de sus emisiones de CO₂.

Inversión en Inteligencia Artificial

La inversión en Inteligencia Artificial en Europa va a crecer de manera muy significativa entre 2019 y 2023. La empresa International Data Corporation (IDC), proveedor mundial de inteligencia artificial, ha realizado una estimación sobre la inversión prevista en este ámbito, en la que se indica que de los más de 7.000 millones de dólares que se destinaron en 2019, se llegará a los casi 21.000 millones de dólares en 2023, lo que supone una tasa de crecimiento anual en dicho periodo del 32%.

Según las previsiones, los sectores en los que se va a producir un mayor crecimiento de la inversión desde ahora hasta 2023 en Europa son la banca, el retail (empresas especializadas en la comercialización masiva de productos o servicios uniformes a grandes cantidades de clientes), y la manufactura discreta (metalmecánica, autopartistas, etc.).

Los tres sectores concentrarán el 39% del gasto en sistemas de Inteligencia Artificial. También se espera una expansión en el ámbito de la sanidad, que sigue siendo también un mercado muy atractivo para esta tecnología.

En la actualidad existen numerosos proyectos en centros hospitalarios, pero todavía no se ha complementado por completo. El aumento de la inversión en el diagnóstico asistido por IA y los sistemas de tratamiento que utilizan esta tecnología serán los impulsores de un importante impulso a la inversión en Inteligencia Artificial en el sector sanitario, que está previsto que sea del 38% de crecimiento anual entre 2019 y 2023.

En general, las inversiones en este campo estarán impulsadas por los esfuerzos centrados en la mejora de la experiencia de cliente y la transformación digital. En este sentido, todo parece indicar que la recomendación de productos será uno de los tres casos de uso que crecerá con más rapidez hasta

2023. Los retailers están adoptando ya enfoques inteligentes y centrados en el consumidor, de tal manera que les permite recopilar datos de los clientes y proporcionarles recomendaciones personalizadas con base en sus preferencias individuales.

En España, tenemos el ejemplo del grupo Iberdrola, que prevé invertir 4.800 millones de euros entre 2018 y 2022 en transformación digital, y centrará su esfuerzo inversor en mejorar la operación y el mantenimiento de sus activos gracias a la analítica de datos y a la inteligencia artificial, así como en incrementar la disponibilidad de sus plantas de generación.

En lo que respecta a Europa, más de la mitad de la inversión en Inteligencia Artificial para 2023 lo acapararán Reino Unido, Alemania y Francia, que cuentan con hubs de startups centradas en IA en Londres, Berlín y París, sobre todo en fintech, salud y marketing y publicidad

Por su parte, en el resto de países de Europa Occidental, que concentrarán un tercio de la inversión, los que más invertirán serán Austria, Bélgica, Dinamarca, Finlandia, Grecia, Irlanda, Holanda, Noruega, Portugal, Suecia y Suiza. Según las previsiones de los expertos, Italia y España sólo llevarán a cabo una pequeña parte de esa inversión.

En cuanto a Europa Central y Oriental, aunque cuentan con un mercado relativamente pequeño en lo que se refiere a inversión en Inteligencia Artificial, en 2018 era del 6,5 %, las organizaciones y empresas de ambas regiones están adoptando la Inteligencia Artificial de forma progresiva. Por sectores, los de la banca y la manufactura se llevan la mayor parte de las inversiones. En el campo de las finanzas, los principales proyectos que se están acometiendo en esta zona de Europa están relacionados con la automatización del servicio al cliente, la protección contra el fraude y la optimización de procesos.

Normativa europea para regular la Inteligencia Artificial y la Robótica

La vertiginosa irrupción de la IA y de la robótica en nuestra sociedad ha llevado a los organismos internacionales a plantearse la necesidad de crear una normativa para regular su uso y evitar, de este modo, posibles problemáticas que puedan surgir en el futuro.

Los expertos aseguran que esta cuarta revolución industrial generará cambios muy positivos, pero también que

Esta cuarta revolución industrial generará cambios muy positivos, pero también planteará problemas de índole legal

El Parlamento Europeo exige a la Comisión que promueva un entorno favorable para el desarrollo de la IA con principios éticos

planteará problemas de índole legal. Y es que la tecnología avanza más rápido que el legislador, y la Unión Europea trabaja para ser el referente mundial de la robótica y adelantarse a potencias como EEUU o China.

En respuesta a determinadas dudas jurídicas que se han planteado, el Parlamento Europeo ya respondió negativamente al *Informe sobre Personas Electrónicas*, presentado por la Comisión, donde se planteaba que las máquinas inteligentes pagaran impuestos y cotizaran a la Seguridad Social. No obstante, se ha solicitado a la Comisión Europea el desarrollo de una regulación sobre robótica que plantee un escenario legal claro, y establezca los límites de la industria de la inteligencia artificial y la robótica.

Aunque el Ejecutivo europeo todavía no ha desarrollado la nueva normativa relacionada con dicho sector, si ha establecido siete principios éticos que esta nueva industria deberá respetar, así como cualquier futura ley que se plantee sobre esta materia:

- **Intervención y supervisión humanas.** Los sistemas de inteligencia artificial deberán facilitar sociedades equitativas, apoyando la intervención humana y los derechos fundamentales, y de ninguna manera deberán disminuir, limitar o desorientar la autonomía humana.
- **Robustez y seguridad.** La fiabilidad de la inteligencia artificial requiere que los algoritmos sean suficientemente seguros, fiables y técnicamente sólidos para resolver errores o incoherencias durante todas las fases del ciclo de vida útil de los sistemas de inteligencia artificial desarrollados.

- **Privacidad y gestión de datos.** Los ciudadanos de la Unión Europea deberán tener pleno control sobre su información personal, al mismo tiempo que los datos que les conciernen no deberán utilizarse para perjudicarles o discriminarlos.
- **Transparencia.** La inteligencia artificial deberá ser transparente, lo que supone poder comprobar cómo y por qué se comporta de una determinada manera, y las personas que interactúan con esos sistemas deben saber que se trata de inteligencia artificial, así como quiénes son sus responsables.
- **Diversidad, no discriminación y equidad.** La inteligencia artificial debe tener en cuenta la diversidad social desde su desarrollo para garantizar que los algoritmos en que se base no tengan sesgos discriminatorios directos o indirectos.
- **Bienestar social y medioambiental.** Los sistemas de IA deben utilizarse para mejorar el cambio social positivo y aumentar la sostenibilidad y la responsabilidad ecológicas.
- **Rendición de cuentas.** Deben implantarse mecanismos que garanticen la responsabilidad y la rendición de cuentas de los sistemas y de sus resultados.

Además, según esta propuesta, Europa nunca debería fabricar armas letales autónomas, lo que servirá para que la producción futura cumpla un marco regulatorio específico.

Otro aspecto que señala el Ejecutivo europeo es la falta de profesionales en el ámbito de las TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación), que sean especialistas en inteligencia artificial, por lo que solicita a la Comisión Europea que fomente cambios en la normativa educativa para revertir esta situación. En este sentido, hace hincapié en la urgente necesidad de incorporar habilidades digitales en todos los niveles de la educación.

El Parlamento Europeo exige también a la Comisión que promueva un entorno favorable para el desarrollo de la IA, que incorpore principios éticos. Además, recomienda a los Estados miembros que pongan en marcha organismos de seguimiento y supervisión ética, así como que alienten a las empresas activas en el desarrollo de inteligencia artificial a instaurar un consejo de ética y a elaborar directrices para los diseñadores de estas herramientas.



Línea temporal del marco estratégico y de implementación de la inteligencia artificial en la UE y España. Fuente: *Estrategia Española de I+D+I en Inteligencia Artificial* (Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, 2019).

Estrategia Nacional en IA

En nuestro país, el Grupo de Trabajo Interministerial en Inteligencia Artificial, coordinado por el Ministerio de Ciencia e Innovación, trabaja de forma activa en la elaboración de la Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial. Este plan estratégico tiene como objetivo alinear las políticas nacionales destinadas a fomentar el desarrollo y el uso de la IA en España, aumentando la inversión, reforzando la excelencia en tecnologías y aplicaciones de IA, y fortaleciendo la colaboración entre el sector público y privado, de manera que se produzca un impacto significativo en la sociedad y la economía española.

Esta estrategia pretende ser un punto de encuentro entre las demandas de todas las partes interesadas, conciliando las inquietudes de la comunidad científica, la industria, la sociedad civil y las comunidades más vulnerables, pero sobre todo busca comprender y prevenir las implicaciones que plantea la rápida introducción de la inteligencia artificial en ámbitos sociales básicos.

En el documento *Estrategia Española de I+D+I en Inteligencia*, elaborado por la Secretaría General de Coordinación de Política Científica del Ministerio de Ciencia e Innovación y al Grupo de Trabajo en Inteligencia Artificial GTIA, se establece también unas áreas estratégicas

La Estrategia Nacional en IA tiene como objetivo alinear las políticas nacionales destinadas al desarrollo y uso de la IA en España

cas donde desarrollar las actividades de I+D en IA. Una de ellas es el ámbito de la educación.

De este modo, se indica que la I+D+I puede contribuir al desarrollo de las tecnologías en las que se basa la IA, así como mejorar el aprendizaje y modernizar los sistemas educativos y formativos de nuestro país, planteándose como una nueva oportunidad para resolver viejos retos y nuevos desafíos en el campo de la educación. En este sentido, se explica que el uso de sistemas inteligentes permitiría transformar la educación española a partir de diferentes tecnologías, garantizando una formación inclusiva, renovada y adaptada a las necesidades de estudiantes y docentes en función de las preferencias, conocimiento y la evolución individual del estudiante. Se incide, así, en que su implementación a gran escala podría transformar completamente la educación actual.

Para los autores del documento, el aspecto clave es que las técnicas de IA

posibilitan la aplicación de nuevos modelos educativos orientados al aprendizaje personalizado. En primer lugar, los estudiantes desempeñarían un papel más activo en su proceso de aprendizaje al conocer su propia evolución y ser más conscientes de cómo optimizarlo. En segundo lugar, permitiría a los centros educativos y formativos identificar a aquellos estudiantes que requieren más apoyo. Este análisis permitiría poder mejorar las medidas y estrategias de retención y potenciación del talento. Además, se podrían afrontar aspectos como la evaluación e identificación de altas competencias en el alumnado (modelos predictivos de IA), el tratamiento de estudiantes con diversidad funcional (analítica del aprendizaje, sistemas adaptados basados en IA), los nuevos modelos de tutorización (sistemas inteligentes de tutorización), sistemas de recomendación y retroalimentación, predicción del fracaso temprano, y detección de estudiantes anómalos mediante sistemas de aprendizaje automático y la evaluación de competencias.

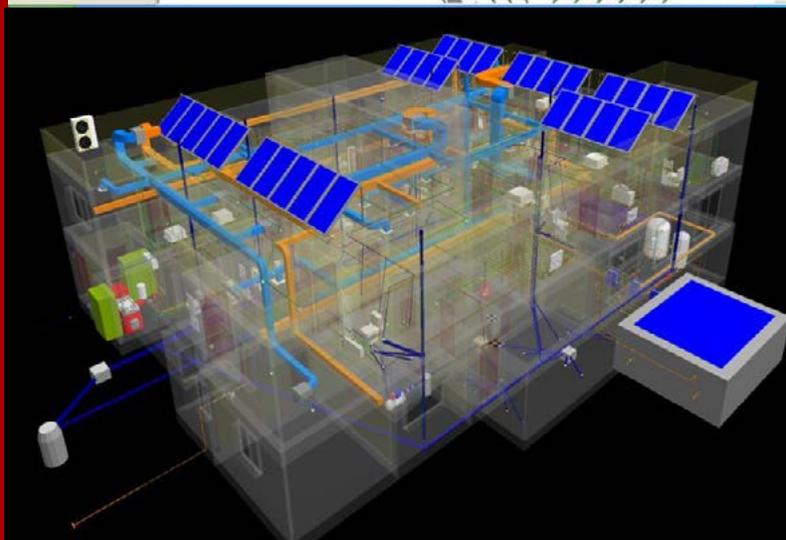
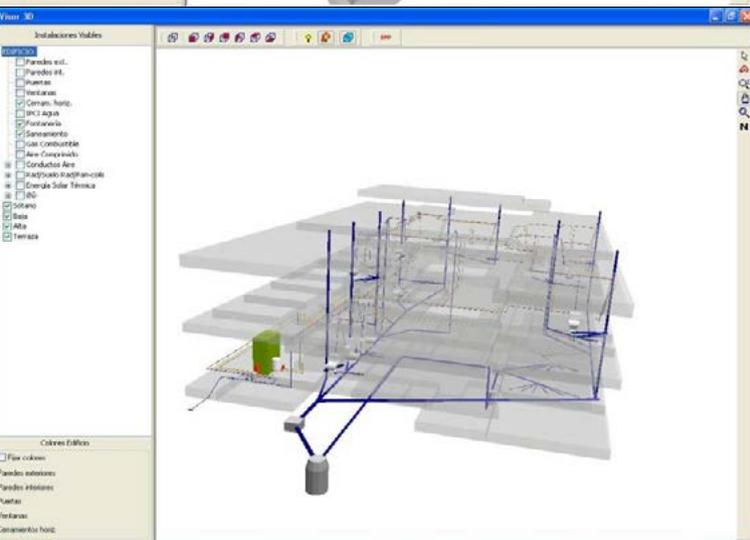
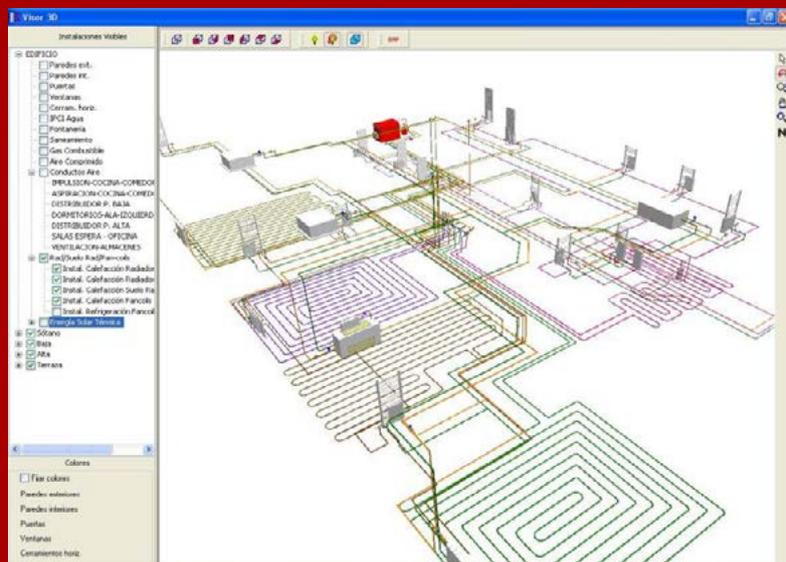
Estos beneficios no están exentos de riesgos y requieren de una aplicación adecuada. Para ello, es necesario disponer de docentes formados en competencias digitales y de un tratamiento ético de los datos analizados.

Edificación

- CIEBT: Instalaciones Eléctricas BT
- VIVI: Instalaciones Eléctricas en Edificios de Viviendas
- IPCI: Protección contra Incendios por agua
- FONTA: Fontanería: Agua fría y agua caliente sanitaria
- SANEA: Instalaciones de Saneamiento
- GASCOMB: Instalaciones Receptoras de Gases Combustibles
- AIRECOMP: Aire Comprimido y Gases Industriales
- CATE: Cargas Térmicas de Invierno y Verano
- CONDUCTOS: Conductos de Aire para Ventilación y Climatización
- RSF: Radiadores, Suelo Radiante y Fancoils
- SOLTE: Energía Solar Térmica
- REFRI: Cálculo de tuberías y equipos de expansión directa

Urbanización

- ALP: Redes de Alumbrado Público
- REDBT: Redes Eléctricas de Distribución BT
- CMBT: Cálculo Mecánico de Líneas Aéreas BT
- REDAT: Redes Eléctricas de Distribución AT
- CMAT: Cálculo Mecánico de Líneas Aéreas AT
- CT: Centros de Transformación de Interior e Intemperie
- ABAST: Redes de Abastecimiento de Agua y Riego
- ALCAN: Redes de Alcantarillado
- RENOVABLES: Energías Renovables: Fotovoltaica y Eólica



CTE
CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN

RITE

RBT

Nuevo Reglamento AT (RD 223/2008)

RLAT

Reglamento Combustibles Gaseosos (RD 919/2006)

RCG

SENCILLEZ EN EL MANEJO, POTENCIA EN EL CÁLCULO

Carlos León de Mora

Catedrático en la Universidad de Sevilla y experto en Inteligencia Artificial

“Será necesario multiplicar por tres el número de profesionales formados en Inteligencia Artificial”

Mónica Ramírez

Carlos León de Mora es catedrático del departamento de Tecnología Electrónica de la Universidad de Sevilla (US), director de la Cátedra Telefónica Inteligencia en la Red de la citada Universidad y director del Grupo de Investigación Tecnología Electrónica e Informática Industrial. Licenciado en Física y primer doctor en Informática por la US, desde hace más de 25 años investiga en la aplicación de la inteligencia artificial y la analítica de datos a entornos industriales y de gestión de sistemas complejos.

Es autor de 60 artículos en revistas científicas, de 18 capítulos de libro, y ponente en más de 90 congresos internacionales (con 3 Best Paper Awards y director de 12 tesis). Senior Member en el prestigioso IEEE, revisor de la Agencia Nacional de Evaluación y Prospectiva (ANEP), de los Programas Europeos FP7 y H2020, y de numerosas revistas internacionales, así como miembro del Comité Internacional de Programa y revisor de más de 90 congresos internacionales. Su actividad investigadora ha tenido una clara vocación de transferencia, dirigiendo 35 proyectos de investigación correspondientes a convocatorias competitivas nacionales o autonómicas, así como numerosos contratos de I+D realizados con diferentes empresas. Además, es autor de 4 patentes.

En el ámbito de la gestión, ha sido, entre otros cargos, vicerrector TIC, vicerrector de Infraestructuras y vicerrector de Desarrollo Digital y de Evaluación de la Universidad de Sevilla.

¿Cómo afectará la Inteligencia Artificial a nuestra vida diaria a corto plazo?

Vivimos en una era de aceleración impulsada por la tecnología. De hecho, algunos sociólogos afirman que, desde mediados de la década pasada, estamos en la sociedad de los datos y de la inteligencia artificial (IA). La tecnología se expande cada vez más rápido (como ejem-



Carlos León de Mora.

“Estudios y expertos coinciden en el potencial transformador que va a tener la inteligencia artificial en la sociedad”

pleo, Internet tardó 7 años en alcanzar los 100 millones de usuarios, en tanto que Instagram lo consiguió en 18 meses). El volumen de datos en 2020 será 50 veces mayor que el de 2016. En 2022 habrá 6.000 millones de usuarios en la red. Todo ello está impactando de forma decidida en la sociedad, haciendo que las diferencias entre el mundo físico y el digital se diluyan.

La IA ya es ubicua y está presente, aunque no lo sepamos, en nuestra vida diaria. Por ejemplo, los asistentes inteligentes instalados en muchos casos en dispositivos que tenemos en nuestros hogares (Alexa, Google Assistant, Aura, Siri), el mercado bursátil, donde el 50 % de las operaciones de trading en el mer-

cado continuo mundial es realizada por algoritmos autónomos, la mayoría basados en IA. En cuanto al coche autónomo, ya se comercializan coches con nivel 3 de automatización, que permiten al conductor ceder el control del vehículo a un sistema basado en IA que regula todas las funciones primarias, siempre que se den las adecuadas condiciones de circulación y meteorológicas (aún no está legalmente permitido en la UE). Los niveles 4 y 5 corresponden a coches completamente autónomos, el último de ellos sin conductor. Y otras muchas aplicaciones en la salud o aquellas soportadas por el creciente número de dispositivos de IoT.

¿Qué efectos tendrá la inteligencia artificial en el ámbito laboral y económico?

Nos encaminamos hacia una economía basada en datos. Además existe consenso en que la IA es una tecnología clave para la transición a una economía descarbonizada. Las tecnologías digitales reemplazaron 120.000 empleos/año en los países más avanzados entre 1999 y 2010, pero crearon otros 200.000 empleos/año. De esos 200.000 empleos, 80.000 fueron directamente en TIC, muchos en puestos que antes no existían (analistas de Big Data, especialistas en marketing digital, en IA, etc.). Se estima que, a nivel global, se crearán más de 4,5 millones de empleos, 50% de ellos de muy alta cualificación. También se estima que la automatización y la AI aportarán sumadas un crecimiento del PIB de más de 550.000 M€ en los países desarrollados (1.2% de crecimiento anual adicional). El 44% de las horas de trabajo actuales pueden ser automatizadas, pero solo el 20% de empleos se destruirán. Se estima (no hay datos empíricos) que la IA no sustituirá a la mayoría de los empleados, pero sí transformará la forma de trabajar y reducirá el número de puestos de trabajo, especialmente en tareas repeti-

tivas y burocráticas. Los servicios administrativos se automatizarán. Todo esto que comento, a veces no se refleja en los medios de comunicación.

Y en el ámbito social, ¿qué aspectos transformadores de la sociedad conllevará la inteligencia artificial?

Todos los estudios y expertos coinciden en el potencial transformador que va a tener la IA en la sociedad. Las principales potencias mundiales (EE.UU, UE, China, Rusia, UK, Francia, India, etc.) han enfocado la IA, desde el punto de vista geoestratégico, como uno de los vectores clave de este siglo XXI y, a consecuencia de ello, han elaborado diferentes estrategias nacionales (nuestro país está en ello, y ya dispone de una Estrategia para la IA en I+D+I, embrión de nuestra futura Estrategia Nacional para IA).

En mi opinión, las principales transformaciones vendrán de la modificación en las pautas de las relaciones humanas (acelerando el impacto que ya están teniendo las redes de tipo social), y en la transformación del mundo laboral, como se comentaba anteriormente, acelerando el impacto actual de la digitalización de la economía.

En el campo de la enseñanza, ¿en qué situación se encuentra nuestro país en lo que respecta a la formación de profesionales expertos en IA? ¿Y más concretamente en el ámbito de la Ingeniería de la rama industrial?

La estrategia de inteligencia española indica que será necesario multiplicar por tres el número de profesionales formados en IA, tanto a nivel universitario como de FP. En España se imparten actualmente los contenidos de IA básicamente en los grados de Ingeniería Informática (a nivel de la UE hay casi 800 universidades en la que se imparte este tipo de formación). Sin embargo, en la ingeniería de la rama industrial es algo que hoy en día no está en los currícula de la formación reglada. Esto no supone un grave inconveniente, ya que existen 39 másteres oficiales sobre IA en universidades españolas, muchos de ellos *on-line*. Además, las principales plataformas de formación MOOC *on-line* (EdX, Coursera, Udacity, MiridiaX) tienen disponibles centenares de cursos sobre la temática. Todo ello no quita para que sea interesante y necesario ir incorporando este tipo de contenidos en la formación reglada de los títulos de la rama industrial.

“La IA se convertirá en un elemento ubicuo en el ámbito de la ciberseguridad, con grandes inversiones previstas en 2023”

¿Cuáles son los principales problemas que afronta la implantación de la inteligencia artificial?

Además de los problemas técnicos y de identificación del campo correcto de aplicación de la tecnología, los principales problemas a los que vamos a enfrentarnos son de tipo ético y de privacidad. Dado que las tecnologías actuales se basan en gran medida en el aprendizaje automático, un aspecto esencial en todos los informes internacionales sobre el uso de la IA es evitar el control de los datos por parte de un reducido número de actores globales, permitiendo el acceso a los mismos tanto a las autoridades gubernamentales como a la sociedad, en general, mediante *datasets* públicos (Google concentra el 86% de las búsquedas de internet). Otros problemas son la necesidad de instituciones transversales que ejerzan coordinación intergubernamental, el entender los aspectos éticos, sociales y legales del empleo de la IA, la falta de transparencia en los algoritmos (*black-box*), los sesgos y las discriminaciones introducidas por los algoritmos y su entrenamiento, el impacto en la privacidad, la concentración de la riqueza, el uso de IA en sistemas de defensa o la necesidad de desarrollar estrategias efectivas que permitan la inevitable colaboración entre humanos y la IA.

En la actualidad, todavía no existe una máquina que logre simular la capacidad de inteligencia humana, es decir, que simule creatividad, uso del sentido común o emociones, ¿piensa que se conseguirá en el futuro?

La pregunta hace referencia a lo que en la disciplina se conoce como la creación de una IA fuerte o general, en el sentido de ser generalista y con la capacidad de aprendizaje, emocional y ética inherente al ser humano. Desde el punto de vista científico no hay certeza de si este objetivo podrá lograrse por diferentes y variadas razones: no tenemos otro modelo de sistema que soporte una inteligencia, más que el cerebro humano, y aún no

conocemos ni su funcionamiento de una forma profunda, ni cómo surge de él la inteligencia. No sabemos si tenemos una base matemática para describirla, y no sabemos siquiera si es posible filosóficamente crear una máquina inteligente o solo una que emule ese comportamiento. En último término, habría que ver además si es éticamente aceptable, ya que en opinión de algunos pensadores y científicos, una IA de ese tipo podría destruir la raza humana. En cualquier caso, si fuese posible, es un objetivo a décadas vista en mi opinión.

La tecnología se expande cada vez más rápido, y ello conlleva también más riesgos, ¿a qué peligros se enfrentan las empresas en materia de ciberseguridad? ¿Cómo pueden hacer frente a dichos riesgos?

La IA va a convertirse en un elemento ubicuo en el ámbito de la ciberseguridad. En los informes estratégicos sobre la IA se menciona explícitamente a la ciberseguridad. Las inversiones en AI para ciberseguridad se prevé que alcancen los 18 billones de dólares en 2023. La IA va a emplearse desde el punto de vista de la defensa, pero también como vector de nuevos posibles ataques. Tendencias a corto plazo son el desarrollo de sistemas de predicción y prevención de ciberataques, empleando el potencial del *big data* y la IA; el empleo de *machine learning* aplicado a la ciberseguridad para enseñar a los programas a detectar comportamientos fruto de la infección por *malware*; la securización de dispositivos IoT (internet de las cosas); el uso de IA para la interpretación de contenidos en redes sociales para detectar contenidos maliciosos o falsos; el aprendizaje automático para generar sistemas de defensa flexibles y capaces de adaptarse al *malware* inteligente; el blindaje de transacciones financieras, en combinación con tecnologías *blockchain*, o el análisis automático de contenidos (imágenes y textos) a publicar en redes sociales para evitar la difusión de actividades terroristas.

Centrándonos en los riesgos, hay que tener en cuenta que un sistema de IA puede tener cualquier combinación de inteligencia y objetivos, y que estos pueden incluso modificarse mediante el *hackeo*, de modo que un sistema de IA podría intentar provocar daños sin precedentes en la historia, sobre todo en el caso de un IA fuerte.

¿En qué áreas de la ciencia o de la tecnología se está sacando más partido a las bondades de la IA?

Va a ser una tecnología ubicua y presente en muchos verticales: fabricación, logística, finanzas, transporte, agricultura, marketing, salud, educación, legal, defensa e inteligencia, servicios en general. Para 2020 será una de las cinco prioridades empresariales, con un 30% de la inversión prevista. Hoy en día existen más de 1.000 proveedores de aplicaciones basadas en IA. El porcentaje de empresas que ha desplegado IA alcanzó el 14% en 2019.

Cualquier disciplina que emplee datos se beneficiará de la aplicación de IA, siendo particularmente aplicable en situaciones que demanden una rápida clasificación y predicción a gran escala, especialmente si los datos están bien definidos y son de buena calidad. Por tanto, es clave la digitalización previa. Se puede usar IA para resolver retos con tareas frecuentes y repetitivas, pero cuyo resultado varía (la misma pregunta pero no idéntica respuesta).

¿Considera necesario mejorar la investigación en España en esta materia?

Europa está bien posicionada en el ámbito de la investigación (con el 30 % de publicaciones mundiales). La UE ha dedicado en H2020 12.6 billones de euros a investigación en IA (1.5 b€ entre 2018-20). Esa inversión debería llegar a los 20 billones anuales de inversión público-privada durante la próxima década. En España hay una buena situación desde el punto de vista científico, existiendo distintos polos de excelencia en investigación en IA. No obstante, como sucede en el resto de nuestro Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, es necesario no solo formar capital humano en cantidad superior a la actual, sino disponer de herramientas administrativas y financieras que nos permitan retener ese talento.

Sin embargo, al igual que sucede en Europa, hay un retraso apreciable respecto a otras potencias en este campo (EE.UU, China, UK o Israel) en el traslado al mundo de la empresa de estas innovaciones.

Como investigador y responsable de numerosos e interesantes proyectos que se han llevado a cabo, ¿cuáles destacaría?

Desde nuestro grupo de investigación venimos colaborando con la industria en la aplicación de técnicas de IA desde

“La UE ha dedicado en Horizonte 2020 12.6 billones de euros a la investigación en inteligencia artificial”

hace más de 25 años. Hemos realizado proyectos con muchas de las empresas más destacadas del país: Endesa, ENEL, INDRA, Telefónica, Telvent, Grant Thornton, Airbus, etc. Es difícil destacar alguno, pero por mencionar varios: la colaboración que durante más de una década hicimos con Endesa en el Proyecto MIDAS para la detección de fraudes en el consumo eléctrico aplicando analítica de datos en sus sistemas comerciales; el empleo de IA para la gestión de diversos aspectos del Smart-agro empleando análisis de imágenes hiperespectrales, aplicaciones de algoritmos de IA para la gestión de flotas de vehículos eléctricos (eFleet y Smartcity.eco), la gestión de la recogida de residuos sólidos urbanos mediante analítica de datos de los camiones (SmartRSU), el uso de algoritmos de edge cognitive computing sobre plataformas de IoT para la detección y seguimiento de incendios y la monitorización medioambiental en parques naturales como Doñana o el desarrollo de plataformas de analítica de datos y de gestión de la flexibilidad empleando energías renovables para distribuidoras y comercializadoras eléctricas.

¿Está participando actualmente en un proyecto nuevo?

Efectivamente, ahora mismo tenemos en curso varios proyectos interesantes en este ámbito. En uno de ellos (APIA) se emplea IA para el reconocimiento automático de elementos de obra civil en base a imágenes de drones. En otro (Eternal Energy) se emplea aprendizaje automático basado en IA para predecir y caracterizar el comportamiento de prosumidores de fotovoltaica. En Bluulink se integra analítica de datos sobre *big data* con *blockchain* para la explotación de la información en una red profesional para trabajadores. En ServiceChain estamos diseñando e implementando casos de uso de la tecnología *blockchain* en distintos escenarios reales. También vamos a emplear IA para la identificación de imágenes y su aplicación en la recogida de residuos en alguna propuesta que estamos preparando, así como también la integración de IA y *blockchain* sobre redes IoT.

Claves de la inteligencia artificial

Carlos León señala, además, otras claves fundamentales para entender la coyuntura actual de la IA:

- Hay una serie de razones que explican el reciente auge de la IA: el acceso a grandes fuentes de datos (Big Data, Internet, IoT), el incremento y la accesibilidad de potencia de cómputo (GPUs), la disponibilidad de personal con formación adecuada, y la ubicuidad de las herramientas: librerías (Google TensorFlow) o “soluciones paquetizadas” (IBM Watson), el desarrollo de versiones más eficientes de algoritmos de aprendizaje automático (DNNs), o el incremento de la financiación disponible para invertir en esta tecnología.

- Los proyectos de IA destacables son aquellos que permiten lograr soluciones que previamente eran imposibles de concebir porque incluyen lo que parece un comportamiento humano, pero con un volumen de datos inabarcable. La IA permite manejar la abrumadora cantidad de datos de los *big data*, y transformarlos en información sectorizada y útil. Sin embargo, es difícil aún hoy encontrar aplicaciones en entornos reales de la industria. Sí es cierto que hay muchos ejemplos en el ámbito académico, en entornos muy controlados, pero es difícil dar el salto a sistemas comerciales “paquetizados”, debido a las inherentes características de las tecnologías que usa la IA (por ejemplo, la necesidad de reentrenamiento). Un problema adicional es que, en muchos casos, los resultados son difíciles o imposibles de explicar. La tendencia es acercar la IA al dato (Edge Computing); esto será básico con el 5G y la IoT.

- Si nos centramos en el ámbito industrial, existen oportunidades en diversos campos: gestión de la cadena de suministro, en la que existen gran cantidad de datos heterogéneos procedentes de fuentes muy diversas; fabricación, en áreas como el gemelo digital o el mantenimiento predictivo; comunicaciones (detección de fraudes, planificación de despliegue y gestión de redes, call-centers); aplicaciones en las *smart cities*, como la integración de datos de IoT; la gestión de las *smart grids* o en el sector aeronáutico.

COGITI TOOLBOX

El portal de gestión de licencias de software para colegiados

www.toolbox.cogiti.es



Desde el Consejo General y los Colegios Oficiales de Graduados en Ingeniería rama industrial e Ingenieros Técnicos Industriales de España presentamos el renovado PORTAL COGITI TOOLBOX donde encontrarás el mejor Software para Arquitectura, Ingeniería y Construcción.

PROMOCIÓN
especial

cype
SOFTWARE

PACK COMPLETO SOFTWARE CYPE

87%
Descuento

ARQUÍMEDES

- + GENERADOR PRECIOS
- + MEDICIÓN AUTOMÁTICA

CYPELEC REBT

- + IMPLANTACIÓN

CYPECAD BASE LT30

CYPECAD MEP CTE

CYPECAD MEP CLIMATIZACIÓN

P.V. ~~7.812€ + IVA~~

990€ + IVA



Arquímedes
Mediciones
Presupuestos



CYPECAD BASE LT30
Estructuras · Hormigón
Pilares



CYPELEC REBT
Baja tensión Rebt.



CYPECAD MEP CTE
Cad BIM



CYPECAD Climatización
Climatización RITE

José Santos Olloqui

IT Projects & Developments, Artificial Intelligence (IA), Industry 4.0, IOT & IIOT

“La IA supone un cambio coyuntural tan profundo que afecta a los cimientos de una sociedad”

Mónica Ramírez

José Santos Olloqui (Ingeniero Técnico Industrial Mecánico, por la Universidad de Navarra) es un gran conocedor de lo que la inteligencia artificial supone para una sociedad y del cambio disruptivo que conlleva para las empresas. “En IA no habrá medias tintas, simplemente o estás o no estás”. Con estas categóricas palabras desgrana, en esta entrevista, las principales claves de esta “Cuarta Revolución Industrial”.

Fundador de diferentes empresas tecnológicas desde 1994, entre ellas IP-CORE, centro de datos neutral (fundada en 2012), una empresa de desarrollo y consultoría de software que trabaja desde 2001, así como Intensas Networks, empresa creada en 2005 dedicada al soporte informático y la consultoría informática. A ellas hay que añadir Logical Cross, fundada en 2017, como marca que ofrece soluciones de inteligencia artificial para entornos de fabricación industrial y smart cities.

En el ámbito institucional, José Santos es miembro de la Junta de Gobierno del Colegio de Graduados en Ingeniería rama industrial, Ingenieros Técnicos Industriales y Peritos Industriales de Navarra (CITI Navarra).

¿A qué se llama Inteligencia Artificial?

Hay muchos tipos de definiciones. Yo diría que la inteligencia artificial blanda es aquella que es capaz de realizar trabajos repetitivos y de precisión igual o mejor que el ser humano. Hay otro tipo de inteligencia artificial que es la Inteligencia Artificial dura, que de esa mejor ni hablar.

La IA es una realidad que se aplica con éxito en muchos sectores, pero ¿cuáles destacaría como los más importantes en estos momentos, con un mayor número de aplicaciones desarrolladas con principios de inteligencia artificial?



José Santos Olloqui

Uno de estos sectores sería el de entornos industriales donde se aplica la inteligencia artificial y la analítica del dato para sacar recomendaciones o cuadros de mando. Otro sector es el de entornos industriales productivos, en el que se toman decisiones a nivel de calidad e ingeniería. Estamos hablando en la mayoría de los casos de la aplicación de la IA a sistemas de detección de defectos en piezas.

Por último, otro sector sería el de las smart cities. Se trataría de mejorar la vida del ciudadano dándole información en todo momento; lo que significa mantenerlo informado. Ésta es una manera de que la persona tome sus propias decisiones en base a una información que ha sido previamente tratada con inteligencia artificial, siempre en beneficio del humano.

¿Qué pasará con las empresas que se queden atrás en la implantación de la IA?

En mi opinión, la inteligencia artificial ha venido para quedarse. Como en todo cambio disruptivo, habrá quien se suba al tren y quien no lo haga. Para aquellos que tomen la decisión de no entrar en este mundo, se encontrarán con una pérdida de competitividad y tendrán que valorar si van a poder seguir trabajando o no, no habrá medias tintas, o estás o no estás.

¿En qué aspectos habrá cambiado el mundo la inteligencia artificial en las próximas décadas?

Nunca antes se ha producido un cambio a nivel coyuntural tan profundo que afecta a los cimientos de una sociedad. Realmente esta tecnología se va a incorporar al ADN del ser humano, y el ser humano se va a incorporar a esta tecnología. Es una nueva simbiosis que afectará a todo y a todos; por lo tanto, el mayor cambio será el de la convivencia entre ambos mundos, cómo el ser humano tendrá que articular nuevos parámetros para poder convivir con algo que es mejor que él en ciertos aspectos, nunca antes había pasado esto.

Imaginemos el mundo dentro de 30 años, ¿qué tipo innovaciones se podrían dar?

“Hola, buenos días, me duele el estómago”, y una máquina lo analiza, le diagnostica y receta la mejor solución basada en información que nunca antes se había tenido en cuenta. Será así en muchos sectores: coches autónomos, sistemas de recomendación personalizados, muchos puestos de trabajo se tienen que reinventar, otros desaparecerán y otros se crearán. En resumen, la innovación que está por llegar va a mejorar la vida del ser humano.

Todos estos cambios suponen también una profunda transformación social, especialmente desde el punto de vista de la organización del trabajo,



¿Cuál su visión ante esta nueva situación?

Legislación, legislación y legislación. Es necesario que los gobiernos e instituciones se pongan las pilas y redacten las nuevas normas de juego para este nuevo tablero. Al inicio de la Revolución Industrial el ser humano trabajó bastantes más horas de las actuales. Sería lógico pensar que el ser humano va a trabajar menos horas cada vez y esto tiene que estar regulado. La pregunta del millón sería: "¿Quién va a pagar esta fiesta?". La respuesta sería que las máquinas tienen que cotizar a la Seguridad Social para que el sistema siga funcionando.

¿Será necesario preparar psicológicamente a las personas para esta nueva realidad?

El ser humano tiene una capacidad de adaptación increíble, sobre todo cuando la adaptación es hacia su propio beneficio. En este caso tendremos inteligencia artificial para ayudar en muchos aspectos a la persona, y efectivamente la persona se irá adaptando poco a poco a este nuevo escenario. Para ello, nuestros dirigentes tienen que proponernos las autopistas por las cuales tendremos que circular como sociedad; si no se hace de una manera ordenada surgirán nuevos problemas de difícil solución. Cada uno tiene que encontrar su hueco, su camino dentro de este nuevo tablero de juego, pero siguiendo las reglas previamente prefijadas.

"La innovación que está por llegar mejorará la vida del ser humano. La IA ayudará en muchos aspectos a las personas"

¿Llegará un momento en que el robot sustituirá completamente al ser humano en ciertas profesiones?

Sí, sin duda, sobre todo en aquellos trabajos en los que cada día le resulta más difícil al ser humano continuar haciendo lo mismo en trabajos repetitivos de bajo estímulo intelectual. Recientemente, en una reunión multitudinaria, pregunté a los asistentes a quién no le gustaría trabajar menos horas, creo que todos, incluido yo, levantamos la mano.

¿En qué situación piensa que se encuentra nuestro país con respecto a la implantación de la IA?

Es una pregunta complicada. Estamos en los inicios de la implementación de esta tecnología, de hecho es la gran desconocida. Cuando nosotros llegamos a una empresa, para hacer una demostración, es raro aquellos sitios en los que la gente no le presta interés; desde calidad e ingeniería pasando por otros departamentos, es decir, causa atracción porque no se conoce su verdadera aplicación, sobre todo en entornos industriales, pero me atrevería a decir que pasa lo mismo

en otros países. Por ejemplo, Estados Unidos es el país que más avanzado se encuentra, pero también tengo que decir que la inteligencia artificial no ha llegado a todos los estratos de la sociedad, tampoco en los Estados Unidos.

En su empresa, la mayor parte de la plantilla está formada por matemáticos, informáticos, y programadores, pero en lo que respecta a los ingenieros de la rama industrial, ¿qué porcentaje suponen y cuál es su importancia en el ámbito de la inteligencia artificial en entornos industriales?

Los ingenieros somos los facilitadores en toda esta película; de nada vale hablar un idioma que luego no es posible entender en un entorno industrial. Hay que llevar y ejecutar esta tecnología hasta el final, y eso significa que el ingeniero tiene que implantar esta tecnología ofreciendo la mejor solución a problemas concretos con este tipo de tecnología.

¿Qué trabajos han desarrollado últimamente para el entorno industrial?

Trabajos de detección y clasificación de defectos en producciones en serie, casi todos ellos relacionados con calidad e ingeniería. Buscamos defectos en piezas fabricadas en serie en sectores como la automoción y la industria agroalimentaria, que son los que más demandan este tipo de soluciones.

Su empresa cuenta también con un sociólogo y un neurólogo, ¿en qué sentido son también necesarios?

Han sido de las últimas incorporaciones. Es importante tener los diferentes puntos de vista para entender la potencia de esta solución. No podemos dejar a un lado la persona cuando la solución que propones tiene que ver con la persona, de ahí la socióloga. Por otro lado, entender cómo funciona el cerebro humano es importante para ser capaces de vislumbrar hacia dónde queremos ir tecnológicamente, de ahí el neurólogo.

A nivel de desarrollo empresarial, ¿cuáles son sus próximos proyectos?

Hemos presentado recientemente un proyecto de I+D que tiene que ver con redes neuronales, y que está pendiente de aprobarse con una subvención relacionada con el concepto de Digital Twin Worker, es decir, hacer un gemelo digital de un trabajador en un proceso de producción.

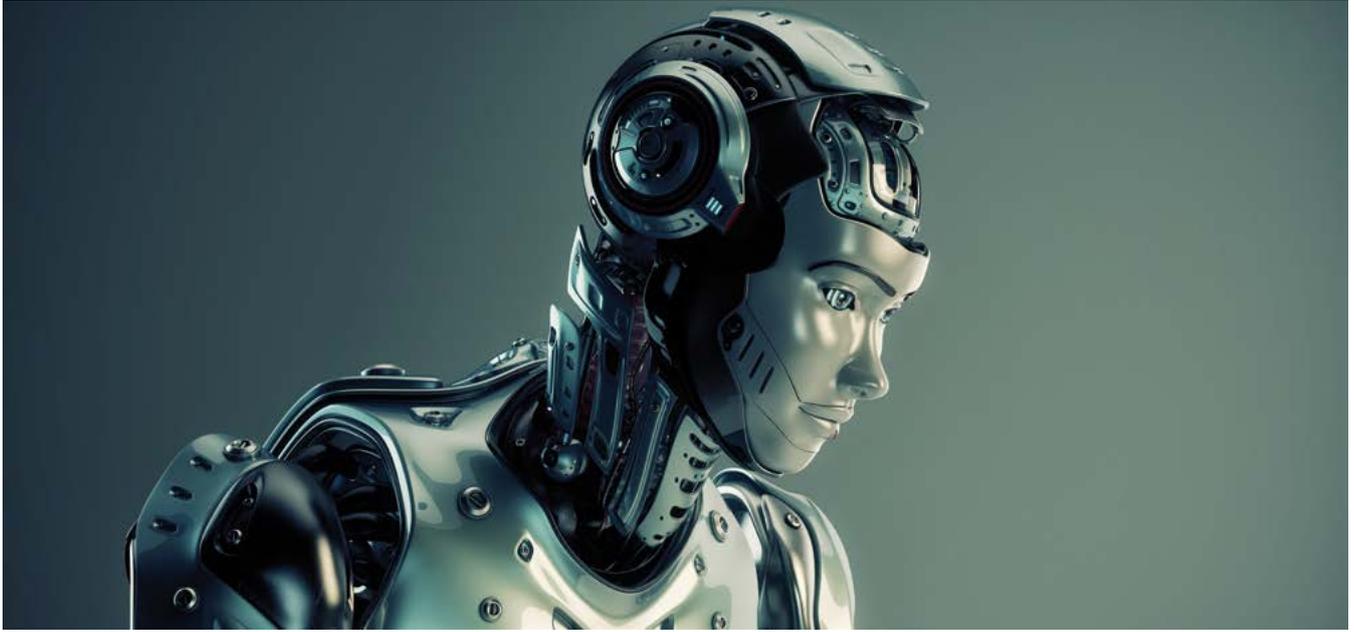


Foto: Shutterstock.

Homo Augmentus

Fernando Doncel

Existen varias empresas que dicen haber superado el Test de Turing, incluso alguna empresa española y, aunque hay tantos ilusionados como asustados por este hecho, debemos prepararnos para aceptarlo, porque, aunque solo se trata de bulos interesados para conseguir nuevos inversores, tenemos ya un año marcado en el calendario: 2029 (a la vuelta de la esquina) para superar dicho test, que supondrá que no sabremos si nos comunicamos con una inteligencia artificial o humana.

Basándonos en la Ley de Moore, que establece que cada 2 años se duplica la capacidad de los microprocesadores, se ha fijado otra fecha profética: el año 2045, para alcanzar la "singularidad tecnológica", que consistirá en que la inteligencia artificial alcanzará y superará a la inteligencia humana; y este hecho se ha tomado por muchos con un enfoque pesimista, con visiones catastróficas del futuro, tanto en la literatura como en el cine, escenificando una auténtica guerra entre la humanidad y las máquinas.

Los grandes avances tecnológicos siempre han supuesto una moneda con dos caras, porque han tenido casos de uso sociales, bélicos y destructivos. Pero que nadie venga a presentarnos el *claim* de "el ciudadano está en el centro"

como una novedad, porque ese ha sido siempre el centro de todos los desarrollos tecnológicos, atender necesidades para resultar útiles y, ¿por qué no?, hacer negocio con ello.

Estos avances nos han venido convirtiendo poco a poco en ciborgs, pero cada vez más, y eso no nos convierte en menos humanos, sino en humanos mejores, más eficaces, más solventes... en lo que podríamos llamar "humanos aumentados"; porque una persona en una ciudad que no conoce, llevando en su mano un Smartphone, sabe perfectamente dónde está y cómo llegar a cualquier lugar, a pie o en cualquier medio de transporte, tiene acceso a toda la información que puede necesitar, y por tanto es más solvente que si no lo llevase. Tradicionalmente se pensaba que los ciborgs del futuro tendrían sus mejoras "implantadas" directamente en el cuerpo, pero, por lo que podemos ver ahora, son unidades externas, más fácilmente reemplazables, y actualizables, como wearables que, en lugar de darnos la hora, nos darán toda la información y prestaciones que podamos necesitar, controlando desde nuestro estado de salud hasta nuestro estado de ánimo.

Aunque actualmente vemos estos avances en forma de dispositivos, todo indica que en un futuro no muy lejano

dichos dispositivos, incluyendo los ordenadores, no serán elementos físicos, sino que estarán embebidos en el ambiente; la nube será más "nube" que nunca, y lo que ahora conocemos como "internet de las cosas" se convertirá en gran medida en el "internet de los intangibles".

En ese entorno híbrido ciber-físico, en el que internet estará omnipresente, se dará paso a nuevas maneras de relacionarnos, pero no por ello serán menos humanas que las relaciones de las antiguas tribus de nuestros ancestros; serán nuevas tribus, en las que quizás, eliminando ciertas barreras físicas que existen hoy en día, puedan posibilitar un mayor entendimiento global y alcanzar un mundo más igualitario, pacífico, solidario y sostenible que el actual. Nuestra visión debería ampliarse y nuestros prejuicios reducirse. Si miramos atrás a la sociedad de hace un siglo y la comparamos con la actual, vemos importantes progresos en cuanto a racismos, homofobias y xenofobias; por tanto, mirando hacia delante, esos progresos deberían ser exponenciales en el futuro.

En todo esto, los "entrenadores de I.A." jugarán un papel muy importante, porque ya se está hablando del "sesgo algorítmico", y es que la inteligencia artificial utiliza algoritmos de aprendizaje automático, en el que se mejora a sí mis-

ma en función de dicha experiencia autodidacta y de la información de la que la proveemos, utilizando infinidad de datos estadísticos, que por supuesto, al provenir de la experiencia humana, contiene imperdonables sesgos por sexo, raza, cultura, religión, etc.; y es precisamente aquí donde los entrenadores humanos, inevitablemente, también propagarán su “sesgo original” a las futuras consciencias artificiales. Por eso la dotación de una nueva “ética superior” debe trabajarse como objetivo fundamental de la I.A.

La aparición de las I.A.'s o S.O.'s (sistemas operativos) de acompañamiento, desde “chatbots” hasta sistemas complejos para ancianos (o jóvenes) que viven solos, nos dibuja un futuro tan esperanzador como aterrador, dependiendo de la visión más o menos optimista, que me atrevería a denominar más o menos “abierto”, que básicamente estará en

función de tener dichos sistemas como herramientas o como ataduras; porque ya, en la actualidad, vemos cómo hay muchas personas que se convierten en esclavas de la tecnología, y protagonizan la dualidad de hiper-conexión a sus dispositivos y des-conexión de la realidad. Esto significa que habrá nuevos trastornos y enfermedades, que requerirán una educación específica, quizás incluso una asignatura obligatoria en el sistema de educación. Pero discrepo de aquellas corrientes que dicen que estamos en los albores de una crisis de atención, porque se trata más bien de una multi-atención, que hará que las futuras generaciones serán más inteligentes que las nuestras, dando paso a una nueva especie, quizás denominado “Homo Augmentus”, porque serán “humanos aumentados”.

Este homo augmentus pasará de las actuales interacciones con Siri, Alexia,

etc., a interacciones mucho más complejas y “entregadas” a su “asistente personal de inteligencia artificial”, con el que conversará no solo para que le resuma los correos recibidos y los libros que no quiera leerse completos, le recomiende películas, le reserve hoteles, espectáculos y sus vacaciones ideales, incluso mejor que él mismo; sino para pedirle consejos personales, como si debe casarse o hacer las paces con algún amigo, o cambiar de trabajo.

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

La Universidad de Jaén acogerá el XXIII Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica

La Asociación Española de Ingeniería Mecánica (AEIM) ha organizado la XXIII edición del Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica, que se celebrará del 21 al 23 de octubre de 2020 en la ciudad de Jaén, concretamente en el campus universitario de Las Lagunillas.

Este Congreso, organizado por el Departamento de Ingeniería Mecánica y Minera de la Universidad de Jaén, es el principal lugar de encuentro para el intercambio de conocimiento científico y técnico, experiencias profesionales, proyectos competitivos y principales avances en la Ingeniería Mecánica en España.

En concreto, se contemplan las siguientes áreas temáticas: Biomecánica; Cinemática Computacional; Educación en Ingeniería Mecánica; Dinámica de Sistemas Multicuerpo; Fiabilidad y Mantenimiento; Historia de las Máquinas y los Mecanismos; Ingeniería de Fabricación y Metrología; Ingeniería Ferroviaria; Ingeniería de Vehículos y Transporte; Máquinas y Mecanismos; Mecánica Computacional; Mecánica de Fractura y Fatiga; Mecánica Experimental; Micromáquinas, Mecatrónica, y Robótica; Proyecto, Ruido y Vibraciones;

Sostenibilidad y Medio Ambiente en Ingeniería Mecánica; y Tribología, entre otros.

Asimismo, la Asociación Española de Ingeniería Mecánica ha convocado el V Premio AEIM a los mejores trabajos de investigación dirigidos a la consecución de una Tesis Doctoral en el ámbito de la Ingeniería Mecánica. Podrán concurrir a estos premios todos los doctores, que no habiendo participado en la III edición del premio AEIM a la mejor Tesis Doctoral, hayan presentado y defendido una Tesis Doctoral entre el 1 de mayo de 2018 y el 30 de mayo de 2020, cuyo contenido esté relacionado con el ámbito de la Ingeniería Mecánica y que hayan recibido la mención de cum laude en cualquier universidad española.

Los participantes, además, deberán acreditar la admisión de al menos un artículo relacionado con el trabajo de investigación en el próximo XXIII CNIM o en alguno de los celebrados anteriormente. Asimismo, será condición necesaria que el autor de la tesis o alguno de los directores del trabajo sea socio de la Asociación Española de Ingeniería Mecánica.

Blockchain: cuando la inteligencia artificial impulsa la democratización del sistema energético

Las tecnologías digitales abren la puerta a innovadores modelos de negocio que están generando un cambio cultural en las empresas. En esta transformación, los datos se han convertido en un activo fundamental de las compañías y las transacciones requieren seguridad y eficiencia operativa



La tecnología blockchain abre la puerta a un nuevo paradigma de mercado en el que es posible la compraventa de energía entre iguales.

Marita Morcillo

El sector energético, sumido en plena transición hacia la neutralidad de carbono, no puede mantenerse ajeno a esta transformación digital y hace años ya empezó a adaptar sus mercados a tecnologías cada vez más disruptivas como la nube, la Inteligencia Artificial o la plataforma blockchain.

Hoy en día, la industria de las energías es un referente en transformación digital. El modelo de negocio unidireccional, en el que un productor/distribuidor vende la energía a un consumidor, ya empieza a formar parte de la historia. El nuevo paradigma introduce un esquema multidireccional, en el que varios agentes pueden ser productores, comercializadores y consumidores al mismo tiempo.

La eficiencia operativa, la fiabilidad y la seguridad de este nuevo mercado energético requieren potentes tecnologías que agilicen las transacciones. Es

aquí donde entra en juego la plataforma blockchain, también conocida como tecnología de contabilidad distribuida.

“Una de las claves del nuevo escenario energético del Pacto Verde Europeo es la descentralización del sistema eléctrico”

Descarbonización y descentralización del sistema eléctrico

El pasado 4 de marzo, la Comisión Europea presentó la propuesta de Ley Europea del Clima, con la que se pretende consagrar legislativamente el compromiso europeo de alcanzar la neutralidad climática en 2050.

Este objetivo, contemplado en el European Green Deal aprobado por la Comisión el pasado mes de diciembre, y que plasma los compromisos adquiridos por la Unión Europea en el Acuerdo de París, supone la íntegra descarbonización del sistema eléctrico y la masiva incorporación de las energías renovables a la generación de electricidad.

Una de las claves del nuevo escenario energético establecido por el European Green Deal o Pacto Verde Europeo, es la descentralización del sistema eléctrico.

Esto significa que ya no será necesario producir elevadas cantidades de gigavatios en grandes centrales eléctricas, ni habrá que distribuir esa energía a través de una extensa red, con la consiguiente pérdida de eficiencia y con el riesgo de que existan zonas con escaso o nulo acceso a la energía.

En el nuevo modelo descentralizado se está dando paso a localizaciones de



producción de menor tamaño que abastecen a puntos de consumo cercanos, descongestionando así la red, mejorando la calidad de la electricidad que recibe el consumidor y universalizando el acceso a la energía.

En resumen, la descentralización del sistema eléctrico supone entregar, comerciar y consumir la energía en el mismo lugar en el que se produce.

Citando a Michael Merz, visionario de la tecnología blockchain y director gerente de la empresa tecnológica Ponton: "A medida que las energías renovables ganan mayor participación en la producción, aparecen nuevos roles en el mercado, como agregadores, prosumidores, mercados de flexibilidad y operadores de microrred".

En este esquema, los hogares dejan de ser meros consumidores y entran en el mercado como productores y comercializadores, ya que pueden vender sus excedentes de energía a la red o bien a sus propios vecinos. Es así como se incorpora al mercado eléctrico el concepto P2P Trading (peer-to-peer o comercio entre iguales), en el que la tecnología blockchain es fundamental.

Tecnología blockchain

El nombre de blockchain o cadena de bloques, también conocida como tecnología de contabilidad distribuida, es una colección de registros en continuo crecimiento, que se encuentran agrupados en bloques y que están unidos y asegurados mediante criptografía.

"La tecnología blockchain proporciona una plataforma que permite la compraventa de energía de manera directa entre iguales"

Aplicado al mercado energético, la tecnología blockchain proporciona una plataforma que permite la compraventa de energía de manera directa entre iguales, sin necesidad de que exista un mercado organizado y sin intermediarios. Las transacciones comerciales se realizan en bloques y se registran en la plataforma de forma anónima y encriptada para que puedan ser verificadas por el resto de actores.

Una vez aprobado el pago por parte del consumidor, el bloque que lo contiene se añade a una cadena donde quedan registradas todas las operaciones realizadas. El proceso finaliza cuando el vendedor recibe su cantidad.

Infraestructura Europea de Servicios Blockchain

La innovación de la tecnología blockchain radica en su capacidad para registrar las transacciones de manera segura, transparente, rentable e inmodificable.

En poco tiempo, y tan sólo en su fase demostrativa, la tecnología blockchain se ha posicionado como un agente dis-

ruptivo que impulsa la transición energética de las tres "D": descarbonización, democratización y digitalización.

En líneas generales, el paisaje europeo de esta tecnología ha ido creciendo y evolucionando rápidamente en un amplio abanico de sectores, no sólo el energético. Los principales desarrollos llevados a cabo incluyen la creación de la Asociación Europea de Blockchain y su ambicioso proyecto para construir la Infraestructura Europea de Servicios de Blockchain, con el que se pretende dar seguridad y transparencia a esta plataforma de pago para proteger a los consumidores.

Proyecto Enerchain

La primera transacción de energía utilizando blockchain en Europa tuvo un carácter demostrativo y se produjo el 4 de noviembre de 2016, en el marco de la conferencia EMART Energy celebrada en Ámsterdam. La operación de compraventa se llevó a cabo entre las empresas Yuso y Priogen, y el pago se realizó al día siguiente empleando Enerchain, un software basado en tecnología de cadena de bloques.

El programa Enerchain ha sido desarrollado por la empresa alemana Ponton y su aplicación a la industria energética es el resultado de un proyecto con el mismo nombre, en el que participan 40 empresas de servicios públicos y energéticos. Entre ellas se encuentran gigantes como Iberdrola, la petrolera francesa Total, la eléctrica alemana RWE o la italiana Enel, matriz de la española Endesa.

A lo largo de 2017 y 2018, estas compañías apoyaron a Enerchain durante su fase de prueba de concepto (PoC por sus siglas en inglés), realizando ensayos para optimizar el rendimiento del sistema y diseñando una infraestructura segura para el proceso de comercio descentralizado.

El objetivo de esta prueba de concepto era descubrir si una solución descentralizada puede soportar los volúmenes de negociación y la velocidad de las transacciones que exigen los mercados energéticos. Además de permitir procesos operativos más eficientes, esta tecnología debía garantizar costos de transacción reducidos.

El software superó con éxito todas las pruebas y el 20 de mayo de 2019 fue lanzado Enerchain 1.0, estando ya disponible y operativo en los mercados de energía al por mayor.

En declaraciones realizadas en la web del proyecto, Michael Merz, director gerente de Ponton, explica: “La tecnología blockchain es una nueva forma de crear aplicaciones de software disruptivas y modelos comerciales”.

“La tecnología blockchain es una nueva forma de crear aplicaciones de software disruptivas y modelos comerciales”

“El proyecto prácticamente muestra el poder de la cadena de bloques al crear un mercado que no requiere una plataforma físicamente centralizada. Enerchain demuestra lo que se puede esperar para el futuro en áreas relacionadas con el comercio de energía: comercio mayorista P2P, comercio de flexibilidad en la red regional y sincronización de procesos de gestión de red entre TSO y DSO”, añade Merz.

Primeras transacciones blockchain en España

El software Enerchain fue utilizado por primera vez en España a principios de 2018. Fueron las compañías Endesa y Gas Natural Fenosa (actual Naturgy) las encargadas de aplicar el software a una compraventa de energía entre ambas.

Esta operación se convirtió en la primera transacción energética basada en blockchain realizada en la península ibérica. En concreto, las compañías llevaron a cabo una operación comercial por un volumen total de 5,95 GWh de gas natural.

Ese mismo año, en el mes de noviembre, la cadena de bloques llegó a la financiación de infraestructuras energéticas cuando Red Eléctrica de España y las entidades bancarias BBVA, BNP y MUFG firmaron un crédito sindicado basado en tecnología blockchain. El importe del préstamo fue de 150 millones de euros.

Esta operación fue pionera no sólo en España y en Europa, sino en el mundo, y supuso un avance importante dentro de las iniciativas que se estaban llevando a cabo en ese momento para explorar el potencial del blockchain.

Para llevar a cabo dicha operación, hizo falta desplegar una red blockchain privada a través de la cual interactuaron los seis participantes en el proceso:



REE, las tres entidades bancarias y dos asesores legales.

La firma de esta pionera operación hizo visibles las ventajas que aporta la tecnología blockchain a este tipo de financiaciones sindicadas, donde interviene un elevado número de participantes. La cadena de bloques permitió reducir los tiempos y garantizar tanto la transparencia como la trazabilidad del proceso de contratación.

Tras la firma del crédito sindicado, la directora corporativa Económico-Financiera de Red Eléctrica, Teresa Quirós, declaró: “Esta operación forma parte de las iniciativas que la compañía está poniendo en marcha para impulsar la transformación digital y la innovación como palancas de crecimiento y eficiencia, que permitirán abordar los retos que la transición energética nos plantea”.

Beneficios del blockchain en el sector energético

Aunque la tecnología blockchain aún se encuentra en sus inicios, durante las pruebas de operación realizadas en los últimos años, ha demostrado los importantes beneficios que puede aportar al sistema energético.

Pasemos a repasar algunas de esas ventajas, así como algunos proyectos o casos de éxito que lo hacen visible.

Transformación digital de la sociedad

En primer lugar, no cabe duda de que esta tecnología impulsa la transforma-

ción digital de la sociedad, implicando a los ciudadanos en este proceso. En el ámbito energético, el blockchain es una herramienta puesta a disposición de los consumidores para que puedan ejercer un papel más activo en el mercado, un rol que adquiere mayor protagonismo a medida que se legalizan conceptos como el autoconsumo compartido o las comunidades energéticas.

Gracias a la tecnología de cadena de bloques, la figura del prosumidor/consumidor podrá llevar a cabo sus transacciones comerciales de energía de una forma totalmente individual y con absoluta seguridad. Se cumple así con una de las máximas del Paquete de Invierno de la Comisión Europea en la que se apela a los estados miembros a establecer políticas que permitan el acceso universal a la energía.

En los últimos meses, empresas, centros tecnológicos y universidades han trabajado codo con codo para poner a disposición de los ciudadanos esta disruptiva tecnología.

Destaca el proyecto e-ing3ni@ de Siemens, que ha sido premiado en la Galería de la Innovación del evento Genera 2020, celebrado el pasado mes de febrero en Ifema, Feria de Madrid.

La iniciativa e-ing3ni@ consiste en una plataforma para transacciones de energía entre productores y consumidores domésticos a través de la tecnología blockchain.

Según ha explicado Siemens, e-ing3ni@ es una herramienta dirigida a pro-



Michael Merz, visionario de la tecnología blockchain y director gerente de la empresa tecnológica Ponton. Primera transacción energética usando blockchain en Europa en Emart Energy. Fuente: Proyecto Enerchain.

ductores de energía, desde particulares a grandes plantas, comercializadores y/o distribuidores eléctricos, agentes del sector y al consumidor final. Con esta plataforma, el cliente final elige el tipo de energía que va a consumir. La tecnología blockchain aplicada a e-ing3ni@ permite elegir y hacer reservas de producción de energía con precios fijos durante todo el año, aporta transparencia y trazabilidad a los consumos y hace posible la venta de energía.

La plataforma se puso en marcha durante el verano de 2019, a través de un proyecto piloto desarrollado con Grupo Gnera y la planta fotovoltaica Gérgal en Almería, perteneciente a la empresa Almedras de Andalucía.

Facilita el autoconsumo compartido y las comunidades energéticas

Fuera de la Unión Europea, la tecnología blockchain, a pesar de su juventud, ya se viene utilizando de forma efectiva en países que nos llevan cierta ventaja, como es el caso de Estados Unidos.

Uno de los proyectos precursores en esta materia en Estados Unidos es Microgrid Brooklyn, un ejemplo de comu-

nidad energética creado en 2015 dentro del emblemático barrio neoyorkino que lleva el mismo nombre.

En esta microrred, el excedente de electricidad producido por los sistemas de autoconsumo fotovoltaico instalados en los edificios del barrio puede ser vendido a edificios vecinos. El resultado es un tejido de transacciones energéticas en el que participan viviendas, locales comerciales, empresas y espacios dotacionales.

El pago de la energía se realiza utilizando una plataforma blockchain que también ha sido desarrollada por el gigante tecnológico Siemens y que recibe el nombre de Exergy.

Agiliza la gestión del bono social eléctrico

La tecnología de contabilidad distribuida también es una herramienta eficaz contra la pobreza energética. Según la Asociación de Ciencias Ambientales (ACA), en 2019 un 21% de los hogares españoles se encontraría en condiciones asociadas a esta lacra social.

Una de las medidas para paliar este problema es el bono social eléctrico que las comercializadoras aplican a aquellas

familias en situación de vulnerabilidad.

Para agilizar el trámite de esta bonificación, la compañía Endesa y el Ayuntamiento de Málaga están llevando a cabo actualmente un proyecto piloto denominado "Confía," consistente en una plataforma basada en blockchain que podría estar en funcionamiento real en el segundo semestre de 2020.

Ayuntamientos, servicios sociales y compañías eléctricas podrán cruzar los datos registrados de familias en situación de vulnerabilidad, recibos impagados y avisos de corte de suministro para que la tramitación del bono social eléctrico se produzca de la forma más ágil y eficiente posible.

Conclusión

Hoy en día ya hay 50 empresas en Europa que persiguen este modelo de negocio. Los proyectos citados en estas líneas tan sólo son ejemplos que dan visibilidad a los esfuerzos que el sector energético está llevando a cabo para que la plataforma blockchain y, por extensión, las tecnologías asociadas a la inteligencia artificial, contribuyan a los objetivos de descarbonización, descentralización y democratización del sistema eléctrico.

Brooklyn Microgrid, la comunidad energética de Nueva York nacida tras el huracán Sandy

La emergencia climática exige adoptar actuaciones rápidas y firmes por parte de autoridades públicas, incrementar las inversiones en I+D y sensibilizar a los ciudadanos sobre la importancia de un uso responsable de los recursos energéticos. Para hacer frente a los nuevos retos, el mercado de la electricidad se está transformando, asumiendo nuevos modelos descentralizados y descarbonizados. En numerosos puntos del planeta proliferan proyectos que demuestran los beneficios de este nuevo paradigma. Uno de estos ejemplos lo encontramos en el corazón de Brooklyn, Nueva York



Placas solares en los tejados de los edificios de Brooklyn Microgrid. Fuente: Siemens.

Marita Morcillo

Park Slope es un idílico vecindario perteneciente al neoyorkino barrio de Brooklyn, formado por edificios históricos y típicas casas adosadas, con fachadas de piedra rojiza, levantadas alrededor de 1900.

Más de un siglo después de su construcción, en 2010, sobre los tejados de estas emblemáticas viviendas comenzaron a instalarse sistemas de energía fotovoltaica para el aprovechamiento propio.

En junio de 2016, dos residentes de President Street, en el corazón de Park Slope, marcaron un hito al protagonizar la primera transacción energética entre iguales utilizando para el pago una tecnología prácticamente desconocida en aquel momento: la cadena de bloques o blockchain.

Esta operación no sólo fue pionera en Estados Unidos, sino en todo el mundo. Fue el origen de Brooklyn Microgrid (BMG), una comunidad energética que se fue extendiendo por Gowanus y

Boerum Hill, dos vecindarios adyacentes a Park Slope.

La creación de Brooklyn Microgrid supuso una revolución en el tradicional mercado energético, al permitir el consumo compartido y el comercio de energía a pequeña escala peer-to-peer.

Un poco de historia

Pero los objetivos de BMG van mucho más allá que impulsar mercados energéticos locales. Una de las principales razones de ser de esta comunidad energética es minimizar la vulnerabilidad del sistema eléctrico ante desastres naturales u otras circunstancias que puedan amenazar el suministro de electricidad.

Para explicar esto último nos tenemos que trasladar al otoño de 2012, cuando el huracán Sandy azotó las Islas del Mar Caribe, la costa nororiental de Estados Unidos y Alaska.

En Estados Unidos, Sandy dejó sin suministro eléctrico a cerca de seis millones de personas, siendo el estado de

Nueva York uno de los más afectados, especialmente la ciudad de los rascacielos, que vio cómo barrios enteros, incluida la isla de Manhattan, quedaban sumidos en la oscuridad.

Los efectos devastadores de Sandy se dejaron notar en multitud de servicios básicos para la ciudadanía, que tardarían semanas, meses e, incluso años en recuperarse.

El restablecimiento del suministro energético fue costoso y tuvo que hacerse de forma escalonada, por lo que fue necesario emplear varios días hasta que estuvo plenamente recuperado. Sin embargo, durante los meses posteriores, se fueron sucediendo continuas interrupciones que dejaron a la vista las carencias de un obsoleto sistema eléctrico.

Reforming the Energy Vision (REV)

Ante el temor de que desastres naturales como el huracán Sandy volvieran a repetirse, surgió la necesidad de buscar soluciones y alternativas tecnológicas que

aseguraran la continuidad del suministro energético, incluso en las peores condiciones.

Como respuesta, el gobernador Andrew Cuomo puso en marcha en 2014 un programa de medidas para reconstruir, fortalecer y modernizar el sistema energético de Nueva York. Era su estrategia para reformar la visión energética, conocida como Reforming the Energy Vision (REV).

Durante el siglo XX, la red norteamericana de transporte y distribución de energía eléctrica había estado en manos de grandes compañías de servicios públicos, muy centradas en invertir en infraestructuras a gran escala, pero con pocos alicientes para prestar mayor atención a sistemas de pequeña escala, como los llamados recursos distribuidos (DER).

En 2012, año del huracán Sandy, el barrio de Brooklyn presentaba uno de los sistemas eléctricos más envejecidos de Nueva York, visible en sus cableados aéreos en vez de subterráneos, entre otras muchas deficiencias.

Brooklyn fue uno de los barrios neoyorkinos donde el huracán Sandy causó más estragos, dejando tras su paso una huella de viviendas, edificios e infraestructuras totalmente devastados; entre ellas, un maltrecho y anticuado sistema eléctrico, que no soportó el impacto de este fenómeno meteorológico. De hecho, cuando el suministro energético ya funcionaba con total normalidad en la ciudad de Nueva York, en varias zonas de Brooklyn todavía tardarían varios días más en recuperarlo.

Aunque pueden predecirse, los fenómenos del clima no pueden evitarse, pero sí es posible mitigar sus efectos, especialmente en las zonas más expuestas a este tipo de desastres, como es el caso de la costa oriental de Estados Unidos. Este fue el razonamiento del gobernador Andrew Cuomo cuando lanzó la estrategia REV, con el foco de atención puesto en evitar que millones de personas y miles de servicios básicos vieran interrumpida la corriente eléctrica. Para ello era necesario reforzar las infraestructuras y aumentar su resiliencia, es decir, incrementar su capacidad para recuperarse ante acontecimientos adversos en el menor tiempo posible.

Como ya se ha explicado, Cuomo tenía el convencimiento de que la modernización del sistema eléctrico del estado de Nueva York pasaba por impulsar el



Lawrence Orsini, Ceo de LO3 Energy, posa con Brooklyn Microgrid al fondo. Fuente: Siemens.

despliegue de los recursos distribuidos. En este sentido, uno de los objetivos de la estrategia REV fue eliminar las barreras financieras a la generación descentralizada. De esta manera, el programa REV aportó el marco regulatorio que hizo posible el nacimiento y posterior crecimiento de Brooklyn Microgrid.

Por otra parte, el programa REV también perseguía la descarbonización del sistema eléctrico de Nueva York, incentivando la construcción de grandes plantas de generación a partir de energías renovables e impulsando la creación de microrredes. La masiva incorporación de energía limpia al mix energético también exigía la rápida modernización de las infraestructuras de transporte y distribución.

La estrategia REV asentó, de esta manera, las bases para que proyectos como el de Brooklyn Microgrid fuera todo un éxito.

Proyecto pionero

Brooklyn Microgrid fue impulsado por la empresa emergente LO3 Energy con la colaboración del gigante Siemens y su aceleradora de negocios, next47.

La primera, LO3Energy, desarrolló la plataforma digital que haría posible las transacciones usando tecnología blockchain. Por su parte, Siemens, a través de su división de Redes Inteligentes, aportó las soluciones técnicas específicas para microrredes. Por último, el apoyo financiero, el asesoramiento y la experiencia vinieron de la mano de next47.

Brooklyn Microgrid hizo posible poner en contacto a propietarios particu-

lares de paneles solares, los conocidos como prosumidores, con consumidores que desean comprar la electricidad fuera de la red tradicional y acceder a energía limpia. La inteligencia artificial y sus tecnologías, como la cadena de bloques, son las que hacen posible este tipo de operaciones de compraventa.

Los participantes de Microgrid Brooklyn acceden al mercado energético local a través de una aplicación donde los vecinos pueden optar por comprar créditos locales de energía solar. Los prosumidores pueden elegir si venden su exceso de energía solar a la red eléctrica general o a sus vecinos, quienes adquieren la energía solar disponible a través del método de subasta.

Desde un punto de vista operativo y económico, la tecnología blockchain fue crucial para la creación de Brooklyn Microgrid, ya que garantizaba la seguridad y la encriptación de las operaciones.

Exergy

La empresa LO3Energy creó para el proyecto de Brooklyn una tecnología basada en inteligencia artificial a la que llamó Exergy. Desde esta plataforma de datos se crean mercados de energía locales utilizando la infraestructura de red eléctrica ya existente.

Para que los vecinos puedan acceder a la plataforma Exergy, LO3Energy desarrolló una aplicación móvil desde la cual los consumidores pueden establecer sus presupuestos diarios para adquirir energía y seleccionar las fuentes locales de generación.

Microrredes híbridas, una solución para países en vías de desarrollo

Hybrid micronetworks, a solution for developing countries

Paula Bastida-Molina¹, Elías Hurtado-Pérez², Carlos Vargas-Salgado³, David Ribó-Pérez⁴

Resumen

Casi el 80% de la población sin acceso a la electricidad vive en zonas rurales remotas, donde su difícil acceso, gran distancia y alto coste de conexión a las redes de transporte instaladas hacen que la única solución para alimentar energéticamente a estas poblaciones sean las microrredes aisladas alimentadas por sistemas híbridos renovables (HRES). En este caso de estudio se detalla el proceso de diseño del HRES para abastecer energéticamente a una pequeña aldea de Malawi (África), denominada Masitala, la cual está aislada actualmente de la red eléctrica. El HRES consigue cubrir toda la demanda eléctrica de la población, estimada en 50 kW de consumo pico, en cualquier momento y con total fiabilidad. El sistema aprovecha los recursos solares, eólicos y de biomasa abundantes en la región para la generación eléctrica. La combinación de estos recursos asegura un mayor rango de cobertura de la demanda eléctrica que el proporcionado individualmente por cada tecnología, ya que las limitaciones de un tipo de energía son cubiertos por los restantes. Además, la disposición de un grupo de baterías en el HRES aseguraría la fiabilidad total del sistema. Se consigue así dar acceso a la energía eléctrica a Masitala, permitiendo su desarrollo de una forma sostenible y eficaz.

Palabras clave

Sistema híbrido renovable, energías renovables, zonas rurales, recursos, solar, eólico, biomasa, baterías.

Abstract

Almost 80% of the population without access to electricity live in rural remote areas, where its difficult access, long distance and high cost of connection to installed transport network make isolated micronetworks with hybrid renewable energy systems (HRES) the unique solution to electrically satisfy these communities. In this case of study, HRES design process to electrically power a small and isolated village in Malawi (Africa), called Masitala, is detailed. All the electrical demand of the population, estimated at 50 kW of maximum power, can be reliably and in every moment covered by HRES. The system takes advantage of solar, wind and biomass plentiful zone resources for electrical generation. The combination of all these resources ensures a wider electrical supply range than the one provided by every single technology, since limitations of one energy type are solved by the remaining technologies. Additionally, the group of batteries set out in HRES would guarantee the completely system reliability. In this way, it could be possible to give electrical access to Masitala, allowing its development in a sustainable and efficient way.

Keywords

Hybrid renewable system, renewable energies, rural zones, resources, solar, wind, biomass, batteries.

Recibido / received: 20/06/2019. Aceptado / accepted: 28/01/2020.

1 Instituto Universitario de Ingeniería Energética, Camino de Vera, s/n, edificio 8E, 2a planta, Universitat Politècnica de València, Valencia, Spain, paubasmo@etsid.upv.es.

2 Instituto Universitario de Ingeniería Energética, Camino de Vera, s/n, edificio 8E, 5a planta, Universitat Politècnica de València, Valencia, Spain, ejhurtado@die.upv.es

3 Instituto Universitario de Ingeniería Energética, Camino de Vera, s/n, edificio 8E, 2a planta, Universitat Politècnica de València, Valencia, Spain, carvarsa@upvnet.upv.es

4 Instituto Universitario de Ingeniería Energética, Camino de Vera s/n, edificio 8E, 2a planta, Universitat Politècnica de València, Valencia, Spain, david.ribo@iie.upv.es

Autor para correspondencia: Paula Bastida-Molina. E-mail: paubasmo@etsid.upv.es.



Niños africanos recogen agua para sus familias, lejos de su hogar, en una aldea de Malawi. Foto: Shutterstock.

Introducción

El acceso por parte de la población a la electricidad se ha convertido en uno de los índices más importantes para el desarrollo de un país. Como afirman distintas organizaciones como el Banco Mundial (WB) y Agencia Internacional de la Energía (IEA), el acceso a la electricidad proporciona a los distintos países los recursos necesarios para mejorar aspectos clave como educación, sanidad, redes de agua, comunicaciones o adaptación y mitigación al cambio climático. Sin embargo, hay aún cerca de 1 billón de personas sin acceso a la electricidad (IEA, 2018). De estas, el 80% vive en zonas rurales aisladas del África subsahariana, el sudeste asiático y Sudamérica, principalmente.

Los costes de inversión que tendrían que asumir estas comunidades para poder tener acceso a la red eléctrica son muy altos, prácticamente prohibitivos. Por ello, las microrredes aisladas alimentadas por sistemas híbridos renovables (HRES, por sus siglas en inglés) se presentan como una solución que permitiría dar respuesta a esta necesidad de las comunidades aisladas de electricidad (IEA, 2017). Estos sistemas permiten cubrir la demanda eléctrica de las poblaciones

rurales utilizando recursos renovables abundantes en la región, como la energía solar, eólica, biomasa, etc. El uso híbrido y combinado de los distintos tipos de tecnologías supera las restricciones de los sistemas renovables convencionales, puesto que las limitaciones de un tipo de tecnología se suplen con las características del resto de fuentes (Kartite & Cherkaoui, 2019). Además, los HRES cuentan con el respaldo de baterías o grupos electrógenos, haciéndolos así sistemas de elevada fiabilidad.

En los últimos años, se han llevado a cabo numerosos proyectos de implantación de HRES en poblaciones rurales aisladas de la red eléctrica. Algunos de ellos son el proyecto llevado a cabo en Necoclí (Colombia) en 2009, Kinshasa (República Dominicana del Congo) en 2012 (Hurtado, Peñalvo-López, Pérez-Navarro, Vargas & Alfonso, 2015) y en Choco (Colombia) en 2015. Estos proyectos han verificado la idoneidad de utilizar HRES en zonas aisladas de la red eléctrica, especialmente en comunidades de África y Sudamérica, donde las horas de sol y los recursos de biomasa son abundantes.

En este artículo se plantea el diseño de una instalación que se prevé desa-

rollar en una pequeña aldea de Malawi, en África, denominada Masitala. Esta comunidad ha sufrido numerosos problemas agrícolas y de sequía en los últimos tiempos, lo que ha conducido a una desnutrición generalizada de la población. La actuación de William Kamkwamba en 2010 logró salvar a esta pequeña aldea de una fuerte hambruna y se dio a conocer la comunidad en el mundo. Este joven, originario de Masitala, consiguió construir un molino de viento utilizando restos de chatarra, troncos de árbol, piezas de automóvil etc. viendo las imágenes de un libro en inglés que encontró en la biblioteca, sin saber él nada de inglés. Con este rudimentario molino de viento fue posible generar una pequeña cantidad de energía con la que se logró bombear agua para regar los cultivos, mitigando el hambre de los habitantes de la población (Dieterich, 2018).

Sin embargo, este pequeño molino es insuficiente y poco fiable para cubrir toda la demanda energética de la aldea. Además, tan solo es posible utilizarlo en momentos concretos de tiempo. Se considera así que la aldea está aislada eléctricamente.

Por ello, se pretende diseñar un sistema híbrido renovable que permita

cubrir las necesidades energéticas de Masitala utilizando recursos solares, eólicos y de biomasa y como respaldo un sistema de almacenamiento en baterías.

Curva de consumo diaria

El primer paso para poder dimensionar un HRES es conocer la curva de consumo diaria de la población donde se instalará. Sin embargo, en este caso de estudio no es posible recopilar datos reales, ya que actualmente la población de Masitala se encuentra aislada de la red. El método que se utiliza para ello consiste en estimar cuáles serían los consumidores principales de Masitala y estimar su curva de consumo diaria para asegurar así una calidad de vida digna a sus habitantes (Bhuiyan & Ali Asgar, 2003). Para una aldea como Masitala, se establece que estos consumos serían una biblioteca, una escuela de educación infantil-primaria, una escuela de educación secundaria, un consultorio médico, las residencias de los habitantes (70 en total), la red de alumbrado público y una bomba de extracción de agua. Así, es posible obtener finalmente la curva de consumo total como el sumatorio de cada una de las curvas de consumo diario de cada consumidor establecido. La figura 1 presenta el resultado de la estimación. En ella se puede observar que la potencia máxima estimada es de 50 kW a última hora de la noche.

Elección de las distintas tecnologías

La elección de las distintas tecnologías que compondrán el HRES es un punto clave del proceso de diseño (Mandelli, Barbieri, Mereu, & Colombo, 2016). La demanda de energía estimada para la población, la abundancia de los recursos y la viabilidad técnica y económica son los principales factores que se han tenido en cuenta para ello (Hussain, Norton, & Duffy, 2017).

El elevado número de horas solares que se dan en Masitala a lo largo del año (2.362 HSP), sumadas a la fácil instalación de los paneles solares fotovoltaicos y su precio competitivo hacen que la energía solar resulte idónea para el HRES. Además, se dispone de forma abierta de la herramienta PVGIS, con la cual es posible obtener la curva de radiación solar en cada mes del año.

La ubicación de Masitala hace que

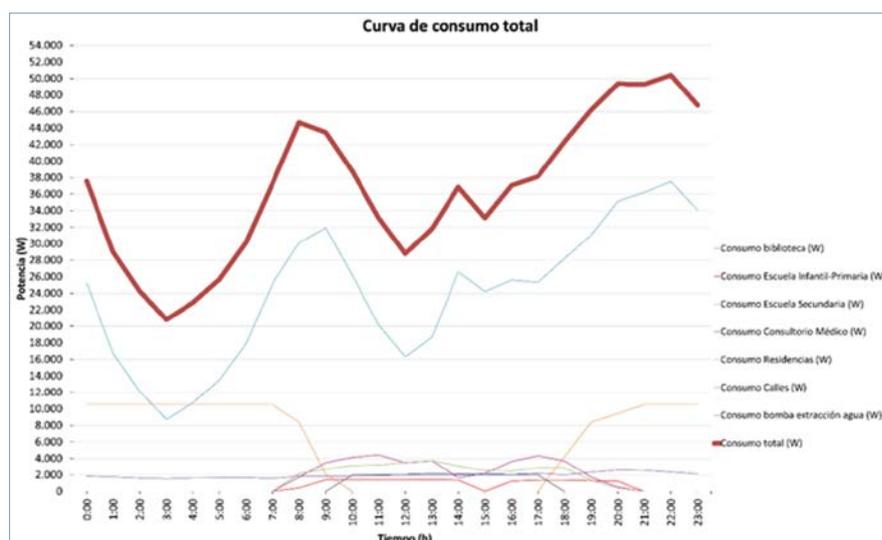


Figura 1. Curva de consumo total.

el viento sea también un recurso abundante en la aldea. El patrón de vientos (dirección, frecuencia, etc.) se obtiene con la herramienta Global Wind Atlas, gratuita y de libre uso. Esto hace que la energía eólica sea una fuente de energía adecuada también para el sistema, aunque se dispondrá en menor medida que la solar por su mayor dificultad de instalación, operación y coste. Esto contribuye al aumento de la fiabilidad del sistema, principalmente en épocas con mucha nubosidad.

En Masitala también hay especies leñosas de alto poder calorífico muy abundantes en la región. Así, la energía de la biomasa también se va a utilizar en el HRES. Sin embargo, va a incluirse como una tecnología secundaria, que solo entrará en funcionamiento en momentos esporádicos, ya que su funcionamiento continuado supondría graves problemas en el equipo de biomasa (obstrucción, alquitranes, etc.).

Otros posibles tipos de energía por incluir en el HRES podrían ser la energía hidráulica y la geotérmica. Sin embargo, la gran infraestructura que necesitarían y su elevado coste hacen que estas tecnologías sean descartadas.

Como sistema de respaldo para almacenar los excedentes de energía cuando el potencial de generación supera la demanda de energía, se decide utilizar baterías. Podría utilizarse también grupos electrógenos, por su amplia madurez tecnológica, facilidad de uso e instalación. Sin embargo, los

grupos electrógenos son descartados por su elevado índice de emisiones contaminantes (Arabzadeh Saheli, Fazelpour, Soltani & Rosen, 2019).

Tras este breve análisis, se determina que las fuentes de energía que formarán el HRES serán la energía solar, la eólica y de biomasa, junto con el respaldo de un grupo de baterías.

Descripción del HRES

En general, el objetivo de cualquier HRES es asegurar que la demanda energética de la población se cubra con una elevada fiabilidad (Pérez-Navarro et al, 2016). Para el caso de estudio, el HRES deberá cubrir la demanda eléctrica de Masitala, a partir de los recursos renovables, contando adicionalmente con el apoyo de un sistema de almacenamiento en baterías.

El inversor-cargador de batería bidireccional Sunny Island, es el *cerebro* del sistema. Permite crear la red aislada de 230-400 V en corriente alterna cuando toma la energía de las baterías. Los recursos de generación solar y eólica están conectados a esta red, así como los consumos de la población. Por otro lado, el grupo electrógeno del equipo de biomasa está directamente conectado a Sunny Island. En los momentos en que actúa la biomasa, Sunny Island puede sincronizarse y conectarse con el grupo electrógeno. En esas situaciones, la red deja de estar formada por Sunny Island, será el grupo electrógeno de la biomasa el elemento que determine los parámetros de la red (Fig. 2).

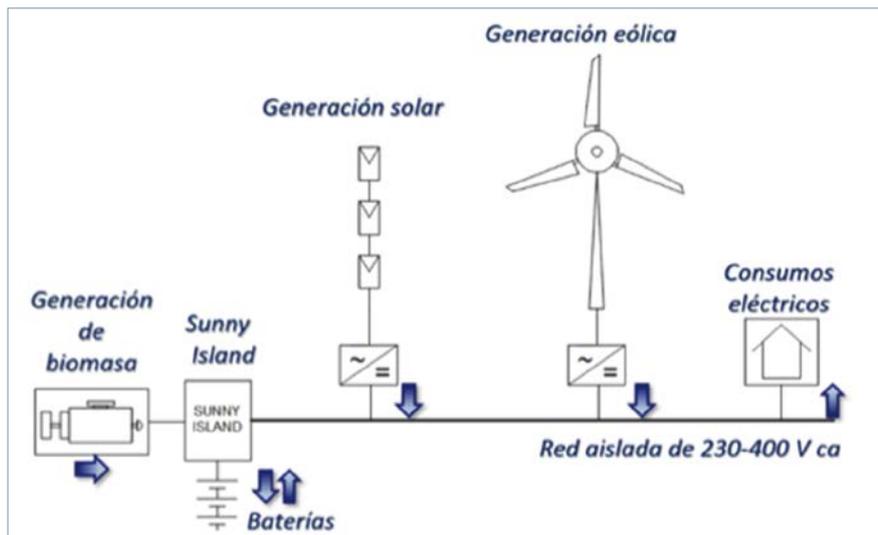


Figura 2. Configuración del HRES.

Sistemas de funcionamiento. Sistema híbrido renovable				
Generación solar y/o eólica	Excedentes de energía	Grupo electrógeno	Baterías	Elemento que forma la red
Si, cubre la demanda energética	No	No actúa	No actúan	Sunny Island
Si, cubre la demanda energética	Si. Carga de baterías	No actúa	No actúan	Sunny Island
No cubre toda la demanda energética	No	Si actúa	No actúan	Grupo electrógeno
	No	No actúa	Si actúan	Sunny Island
	No	Si actúa	Si actúan	Grupo electrógeno

Tabla 1. Situaciones de funcionamiento del HRES.

Las posibles situaciones de generación-consumo son descritas a continuación y recopiladas en la tabla 1:

- Si con la generación solar-eólica fuese posible cubrir toda la demanda eléctrica de Masitala, sin que se produjesen excedentes de energía, ni la ayuda del grupo electrógeno de la biomasa ni la de las baterías serían necesarias. No habría tampoco excedentes de energía y Sunny Island sería el encargado de establecer la red.
- En el caso de que la generación solar-eólica pudiera cubrir toda la demanda eléctrica de Masitala y, además, se produjeran exceden-

tes, con estos sería posible cargar las baterías. En esta situación ni el grupo electrógeno ni las baterías actuarían. La red la formaría Sunny Island.

- La tercera situación que podría darse es que los recursos solares-eólicos no fueran suficientes para suplir la demanda eléctrica de Masitala. En este caso, podrían darse tres nuevas situaciones:
 - La actuación del grupo electrógeno de la biomasa permitiría cubrir toda la demanda, sin necesidad de que actuaran las baterías. En este caso, sería el grupo electrógeno el que formaría la red.

- El grupo electrógeno de la biomasa no entra en funcionamiento, sino las baterías. En este caso, Sunny Island sería el encargado de formar la red.
- Si la demanda de energía es cubierta tanto por el grupo electrógeno de la biomasa como por las baterías, el grupo electrógeno es el que formará la red.

Esta secuencia de funcionamiento coincide con la descrita en la fase de estudio de selección de las distintas tecnologías que formarán el HRES. La demanda energética se cubre con los recursos solares y eólicos, en primer lugar, después con los de la biomasa y, por último, con las baterías.

Dimensionado del HRES

El dimensionado del HRES se realiza siempre para el mes más desfavorable, es decir, el mes con menor producción energética, para asegurar una mayor fiabilidad del sistema (Bastida Molina, 2018). Conocido este mes, es necesario realizar un extenso estudio para determinar los patrones climatológicos que podrían darse en la población en dicho mes: cuántos días suelen ser soleados, cuántos suelen ser ventosos, cuantos días suelen ser soleados y ventosos a la vez y la cantidad de días seguidos que cumplen estas características. La herramienta utilizada para ello ha sido Meteoblue. Realizando este estudio para Masitala, se establecen finalmente cinco patrones climatológicos (Figura 3).

Para cada uno de estos patrones climatológicos (hipótesis), se calcula una curva inicial de producción solar-eólica (Fig. 4). Seguidamente, en cada una de las hipótesis se añade la curva de producción de biomasa (Fig. 5). Para ello, hay que tener en cuenta una serie de características, detalladas a continuación (Hurtado, Peñalvo-López, Pérez-Navarro, Vargas, & Alfonso, 2015).

- La biomasa deberá actuar en los momentos en que haya déficit de energía. Para conocer esos momentos, se superponen las curvas de producción solar-eólica con la curva de consumo diario en cada hipótesis y para todos los días (Fig. 6). Así, es posible conocer en qué momentos debe actuar la biomasa.
- El número de horas de funcionamiento del equipo de biomasa no

ENERGÍA SOLAR		ENERGÍA EÓLICA		ENERGÍA SOLAR		ENERGÍA EÓLICA		ENERGÍA SOLAR		ENERGÍA EÓLICA		ENERGÍA SOLAR		ENERGÍA EÓLICA	
Día 1	✓	✓	Día 1	✗	✓	Día 1	✓	✗	Día 1	✓	✓	Día 1	✓	✓	
Día 2	✓	✓	Día 2	✗	✓	Día 2	✗	✓	Día 2	✓	✗	Día 2	✓	✗	
Día 3	✗	✓	Día 3	✓	✗	Día 3	✓	✗	Día 3	✓	✗	Día 3	✓	✗	
Día 4	✗	✓	Día 4	✓	✗	Día 4	✓	✗	Día 4	✓	✗	Día 4	✓	✗	
Día 5	✗	✗	Día 5	✗	✗	Día 5	✓	✗	Día 5	✗	✗	Día 5	✗	✗	
Día 6	✓	✗	Día 6	✗	✗	Día 6	✓	✗	Día 6	✗	✓	Día 6	✗	✓	
Día 7	✓	✗	Día 7	✗	✗	Día 7	✓	✗	Día 7	✗	✓	Día 7	✗	✓	
Día 8	✓	✗	Día 8	✓	✗	Día 8	✓	✓	Día 8	✓	✗	Día 8	✓	✗	
Día 9	✓	✗	Día 9	✓	✗	Día 9	✓	✓	Día 9	✓	✗	Día 9	✓	✗	
Día 10	✓	✓	Día 10	✓	✗	Día 10	✓	✗	Día 10	✓	✗	Día 10	✓	✗	
Día 11	✓	✓	Día 11	✓	✗	Día 11	✓	✗	Día 11	✓	✓	Día 11	✓	✓	
Día 12	✓	✓	Día 12	✓	✓	Día 12	✗	✗	Día 12	✗	✓	Día 12	✗	✓	
Día 13	✗	✗	Día 13	✓	✓	Día 13	✗	✗	Día 13	✗	✗	Día 13	✗	✗	
Día 14	✗	✗	Día 14	✗	✗	Día 14	✗	✗	Día 14	✗	✗	Día 14	✗	✗	
Día 15	✗	✗	Día 15	✓	✓	Día 15	✗	✗	Día 15	✗	✓	Día 15	✗	✓	
Día 16	✓	✓	Día 16	✗	✓	Día 16	✗	✓	Día 16	✗	✓	Día 16	✗	✓	
Día 17	✗	✓	Día 17	✗	✓	Día 17	✗	✗	Día 17	✗	✓	Día 17	✓	✓	
Día 18	✗	✓	Día 18	✗	✓	Día 18	✗	✗	Día 18	✓	✓	Día 18	✓	✓	
Día 19	✗	✓	Día 19	✗	✓	Día 19	✗	✓	Día 19	✓	✓	Día 19	✓	✓	
Día 20	✗	✓	Día 20	✓	✓	Día 20	✓	✗	Día 20	✓	✓	Día 20	✓	✓	

Figura 3. Patrones climatológicos.

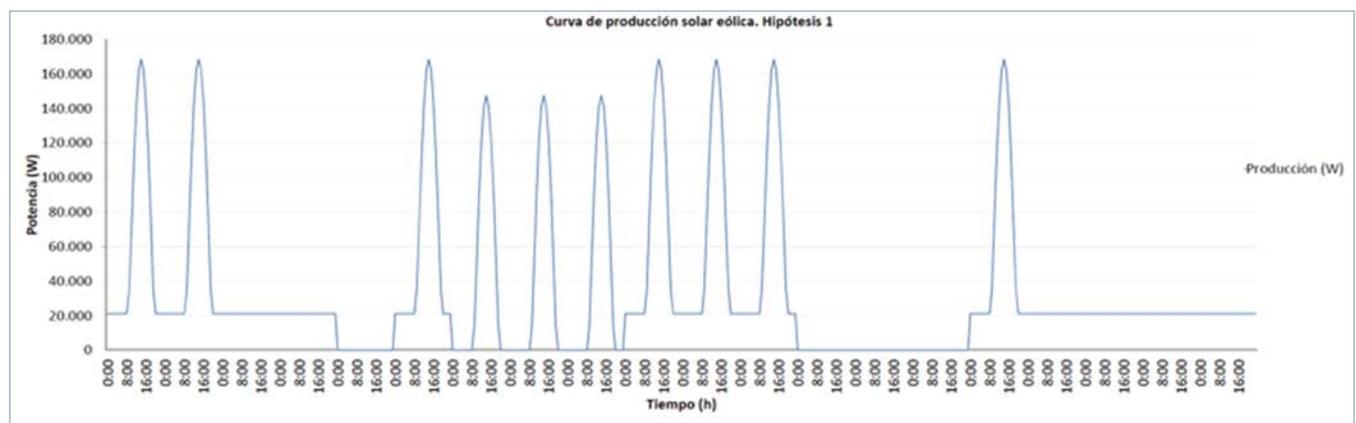


Figura 4. Curva de producción solar-eólica. Hipótesis 1.

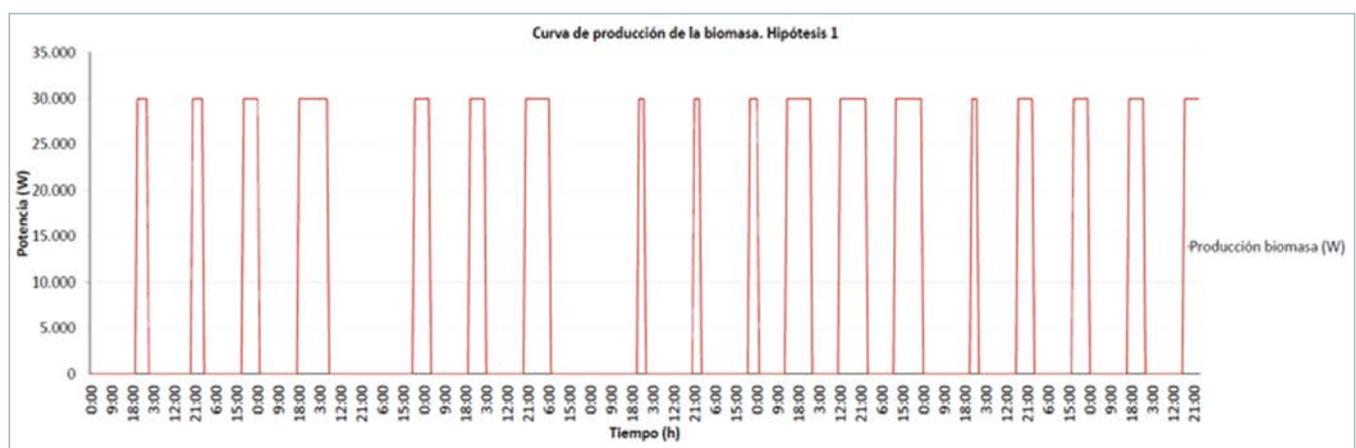


Figura 5. Curva de producción de la biomasa. Hipótesis 1.

es fijo, sino que variará en función del día.

- Se debe evitar siempre el funcionamiento intermitente del equipo de biomasa.

El sumatorio de los tres tipos de producción (solar, eólica y biomasa) corresponde a la curva de producción total (Fig. 7).

Como elemento de apoyo, se ha decidido utilizar baterías, que actuarán cuando el resto de tecnologías no lleguen a cubrir la demanda de energía. Es necesario superponer las curvas de producción y de consumo totales (Fig. 8) para ver en qué momentos se producen excedentes o déficits de energía, ya que las baterías se cargarán

cuando haya excedentes de energía y actuarán (se descargarán) cuando haya déficit (Fig. 9).

Una vez conocida la metodología, se implementa un proceso iterativo a partir de los datos iniciales para poder dimensionar el sistema y determinar qué cantidad de recursos de generación (solar, eólica, biomasa y baterías)

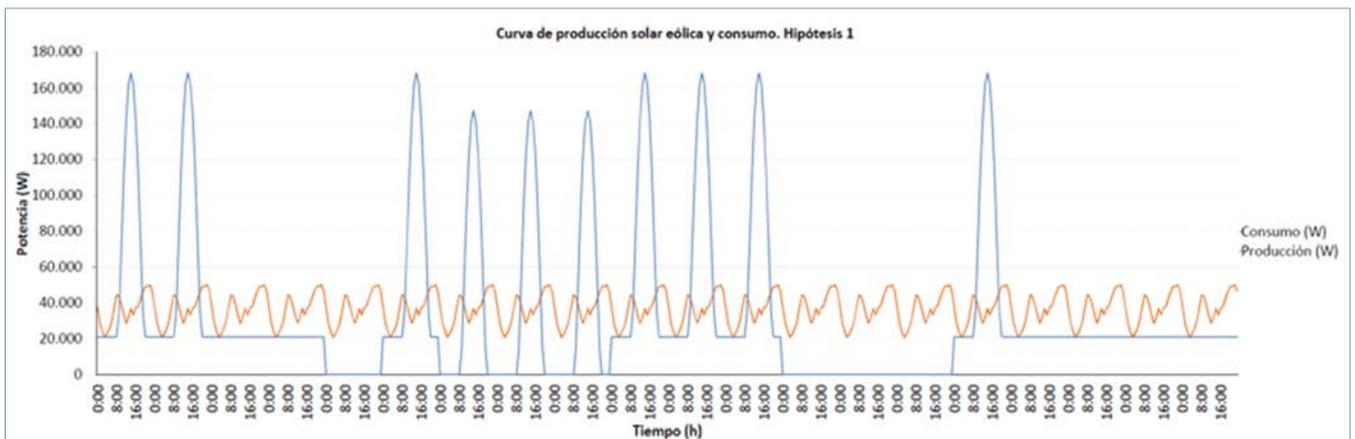


Figura 6. Curva de producción solar, eólica y consumo. Hipótesis 1.

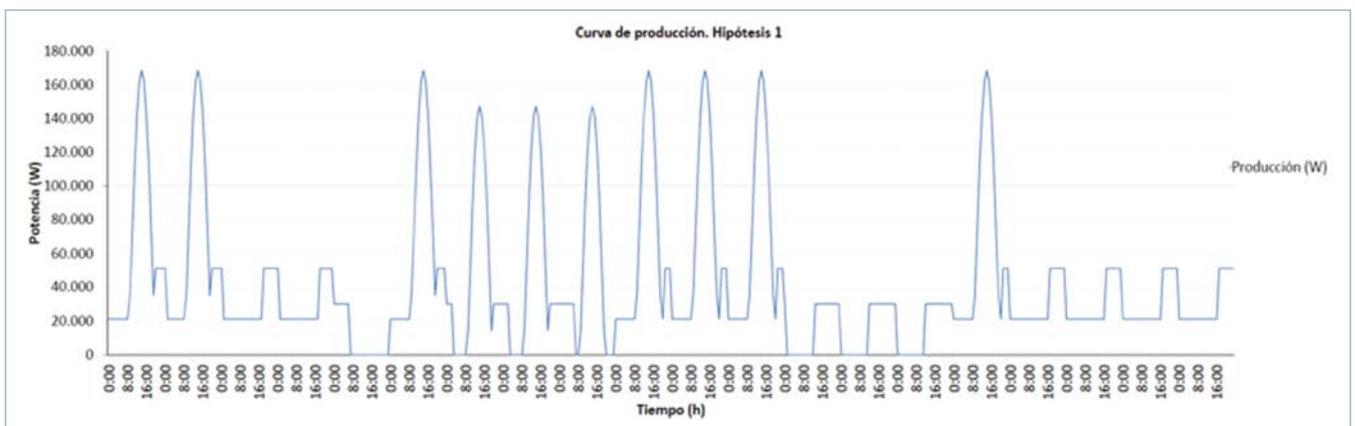


Figura 7. Curva de producción total. Hipótesis 1.

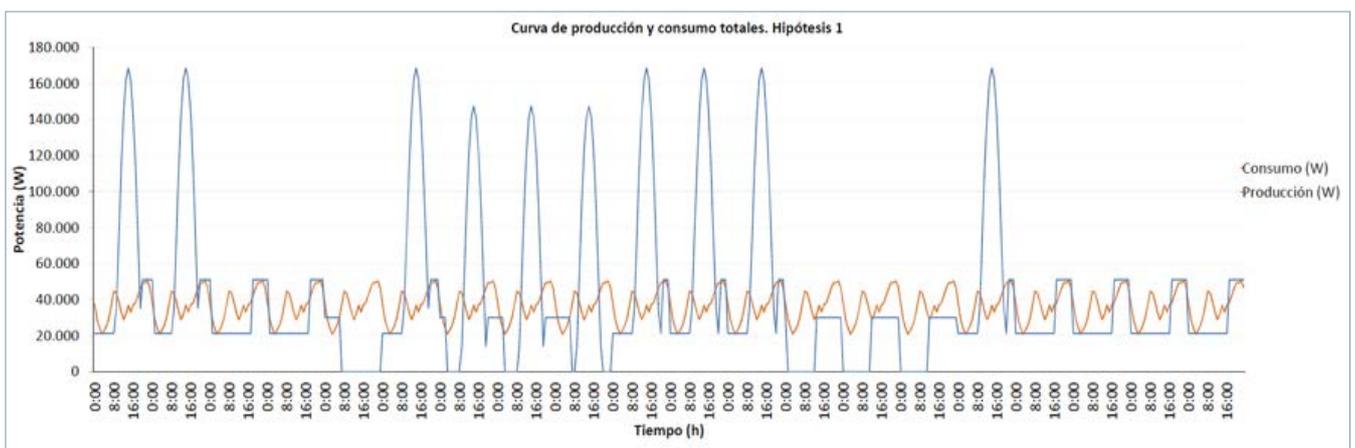


Figura 8. Curva de consumo y producción totales. Hipótesis 1.

son necesarios. Se considera que el proceso iterativo ha finalizado cuando en las cinco hipótesis propuestas se alcanzan los requisitos que se describen a continuación:

- Los recursos de generación no deben ser utilizados todos en la misma proporción. El estudio previo acerca de las tecnologías a introdu-

cir en el HRES determinó que el recurso más abundante debía ser el solar, seguido de la energía eólica y, por último, biomasa. La función de apoyo de las baterías, similar a la de la biomasa, hace que estas estén en una proporción muy similar a la biomasa.

- El equipo de biomasa no puede

funcionar de forma intermitente, sino que lo hace en un único periodo del día.

- Para evitar problemas de funcionamiento en las baterías, su energía almacenada nunca puede bajar por debajo del 30% de la nominal.
- La potencia cargada o descargada instantáneamente por las baterías

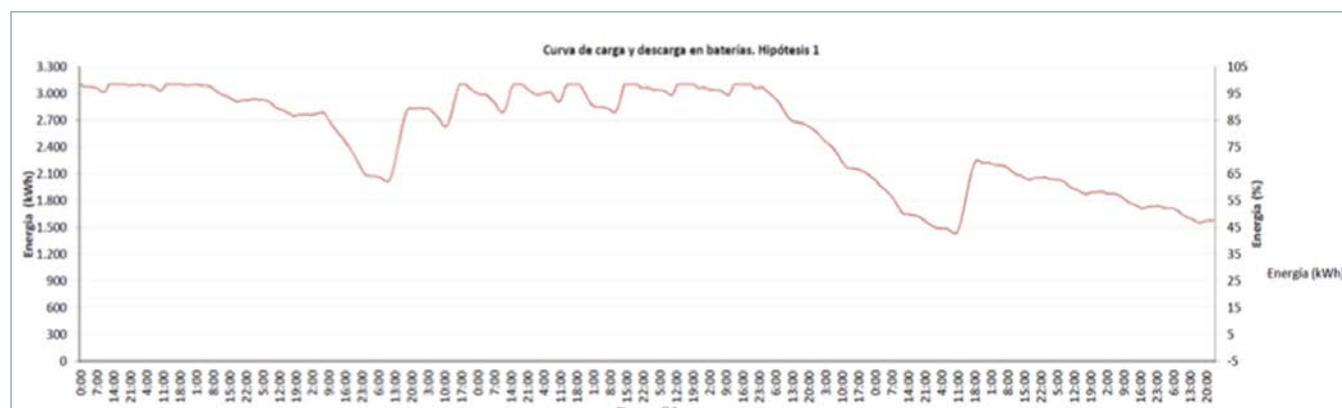


Figura 9. Curva de carga y descarga de baterías. Hipótesis 1.

Diseño final del Sistema Híbrido Renovable	
Energía solar	1.200 placas, de 255Wp cada placa
Energía eólica	8 aerogeneradores, de 10 kW cada uno
Energía de la biomasa	Grupo electrógeno para biomasa de 36 kW
Baterías	líneas en paralelo, capacidad de 4.620 Ah cada batería

Tabla 2. Diseño final del sistema híbrido renovable.

debe ser siempre inferior al 10% de su energía nominal.

Aplicando este proceso, es posible obtener la cantidad de recursos de generación y respaldo que permitirían cubrir la demanda energética de Masitala, cumpliendo los requisitos expuestos en las 5 hipótesis. De este modo, el sistema está formado por 1.200 placas de 255 W_p, 8 aerogeneradores de 10 kW, un grupo electrógeno para la biomasa de 36 kW, 14 líneas en paralelo de baterías de 4620 Ah cada una y 21 Sunny Island.

Conclusiones

El HRES objeto de estudio permitiría solucionar el principal problema que asola actualmente a Masitala: el aislamiento eléctrico. El uso de recursos renovables que se encuentran de forma muy abundante (biomasa) o de forma ilimitada (sol, viento) en la población es aprovechado para dar solución a este gravísimo problema. Los recursos son combinados de forma adecuada en el HRES dimensionado, que aseguraría la demanda energética de la población en cualquier situación, apoyándose de

un grupo de baterías para una total fiabilidad. Esto supondría un gran avance tecnológico y social para la población, que vería como su nivel de vida mejora significativamente en aspectos tan diversos como sanidad, comunicaciones y educación, entre otros muchos. Además, desde el punto de vista medioambiental, se consigue alimentar toda una población con un balance de emisiones nulo durante la generación eléctrica aprovechando los recursos naturales disponibles.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido respaldado en parte por la Administración pública de Valencia bajo la beca ACIF/2018/106 y por la Administración pública de España bajo la beca FPU2016/00962.

Referencias

Arabzadeh Saheli M, Fazelpour F, Soltani N, & Rosen MA (2019). Performance analysis of a photovoltaic/wind/diesel hybrid power generation system for domestic utilization in winnipeg, manitoba, canada. *Environmental Progress & Sustainable Energy*. 2018;38(2):548-62.

Bastida Molina P (2018). Diseño de un sistema híbrido de energía para el suministro eléctrico a una comunidad aislada de 50 kW de potencia máxima a través de recursos solares, eólicos y de biomasa. RiuNET. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/110128>

Bhuiyan MMH & Ali Asgar M. Sizing of a stand-alone photovoltaic power system at Dhaka. *Renewable Energy*. 2003;28(6):929-38.

Dieterich M (2018). Sustainable development as a driver for innovation and employment. *International Journal of Innovation and Sustainable Development*. 2018;12(1/2):2-12.

Hurtado E, Peñalvo-López E, Pérez-Navarro Á, Vargas C, & Alfonso D. Optimization of a hybrid renewable system for high feasibility application in non-connected zones. *Applied Energy*. 2015;155:308-14.

Hussain CMI, Norton B & Duffy A. (2017). Technological assessment of different solar-biomass systems for hybrid power generation in Europe. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2017;68: 1115-29.

IEA. (2017). Special Report: Energy Access Outlook.

IEA. (2018). World Energy Outlook 2018.

Kartite J & Cherkaoui M. (2019). Study of the different structures of hybrid systems in renewable energies: A review. *Energy Procedia*. 2019;157:323-30.

Mandelli S, Barbieri J, Mereu R & Colombo E. Off-grid systems for rural electrification in developing countries: Definitions, classification and a comprehensive literature review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2016;58:1621-46.

Pérez-Navarro A, Alfonso D, Ariza HE, Cárcel J, Correcher A, Escrivá-Escrivá et al. Experimental verification of hybrid renewable systems as feasible energy sources. *Renewable Energy*. 2016;86:384-91.

COGITI TOOLBOX

El portal de gestión de licencias de software para colegiados

www.toolbox.cogiti.es



Desde el Consejo General y los Colegios Oficiales de Graduados en Ingeniería rama industrial e Ingenieros Técnicos Industriales de España presentamos el renovado PORTAL COGITI TOOLBOX donde encontrarás el mejor Software para Arquitectura, Ingeniería y Construcción.

PROMOCION
especial



dmELECT
Software de Instalaciones

PACK COMPLETO
dmELECT

77%

Descuento

Instalaciones

- en Edificación
- en Urbanización
- Térmicas

~~P.V. 2.100€ + IVA~~

495€ + IVA



ALP

CMAT

AIRECOMP

RSF



CT

ARAST

CATE

REFRIGERANTE



SOLTE

CIEBT

ALCAN

REDBT



GASCOMB

IPCI

RENOVABLES

CONDUCTOS



REDAT

SANEA

FONTA

CMBT



VIVI



Patrimonio histórico industrial de la Comunitat Valenciana

Industrial historical heritage of the Valencian Community

Francisca Ramón Fernández¹

Resumen

En el presente trabajo se analiza el patrimonio histórico industrial de la Comunitat Valenciana y la legislación que le resulta aplicable. Del desconocimiento de la importancia de estos bienes inmuebles, muebles e inmateriales, se ha pasado a una protección (como Bien de Interés Cultural o Bien de Relevancia Local) para su conservación. Uno de los últimos casos de protección es la declaración de Bien de Interés Cultural, con la categoría de sitio histórico, de la Real Fábrica de Loza y Porcelana del Conde de Aranda de L'Alcora, que pasó de ser un taller artesanal a una fábrica industrial, y se protege también un elemento de identidad de dicha población: la cerámica.

Palabras clave

Patrimonio histórico industrial, legislación, protección, medidas, conservación, fábricas, loza y porcelana, L'Alcora, Comunitat Valenciana.

Abstract

This paper analyzes the industrial historical heritage of the Valencian Community and the legislation applicable to it. From the ignorance of the importance of this real estate, movable and intangible property, its consideration has changed to a protection (like Cultural Interest or Local Relevance Property) for their conservation. One of the last cases of protection is the declaration of Cultural Interest Property, with the category of historical site, for the Real Ceramic and Porcelain Factory of the Count of Aranda de L'Alcora, which changed from being a craft workshop to an industrial factory, and also an element of identity of this population is preserved: ceramics.

Keywords

industrial historical heritage; legislation, protection, measures, conservation, factories, ceramic and porcelain, L'Alcora, Comunitat Valenciana.

Recibido / received: 16/09/2019. Aceptado / accepted: 31/01/2020.

¹ Profesora titular de Derecho Civil. Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño (ETSID). Universitat Politècnica de València. Autor para correspondencia: Francisca Ramón Fernández. E-mail: frarafer@urb.upv.es



Fachada del Mercado de Colón de Valencia.

Introducción

El patrimonio industrial ha sido siempre el gran desconocido e ignorado por parte del legislador y también por la ciudadanía. La importancia de las fábricas en la actividad de una localidad es innegable. Las fábricas suponen una fuente de riqueza y de desarrollo y están íntimamente ligadas a la Revolución Industrial.

Cuando se habla de patrimonio cultural inmediatamente lo asociamos con monumentos y en pocas ocasiones con otros bienes que también merecen un reconocimiento: las fábricas. Es cierto que el turista cuando visita una ciudad se centra en ver lo más publicitado y lo que se le ofrece en las agencias, casi siempre coincidente con edificios civiles y religiosos, pero casi nunca con edificios que hayan sido destinados a la industria. Por ello, el turismo industrial o tecnoturismo es minoritario. Sin embargo, cada vez más hay un incremento de la visitas a fábricas, y es uno de los elementos más importantes de la cultura de un lugar. Por ejemplo, podemos citar en la ciudad de Cracovia (Polonia) la elevada afluencia de visitantes a la Deutsche Emailwarenfabrik (DEF) también conocida como la Fábrica de Oskar Schindler (Fabryka

Emalia Oskara Schindlera), en la actualidad convertida en un museo del holocausto nazi.

Se consideran patrimonio industrial los bienes inmuebles (como edificios y lugares, espacios y monumentos), los bienes muebles (entre los que se incluyen los objetos producidos piezas, así como maquinaria y documentos) y los bienes inmateriales o intangibles (referentes a la cultura e historia oral de la industria), que se relacionan con el ámbito de la industria de un lugar (Muntsa y Guasch, 2005; Ramón, 2018).

El Plan Nacional del Patrimonio Industrial del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte define este patrimonio como un conjunto de elementos de explotación industrial generado por las actividades económicas y que responde a un determinado proceso de producción y a un sistema tecnológico caracterizado por la mecanización dentro del sistema socioeconómico (Carrión, 2015).

En muchas ocasiones las fábricas ya no están en activo y sufren de un estado de abandono, lo que propicia la pérdida de un rico patrimonio que no se va a poder recuperar, y que supone la pérdida de un tiempo pasado que generaciones futuras no van a conocer.

En el momento presente en que debatimos sobre los objetivos de desarrollo sostenible de la Organización Naciones Unidas (ONU) dentro de la Agenda 2030, como es el objetivo 11 referente a las ciudades y comunidades sostenibles (Objetivos de Desarrollo Sostenible, 2015) el patrimonio industrial se concibe como cohesionador del territorio, además de su conservación y reutilización para otros usos, el denominado *reúso* (Palmero, 2015) en relación con la construcción y la resiliencia (Castañeda, 2019). También se aúna y se incardina en el desarrollo sostenible, la importancia del paisaje (el denominado paisaje industrial) y la identificación territorial a través de la memoria cultural de un pasado industrial asociado a un lugar. Junto con ello, está la importancia de la labor del trabajo *de aguja* se ha venido reflejando en el ámbito laboral, en el que se creó incluso el denominado Sindicato de la Aguja (Ramón, 2001), para defensa de los derechos laborales de la mujer trabajadora en las fábricas destinadas a la elaboración de prendas y accesorios en los que se utilizaba la costura.

En el presente trabajo nos acercaremos al patrimonio industrial centrado en la Comunitat Valenciana, así como en la regulación que se le aplica, para

después analizar la protección que se le ha concedido a la Real Fábrica de Loza y Porcelana del Conde de Aranda de L'Alcora, como Bien de Interés Cultural, en la categoría de sitio histórico como ejemplo de patrimonio industrial.

El patrimonio industrial en la Comunitat Valenciana: un gran desconocido

Si pensamos en chimeneas, neveras, máquinas, molinos, minas, almacenes, depósitos, medios de transporte para mercancías, etc., estamos pensando en el patrimonio industrial (bienes que la Carta de Nizhny Tagil incluye dentro del patrimonio industrial, 2003).

El patrimonio cultural valenciano, según el art. 49.1. 5 del Estatuto Autonomía de la Comunitat Valenciana, en el que se establece la competencia exclusiva de la Generalitat en materia de patrimonio histórico, artístico, monumental, arquitectónico, arqueológico y científico, se encuentra regulado en las siguientes normas (Ramón, 2012):

- a) Ley 4/1988, de 11 de junio, de la Generalitat Valenciana del Patrimonio Cultural Valenciano (DOGV núm. 3267, de 18 de junio de 1998).
- b) Ley 7/2004, de 19 de octubre, de la Generalitat, de modificación de la Ley 4/1998, de 11 de junio, del Patrimonio Cultural Valenciano (DOGV núm. 4867, de 21 de octubre de 2004).
- c) Ley 5/2007, de 9 de febrero, de la Generalitat, de modificación de la Ley 4/1998, de 11 de junio, del Patrimonio Cultural Valenciano (DOGV núm. 5449, de 13 de febrero de 2007).
- d) Decreto 62/2011, de 20 de mayo, del Consell, por el que se regula el procedimiento de declaración y régimen de protección de los bienes de relevancia local (DOGV núm. 6529, de 26 de mayo de 2011).
- e) Ley 9/2017, de 7 de abril, de la Generalitat, de modificación de la Ley 4/1998, del Patrimonio Cultural Valenciano (DOGV núm. 8019, de 11 de abril de 2017).

De especial interés resulta mencionar que los bienes inmateriales también son objeto de regulación por Ley 10/2015, de 26 de mayo, para la salvaguardia del Patrimonio Cultural Inmaterial (BOE núm. 126, de 27 de mayo de 2015). La Comunitat Valenciana carece de una ley similar autonómica, a dife-

rencia de la Comunidad Autónoma de las Illes Balears, que dispone de la Ley 18/2019, de 8 de abril, de salvaguardia del patrimonio cultural inmaterial (BOE núm. 109, de 7 de mayo de 2019).

A pesar de la regulación por la legislación indicada, el patrimonio industrial ha sido olvidado de forma evidente en la misma.

Así, en la Ley valenciana no aparece mencionado de forma específica el patrimonio industrial, a diferencia de otras Comunidades Autónomas y Forales que hacen mención expresa del patrimonio industrial.

Podemos indicar como ejemplo de referencia en la legislación al patrimonio industrial las siguientes normas:

- a) Ley 12/1998, de 21 de diciembre, del Patrimonio Histórico de las Illes Balears (BOE núm. 31, de 5 de febrero de 1999).
- b) Ley 2/1999, de 29 de marzo, de Patrimonio Histórico y Cultural de Extremadura (BOE núm. 139, de 11 de junio de 1999), que se refiere a la arquitectura industrial.
- c) Ley 3/1999, de 10 de marzo, del Patrimonio Cultural Aragonés (BOE núm. 88, de 13 de abril de 1999), al hablar de los bienes de carácter etnográfico que forman parte del pasado tecnológico, productivo e industrial.
- d) Ley 1/2001, de 6 de marzo, del Patrimonio Cultural, de la Comunidad Autónoma del Principado de Asturias (BOE núm. 135, de 6 de junio de 2001), en la que podemos encontrar la mención de actividades de extracción y explotación de la metalurgia, siderurgia, transformación de productos agrícolas, producción de energía, laboreo de tabaco, naviera y conservera; una de las medidas es la prohibición de destrucción de maquinaria industrial fabricada antes de 1940.
- e) Ley Foral 14/2005, de 22 de noviembre, del Patrimonio Cultural de Navarra (BOE núm. 304, de 21 de diciembre de 2005). Incluye bienes ligados a la actividad industrial, y la medida de protección se retrotrae a que haya sido fabricada la maquinaria con anterioridad a 1900.
- f) Ley 14/2007, de 26 de noviembre, del Patrimonio Histórico de Andalucía (BOE núm. 38, de 13 de febrero de 2008) que define el patrimonio industrial y regula el lugar de interés industrial asociado al paisaje.

g) Ley 4/2013, de 16 de mayo, de Patrimonio Cultural de Castilla-La Mancha (BOE núm. 240, de 7 de octubre de 2013), que alude a las construcciones de carácter industrial.

h) Ley 3/2013, de 18 de junio, de Patrimonio Histórico de la Comunidad de Madrid (BOE núm. 247, de 15 de octubre de 2013), que se refiere a los bienes de interés etnográfico o industrial, entre los que incluye construcciones o instalaciones vinculadas a la extracción y producción.

i) Ley 5/2016, de 4 de mayo, del Patrimonio Cultural de Galicia (BOE núm. 147, de 18 de junio de 2016), que se centra en paisajes asociados que sean significativos de la ingeniería productiva y de transformación, incluyendo a los bienes anteriores a 1936.

j) La referida Ley 9/2017 modifica la disposición adicional quinta de la Ley 4/1998, y ahí es donde podemos encontrar de forma indirecta referencias al patrimonio industrial, al referirse a los bienes inmuebles de relevancia local, incluyéndose:

k) «Los pozos o cavas de nieve o neveras, las chimeneas de tipo industrial construidas de ladrillo anteriores a 1940, los hornos de cal, los antiguos molinos de viento y los antiguos molinos de agua, los relojes de sol anteriores al siglo XX, las barracas tradicionales propias de las huertas valencianas, las lonjas y salas comunales anteriores al siglo XIX, los paneles cerámicos exteriores anteriores a 1940, la arquitectura religiosa incluyendo los calvarios tradicionales que estén concebidos autónomamente como tales, así como los elementos decorativos y bienes».

En Valencia tenemos muchos ejemplos de patrimonio industrial, algunos tristemente desaparecidos y otros objeto de conflictos judiciales, como fue el caso de La Tabacalera (Fig. 1).

Muchas han sido las voces (Marín, 2007) que se alzaron para evitar su destrucción, permuta o infracciones legales, como distintas plataformas, entre ellas, *Salvem Tabacalera*. También otros casos de desaparición es el Molino arrocero de San José, que albergaba la fábrica de turrónes Meivel, la Lanera (Fig. 2), actualmente convertida en hotel de lujo. Sin embargo, otros están durmiendo el sueño de los justos, a la espe-



Figura 1. La Tabacalera de Valencia. Fuente: elaboración propia.



Figura 2. La Lanera de Valencia. Fuente: elaboración propia.

ra de su rehabilitación y puesta en valor, como es el caso de La Ceramo, que se incoó mediante Resolución de 16 de junio de 1992, de la Dirección General de Patrimonio Cultural de la Conselleria de Cultura, Educació i Ciència, como Monumento de carácter etnográfico, a favor de la fábrica de mayólica, sus instalaciones y el proceso tradicional de fabricación de su cerámica (DOGV núm. 1828, de 17 de julio de 1992).

La razón que se exponía era la utilización de la técnica tradicional de elaboración artesanal, desde 1885, de cerámica doméstico-artística de reflejos metálicos y piezas ornamentales para la construcción, entre las que se encontraban fontanas, pináculos, relieves y azulejos policromos. Se destacaba su valor etnográfico cultural, por ser un testimonio histórico de la vinculación de la cerámica y la arquitectura valenciana a las corrientes estéticas de la vanguardia de finales del s. XIX y principios del s. XX. Lamentablemente, ello no llegó a su fin, ya que por Resolución de 26 de abril de 1993, de la Dirección General de Patrimonio Artístico de la Conselleria de Cultura, Educació i Ciència de la Generalitat Valenciana, se dejó sin efecto la incoación del expediente de declaración de Bien de Interés Cultural como Monumento de Carácter Etnográfico a favor de La Ceramo, fábrica de mayólica, sus instalaciones y el proceso tradicional de fabricación de su cerámica (DOGV núm. 2.047, de 16 de junio de 1993), por haber desaparecido los bienes muebles que caracterizaban y posibilitaban el proceso tradicional de la producción de la cerámica característica.

En el Plan Nacional del Patrimonio Industrial se mencionan distintos bienes, pero ni son todos los que están, ni están todos los que son. Así, se mencionan: El Molinar (Alcoy, Alicante);

la Refinería La Británica (Alicante), el Mercado Central de Abastos (Valencia); la Estación del Norte (Valencia), la Fábrica Giner (Morella, Castellón); el Viaducto de Santa Ana (Benissa, Alicante), el Horno Hoffman en el Rajolar de Bauset (Paiporta, Valencia), y el Alto Horno número 2 (Puerto de Sagunto, Valencia).

En otros casos, se han destinado a espacios culturales, como es el caso de la antigua Fábrica de Bombas Hidráulicas Carlos Gens SL, en la actualidad Bombas Gens Centre d'Art, y la antigua Imprenta Vila, que se convertirá en un futuro en un espacio gastronómico denominado Mercado de San Vicente (Pastor y Alfonso, 2019), siguiendo los ejemplos de otros espacios como el Mercado de San Miguel (Madrid), la Lonja del Barranco (Sevilla) y el Mercado de Correos (Murcia).

Y también encontramos protección a procesos productivos y técnicas constructivas. Así, podemos destacar:

- a) El Decreto 22/2016, de 26 de febrero, del Consell, por el que se declara Bien de Interés Cultural, con la categoría de Espacio Etnológico, la Ruta dels Molins Paperers de Banyeres de Mariola al riu Vinalopó (DOGV núm. 7733, de 03 de marzo de 2016).
- b) La Orden 73/2016, de 18 de noviembre, de la Conselleria de Educación, Investigación, Cultura y Deporte, por la que se declara Bien de Relevancia Local inmaterial la técnica constructiva tradicional de la piedra en seco en la Comunitat Valenciana (DOGV núm. 7922, de 22 de noviembre de 2016).
- c) El Decreto 120/2018, de 3 de agosto, del Consell, por el que se declara bien de interés cultural l'Escaldà, proceso de transformación de la uva moscatel en pasas (DOGV núm. 8371, de 29 de agosto de 2018).

La protección a través de su declaración como Bien de Interés Cultural: La Real Fábrica de Loza y Porcelana del Conde de Aranda de L'Alcora

El Decreto 70/2019, de 17 de mayo, del Consell, declaró bien de interés cultural, con la categoría de sitio histórico, la Real Fábrica de Loza y Porcelana del Conde de Aranda de L'Alcora (DOGV núm. 8557, de 28 de mayo de 2019). Esta declaración supone un reconocimiento a los valores en el ámbito de la industria de una fábrica destinada a la fabricación de un producto emblemático de la comarca.

Mediante la indicada declaración se delimita la afectación del bien, en este caso, sitio histórico, así como los inmuebles que están asociados a dicha actividad desde tiempo inmemorial.

Se trata de un conjunto de bienes inmuebles situados en L'Alcora (Castellón) entre los que se encuentran bienes patrimoniales y urbanísticos, así como espacios urbanos vinculados de forma histórica de la fábrica (Membrado, 1998).

Dicha fábrica conocida como La Fábrica Gran fue la primera y más importante empresa durante la Ilustración que se dedicó a la fabricación de loza fina y superfina, productos cerámicos de alta calidad, con proyección por toda España (Baso, 1995). Se impulsó gracias a la labor de Felipe V y fue fundada por D. Buenaventura Pedro de Alcántara Abarca de Bolea y Ximénez de Urrea, que fue IX Conde de Aranda (Todolí, 2007).

Las características de las fabricación y su funcionamiento radicaban en los siguientes aspectos:

- a) Una formación completa para operarios y técnicos.
- b) Excelentes materias primas incluso importadas para la elaboración del producto.
- c) Obtención de privilegios reales para importar y comercializar la loza.
- d) Regulación interna de la fábrica mediante ordenanzas.
- e) Archivo de dibujos y grabados como modelos para los artistas.
- f) Estructura productiva propia, con división del trabajo en departamentos.
- g) Existencia de distribución y comercialización a través de la venta en fábrica, ambulante o almacenes en las ciudades.

El producto de la fábrica se consideró de alta calidad tanto en el ámbito de la técnica como del arte, y fue considerada un ejemplo de la loza europea del s. XVIII. Es el germen de la industria del azulejo actual de gran importancia en Castellón y provincia (Calvo, 2015).

El origen de la fábrica data de 1727, y se instaló en los terrenos propiedad del Conde de Aranda, que impulsó la producción de bienes suntuarios para la burguesía, inspirándose en la porcelana francesa de Sèvres y Limoges.

La figura de su fundador, D. Buenaventura, hijo del I Duque de Almazán, resulta de interés por desarrollar la actividad de la fábrica y contribuir a la difusión del producto. Le sucedió su hijo, que requirió los servicios de Juan Cristian Knipffer, para la fabricación de la porcelana y transmisión de la técnica, después de visitar las fábricas de Meissen (Alemania).

La fábrica se instaló a las afueras de L'Alcora, y las instalaciones fueron ampliándose con el paso de los años. El edificio inicial como indica el Decreto 70/2019:

«(...) albergaba un patio central con dos balsas de decantación, un sótano con un molino de cuatro piedras y mortero manual para barnices. En planta baja, almacenes, dos hornos grandes (para bizcochado y fino) y otro pequeño para fritas, tornos, sección de carpintería y sección de moldes y muebles. En la primera planta, almacén de fino, mesas de pintura y escuela de dibujo entre otros», y del que se ha conservado en torno al 50%.

Se extiende la fábrica con nuevas naves, hornos y habitaciones para empleados y almacenes. Se introducen nuevas técnicas «(tercer fuego, jaspes, porcelana y media porcelana, tierra de pipa...)».

Durante la Guerra Civil, la fábrica se paralizó, y se utilizaron las instalaciones para almacén. Posteriormente, en la posguerra, se derribó parcialmente, se vendió madera de las vigas, se instaló la fábrica textil Les Tovallés y, posteriormente, varias azulejeras. La última empresa que se situó cesó su producción en 1989.

Se encuentran distintas edificaciones que se han conservado: la nave central con dos plantas, la cámara inferior y la del piso superior u horno, cubiertas por bóveda.

Las piezas elaboradas por la fábrica consistían en diseños florales, composiciones con motivos dispuestos de forma

armónica como bustos femeninos (madamita), barcos (navíos), árboles frutales con fuente de la que manaba agua (chaparro), animales, jaulas, trofeos militares e instrumentos musicales (fanfarras), entre otros (Calvo, 2016).

También se elaboraban las denominadas rocallas, que eran motivos asimétricos.

Como señala el Decreto 70/2019:

«En claroscuro amarillo, que a veces acompañan a los elementos citados antes, pero que sobre todo van asociados a torres, puentes, banderas, motivos acuáticos y, a veces, un sol radiante con rasgos faciales humanos. Es el estilo denominado popularmente *Álvoro* (por uno de sus principales impulsores, Vicente Álvaro Ferrando) y citado en la documentación de la Real Fábrica como *Andrónica fina*, con adornos de talla [rocalla] con sus casalicios y surtimientos de fuentes con algunas flores y árboles».

Otra serie era la denominada *Ramito* o *Cacharrero*. Las composiciones en las que se caracterizaba eran, la primera, por flor polícroma combinando los colores azul, amarillo y ocre, bien de forma aislada o en composición en ramos complejos o con pequeñas frutas, que correspondería a la segunda (Cabrera, 2014).

En la última época la fábrica pasa a manos de Cristóbal Aicart, en 1895, que incorporó piezas como botijos en forma de concha y botellas globulares con cuello de tulipán (Calvo, 2018).

Su protección como Bien de Interés Cultural es la más relevante concedida por el texto valenciano, ya que se refiere a bienes que por sus singulares características y relevancia para el patrimonio son objeto de especiales medidas de protección, divulgación y fomento que se derivan de su declaración como tal (Ramón, 2012).

Las medidas de protección que se tienen que observar se traducen en la necesidad de autorización de la Conselleria competente en materia cultural respecto de cualquier intervención que se realice en el ámbito que se ha delimitado del sitio histórico. Ello será aplicable hasta que se apruebe un plan especial de protección o un instrumento urbanístico destinado a dicho fin. Se describen los inmuebles que se asocian a la misma desde tiempo inmemorial.

Se establecen unos determinados criterios de intervención que deberá ajustarse a lo siguiente:

a) Respeto a las características y valores esenciales del inmueble (volumetría, morfología, espacio, arte), así como las aportaciones que se han ido incorporando y enriquecido las originales.

b) Preservación de la integridad del inmueble.

c) Autorización, siempre que haya elemento original, de reconstrucción total o parcial del bien, justificando documentalmente la misma.

Los usos que se permiten serán los compatibles con la puesta en valor y disfrute patrimonial de la fábrica y sus anexos.

También se preservará la silueta paisajística y la imagen arquitectónica, de tal forma que todas las actuaciones que tengan incidencia sobre aquella deberán ser sometidas a autorización de la Conselleria.

No se puede insertar publicidad ni anuncios, con excepción de los informativos referentes a edificios y actividades, y que obstaculicen la visión del bien, salvo también en el caso de actividades culturales o festivas, de forma ocasional y limitada.

Se debe proteger el patrimonio arqueológico que afecte al subsuelo del sitio histórico, estableciendo un régimen tutelar y cautelar en los edificios que conforman el conjunto fabril.

Conclusiones

La regulación que se dispensa al patrimonio cultural adolece de una mayor implicación para proteger el denominado patrimonio industrial. La falta de referencia específica a dicho patrimonio, a diferencia de otras normas forales y autonómicas supone una ignorancia de la importancia de la conservación de la memoria industrial, asociada a la pérdida de la riqueza de la industria. Son numerosos los casos en la Comunitat Valenciana representativos del patrimonio industrial que, desgraciadamente, ya no podemos contemplar, por haber desaparecido, o bien por un estado de dejadez. El destino para otros usos de estos bienes es una solución que quiebra ante la falta de recursos económicos para acometer una restauración, por lo que en algún caso se tiene que recurrir a la figura del mecenazgo (Ramón, 2015 y 2018), para ser canalizado, como ha sido el caso del Colegio del Arte Mayor de la Seda.

El Decreto 70/2019 que hemos estudiado referente a la Real Fábrica de Loza y Porcelana del Conde de Aranda

de L'Alcora refleja la importancia del patrimonio industrial, centrado en la producción durante más de 200 años de un producto emblemático y que tuvo una gran repercusión internacional y cuya presencia está en los más importantes museos del mundo.

Agradecimientos

Quisiera mostrar mi agradecimiento al profesor Dr. D. Juan Antonio Monso-riu Serra, director de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño (ETSID) de la Universitat Politècnica de València.

Trabajo realizado en el marco del Proyecto I + D + i «Retos investigación» del Programa estatal de I+D+i orientado a los Retos de la Sociedad del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades: RE-TI2018-097354-B-100. Investigadores principales: Dr. Javier Plaza Penadés, catedrático de Derecho Civil, y Dra. Luz M. Martínez Velencoso, catedrática de Derecho Civil, Universitat de València-Estudi General.

Bibliografía

- Baso Andreu A. 1995. El conde de Aranda, fundador de la Real Fábrica de Loza y Porcelana de Alcora. Homenaje a Don Antonio Durán Gudiol, págs. 63-72.
- Cabrera Bachero J. 2014. Sostenibilidad y materiales de la Real Fábrica de loza y porcelana del Conde de Aranda en Alcora. Castelló: Universitat Jaume I.
- Calvo E. 2015. Las manufacturas de loza fina y porcelana: el caso de la Real Fábrica del Conde de Aranda en Alcora. Millars: Espai i historia, vol. 39, núm. 2, págs. 183-209. [En línea] Disponible en: <http://www.e-revistas.uji.es/index.php/millars/article/view/3218/2645> [Último acceso: 3 febrero 2020].
- Calvo E. 2016. La Real Fábrica de Alcora (Castellón). Una propuesta de clasificación para sus piezas. Estudios del Patrimonio Cultural, núm. 15, págs. 26-39. [En línea] Disponible en: <https://sercam.es/estudios-del-patrimonio-cultural/epc-15/> [Último acceso: 03 febrero 2020].
- Calvo E. 2018. La Commedia dell'art en la Real Fábrica del Conde de Aranda en Alcora. Coleccionismo, mecenazgo y mercado artístico: su proyección en Europa y América. Sevilla: Secretariado de Recursos Audiovisuales y Nuevas Tecnologías, págs. 342-354.
- Castañeda López C. 2019. 2030: el papel del patrimonio industrial en los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Fundación Arquia blog. [En línea] Disponible en: <https://blogfundacion.arquia.es/2019/02/2030-el-papel-del-patrimonio-industrial-en-los-objetivos-de-desarrollo-sostenible/> [Último acceso: 15 septiembre 2019].
- ICOMOS. 2003. Carta de Nizhny Tagil sobre el patrimonio industrial. [En línea] Disponible en: <https://www.icomos.org/18thapril/2006/nizhny-tagil-charter-sp.pdf> [Último acceso: 13 septiembre 2019].
- Marín Pérez V. 2007. Una ciudad escondida. *Las Provincias*. [En línea] Disponible en: <https://www.lasprovincias.es/valencia/20071202/valencia/ciudad-escondida-20071202.html> [Último acceso: 15 septiembre 2019].
- Carrión Gútiérrez A. 2015. Plan Nacional Patrimonio Industrial. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Madrid. NIPO: 030-16-423-2. [En línea] Disponible en: <https://sede.educacion.gob.es/publventa/plan-nacional-de-patrimonio-industrial/patrimonio-historico-artistico/20708C> [Último acceso: 16 septiembre 2019].
- Membrado i Tena JC. 1998. La industria cerámica de La Plana de Castelló: estudi geogràfic. Valencia: Universitat de València. [En línea] Disponible en: <http://roderic.uv.es/handle/10550/38519> [Último acceso: 03 febrero 2020].
- Muntsa J y Guasch M. 2005. Per un patrimoni industrial sostenible. *Mnemòsine: revista catalana de museologia*, núm. 2, págs... 159-168.
- Naciones Unidas. 2015. Objetivos de Desarrollo Sostenible. [En línea] Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/> [Último acceso: 13 septiembre 2019].
- Palmero Iglesias L (coord.). 2015. REUSO 2015. III Congreso Internacional sobre Documentación, Conservación y Reutilización del Patrimonio Arquitectónico y Paisajístico. Valencia: Universitat Politècnica de València. [En línea] Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/56060> [Último acceso: 15 septiembre 2019].
- Pastor E y Alfonso J. 2019. Dos empresarios proyectan un mercado gastronómico en la antigua Imprenta Vila. *Valencia Plaza*. [En línea] Disponible en: <https://valenciaplaza.com/nuevo-mercado-sanvicente-valencia> [Último acceso: 14 septiembre 2019].
- Ramón Fernández F. 2001. Historia del Sindicato de la aguja y similares. Valencia: Ayuntamiento de Náquera.
- Ramón Fernández F. 2012. El patrimonio cultural. Régimen legislativo y su protección. Valencia: Tirant lo Blanch.
- Ramón Fernández F. 2015. Algunas cuestiones del mecenazgo y el patrimonio cultural. *Revista Aranzadi de Derecho Patrimonial*, núm. 37, págs. 245-269.
- Ramón Fernández F. 2016. Protección del patrimonio cultural inmaterial. *Revista General de Legislación y Jurisprudencia*, núm. 4, págs. 639-670.
- Ramón Fernández F. 2018. Un ejemplo de turismo de patrimonio industrial en el medio rural: la ruta de los molinos papeleros de Banyeres de Mariola en el río Vinalopó. *Turismo y desarrollo en los espacios rurales de interior*. Valencia: Tirant lo Blanch, págs. 77-93.
- Todolí Pérez de León X. 2007. A propósito del texto de Codina: "Aportación documental a la historia de la Real Fábrica de Loza Fina de Alcora". *Butlletí informatiu de ceràmica*, núms. 92-93, págs. 34-39.
- sitio histórico, la Real Fábrica de Loza y Porcelana del Conde de Aranda de L'Alcora (DOGV núm. 8557, de 28 de mayo de 2019).
- Ley 4/1988, de 11 de junio, de la Generalitat Valenciana del Patrimonio Cultural Valenciano (DOGV núm. 3267, de 18 de junio de 1998).
- Ley 12/1998, de 21 de diciembre, del Patrimonio Histórico de las Illes Balears (BOE núm. 31, de 5 de febrero de 1999).
- Ley 3/1999, de 10 de marzo, del Patrimonio Cultural Aragonés (BOE núm. 88, de 13 de abril de 1999).
- Ley 2/1999, de 29 de marzo, de Patrimonio Histórico y Cultural de Extremadura (BOE núm. 139, de 11 de junio de 1999).
- Ley 1/2001, de 6 de marzo, del Patrimonio Cultural, de la Comunidad Autónoma del Principado de Asturias (BOE núm. 135, de 6 de junio de 2001).
- Ley 7/2004, de 19 de octubre, de la Generalitat, de modificación de la Ley 4/1998, de 11 de junio, del Patrimonio Cultural Valenciano (DOGV núm. 4867, de 21 de octubre de 2004).
- Ley Foral 14/2005, de 22 de noviembre, del Patrimonio Cultural de Navarra (BOE núm. 304, de 21 de diciembre de 2005).
- Ley 5/2007, de 9 de febrero, de la Generalitat, de modificación de la Ley 4/1998, de 11 de junio, del Patrimonio Cultural Valenciano (DOGV núm. 5449, de 13 de febrero de 2007).
- Ley 14/2007, de 26 de noviembre, del Patrimonio Histórico de Andalucía (BOE núm. 38, de 13 de febrero de 2008).
- Ley 4/2013, de 16 de mayo, de Patrimonio Cultural de Castilla-La Mancha (BOE núm. 240, de 7 de octubre de 2013).
- Ley 3/2013, de 18 de junio, de Patrimonio Histórico de la Comunidad de Madrid (BOE núm. 247, de 15 de octubre de 2013).
- Ley 10/2015, de 26 de mayo, para la salvaguardia del Patrimonio Cultural Inmaterial (BOE núm. 126, de 27 de mayo de 2015).
- Ley 5/2016, de 4 de mayo, del Patrimonio Cultural de Galicia (BOE núm. 147, de 18 de junio de 2016).
- Ley 9/2017, de 7 de abril, de la Generalitat, de modificación de la Ley 4/1998, del Patrimonio Cultural Valenciano (DOGV núm. 8019, de 11 de abril de 2017).
- Ley 18/2019, de 8 de abril, de salvaguardia del patrimonio cultural inmaterial de la Comunidad Autónoma de las Illes Balears (BOE núm. 109, de 7 de mayo de 2019).
- Ley Orgánica 1/2006, de 10 de abril, de Reforma de la Ley Orgánica 5/1982, de 1 de julio, de Estatuto de Autonomía de la Comunidad Valenciana (BOE núm. 86, de 11 de abril de 2006).
- Orden 73/2016, de 18 de noviembre, de la Conselleria de Educación, Investigación, Cultura y Deporte, por la que se declara Bien de Relevancia Local inmaterial la técnica constructiva tradicional de la piedra en seco en la Comunitat Valenciana (DOGV núm. 7922, de 22 de noviembre de 2016).
- Resolución de 16 de junio de 1992, de la Dirección General de Patrimonio Cultural de la Conselleria de Cultura, Educació i Ciència, como Monumento de carácter etnográfico, a favor de la fábrica de mayólica, sus instalaciones y el proceso tradicional de fabricación de su cerámica (DOGV núm. 1828, de 17 de julio de 1992).
- Resolución de 26 de abril de 1993, de la Dirección General de Patrimonio Artístico de la Conselleria de Cultura, Educació i Ciència de la Generalitat Valenciana, se dejó sin efecto la incoación del expediente de declaración de Bien de Interés Cultural como Monumento de Carácter Etnográfico a favor de *La Ceramo*, Fábrica de mayólica, sus instalaciones y el proceso tradicional de fabricación de su cerámica (DOGV núm. 2.047, de 16 de junio de 1993).

Apuntes para una historia de la normalización

Notes for a history of normalization

María Jesús Moro Piñeiro¹

Resumen

En este artículo se ha realizado una síntesis del proceso evolutivo experimentado por la normalización, desde sus inicios hasta nuestros días. La actividad normalizadora en sus albores aparece vinculada a la tecnología y animada por la corriente modernizadora y de racionalización que supuso el movimiento ilustrado. Durante la Industrialización la normalización experimentó una gran expansión, atravesando por diversas etapas que la llevaron desde el ámbito particular de las empresas al de las instituciones, y en la que los conflictos bélicos (Primera y Segunda Guerra Mundial) marcaron su devenir. Los avances científicos y tecnológicos experimentados a lo largo del tiempo, el desarrollo de las comunicaciones y la mundialización de los mercados fueron dando lugar a la necesidad de contar con nuevos estándares y de concebir nuevas unidades y patrones, a la vez que se incrementaba la precisión de los ya existentes. Este largo camino evolutivo será analizado y comentado. Se reseñarán sus hitos, todos ellos parte de un proceso que nos ha conducido a la situación normativa actual y que configura la realidad de nuestro mundo en los diferentes dominios.

Palabras clave

Normalización, norma, intercambiabilidad.

Abstract

In this article a synthesis of the evolutionary process undergone by normalization has been carried out, from its beginnings to nowadays. The normalizing activity at its dawn appears linked to technology and encouraged by the modernizing and rationalization trend that the illustrated movement represented. During the Industrialization the normalization underwent a great expansion, going through diverse stages that took it from the particular scope of the companies to that of the institutions, and in which the warlike conflicts (First and Second World War) set its future. The scientific and technological advances experienced over time the development of communications and the globalization of the markets were giving rise to the need to have new standards and to conceive new units and patterns, while increasing accuracy of the existing ones. This long evolutionary path will be analysed and commented. Their milestones will be reviewed, since they are all part of a process that has led us to the current normative situation and that configures the reality of our world in the different domains

Keywords

Normalization, standard, interchangeability.

Recibido / received: 30/11/2019. Aceptado / accepted: 02/03/2020.

¹ Ingeniera Técnica Industrial, por la EUTI de Gijón. Grado en Ingeniería Industrial, y especialista en Calidad Industrial. Larga experiencia docente en tecnología mecánica y metrología en la Universidad de Oviedo. Licenciada en Geografía e Historia.

Autor para correspondencia: María Moro Piñeiro. E-mail: mmoro@uniovi.es.



Los grandes imperios de la Antigüedad se ocuparon de normalizar sus pesas y medidas, para poder, a partir de ellas, construir, comerciar y legislar. Foto: Shutterstock.

Introducción

La palabra norma procede del latín *normum* y significa “regla a seguir para llegar a un fin determinado”.

Por normalizar se entiende, en general, simplificar, unificar o especificar. Desde la unificación y la imposición en última instancia que supuso el sistema métrico decimal en su momento, hasta las normas ambientales más recientes, ha transcurrido mucho tiempo. Sin embargo, la definición continúa siendo válida y permaneciendo invariable en su propósito. Puede afirmarse, no obstante, que los campos de aplicación de la normalización han ido variando con el paso del tiempo, abarcando nuevas materias y temas. Pero pese a los vaivenes históricos experimentados, los saltos, las paradas, las aceleraciones, o el mantenimiento y convivencia de normativas técnicas diferentes, de patrones y unidades distintos hasta nuestros días, la normalización continúa extendiéndose a nuevos campos y experimentando una evolución imparable.

Una norma es, por definición, un documento que contiene una especificación técnica basada en la experiencia, la ciencia y el desarrollo tecnológico, cuya observancia no es obligatoria

y que surge como resultado del consenso entre las partes interesadas e involucradas en la actividad objeto de la misma como fabricantes, Administración, consumidores, laboratorios y centros de investigación. Y debe estar aprobada por un organismo de normalización reconocido. De hecho, las normas se identifican mediante un código que consta de unos caracteres que indican su procedencia, generalmente con el acrónimo del organismo normalizador que las emite, seguido por un número identificativo, el año de su creación y su título.

La normalización presenta numerosas ventajas para las partes implicadas. Los fabricantes consiguen con ella racionalizar las variedades y los tipos de productos. Sirve para mejorar la gestión y el diseño contribuyendo a la disminución del volumen de las existencias y de los costes de producción. Además, simplifica la gestión de compras, agiliza los pedidos y facilita la comercialización. En cuanto a los consumidores, las ventajas que ofrecen, sobre todo, permitir contar con información sobre las características del producto, proporcionar niveles de seguridad y de calidad en cuanto a bienes y servicios facilitando, además, la

comparación entre las distintas opciones disponibles. Para la Administración resulta importante, ya que facilita el comercio y contribuye al desarrollo de la economía, establece políticas de seguridad, calidad y medio ambiente, por lo que facilita la simplificación de los textos legales.

El hecho normalizador se constituye en una herramienta destinada a facilitar la intercambiabilidad, en un instrumento adecuado para proporcionar el lenguaje común necesario y objetivo que permita el intercambio. Las vertientes implicadas en los procesos normalizadores a lo largo de la historia han sido y continúan siendo tecnológicas, legales, sociológicas, económicas, de salud y seguridad, medioambientales, comerciales y políticas.

Protohistoria de la normalización

El análisis histórico del proceso normalizador en sus aspectos tecnológicos nos llevaría muy lejos en el espacio y en el tiempo. Los grandes imperios de la Antigüedad se ocuparon de normalizar sus pesas y medidas, para poder, a partir de ellas, construir, comerciar, legislar, etc. Las civilizaciones del valle del Indo contaban con pesas y medidas estandarizadas. En el imperio Sumerio,

se utilizaron patrones únicos, ligados al poder, y en aquel periodo histórico, al poder real. La normalización de pesas y medidas, empleando sistemas de unidades sexagesimales, se utilizó en las culturas sumeria, babilónica y mesopotámica, así como en las culturas del valle del Indo. Uno de los ejemplos más antiguos conservados de patrón de longitud se encuentra en el museo del Louvre. Se trata de la estatua sedente del rey, dios Gudea, conocida como “el arquitecto de la regla”. Sobre sus rodillas descansa una regla graduada de 26,45 cm, el llamado “pie caldeo”, dividido en 16 partes, “dedos”, y que fue el patrón de longitud empleado en la ciudad de Lagash y al que se le atribuye una antigüedad de 2.575 años a. de C.

En el antiguo Egipto, 3.000 años a. de C, se empleaba ya un sistema de numeración decimal y unidades de medida autocráticas como el *auna*, que representaba la longitud del brazo del faraón desde el codo hasta el extremo del dedo medio con la mano extendida, “el codo grande” de 0,525 metros y “el codo pequeño” de 0,450 metros. En el museo de Turín se conserva el *Codo de Amenope*, patrón de una unidad de medida de longitud con divisiones a trazos.

En el lejano Oriente el emperador Shi Huang Di, de la dinastía Quin (259-210 a. de C.) ya estableció las medidas del ancho de las vías terrestres que se creaban para comunicar su imperio y estipuló, asimismo, la separación que debían tener las ruedas de los carros para circular por ellas.

En la antigua Grecia se utilizaba una unidad de medida, denominada *estadio*, equivalente a 600 pasos. Se basaba en el estadio de Olimpia; en el mundo romano, las medidas de los ladrillos o los diámetros de las tuberías estaban también normalizados.

La normalización comenzó por la imposición de unidades de medida de longitud y peso. En cuanto a las primeras, sus patrones solían estar basados en el cuerpo humano, unidades, pues, de origen antropomorfo a partir de las cuales podían establecerse y normalizarse las dimensiones de objetos tales como ladrillos, tubos y canales. También estaba estandarizada la anchura y señalización de vías y caminos.

Como expone Kula en su obra (1) “*el atributo del poder es conferir carácter de obligatoriedad a las medidas y guardar los*



Las series de Charles Renard supusieron una estandarización dimensional, y contribuyeron al ahorro y a la racionalización en la fabricación.

patrones, que a veces poseen un carácter sagrado”. La vinculación metrología-poder resulta constatable en los procesos de colonización, en los que la cultura dominante impone al dominado no solamente su lengua y costumbres, sino sus unidades, patrones y sistemas de medida.

En los procesos de fabricación en concreto, el aspecto dimensional, es decir, el control de las medidas de las piezas, cobra una enorme importancia, especialmente cuando es necesario realizar ensamblajes de diferentes elementos para conseguir el objeto final o terminado. Por el contrario, en la producción artesanal, realizada por las mismas manos y objeto a objeto de principio a fin, las medidas de los componentes se van adaptando para hacerlas encajar. No ocurre así cuando se trata de trabajar ensamblando elementos previamente elaborados que deben acoplarse adecuadamente para constituir el conjunto. En ese caso, la uniformidad dimensional de las piezas, dentro de unos ciertos límites, resulta de vital importancia.

Uno de los antecedentes europeos más tempranos de fabricación en serie lo proporcionan los astilleros, en concreto el Arsenal de Venecia, denominado *Arsenale Novissimo* (2), en el que ya a finales del siglo XV, una ingente mano de obra, cercana a 16.000 personas, trabajaba en la construcción de galeras a un ritmo tal que les permitía completar una nave a diario mediante el ensamblaje de piezas previamente fabricadas, que se iban montando a

medida que la nave avanzaba por una rampa inclinada hasta su finalización y completo equipamiento.

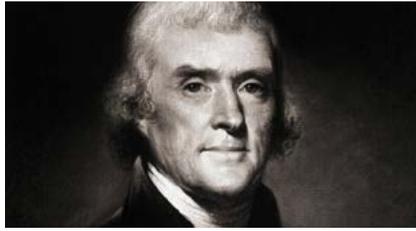
Los inicios de la normalización

Sin olvidar los antecedentes citados, algunos muy remotos y otros más próximos, partiremos en nuestro recorrido sobre la trayectoria evolutiva de la normalización, de una fecha más cercana y ligada a un acontecimiento concreto, la publicación de *La riqueza de las naciones*, de Adam Smith en el año 1776 (3). Aquella fábrica de alfileres propuesta por el autor como paradigma de la utilidad y racionalidad de la división del trabajo llegaba a un mundo en el que la industria armamentística se encontraba sumida en un ambiente de experimentación de nuevos métodos encaminados a mejorar la eficacia de sus producciones, para conseguir abaratar los procesos de fabricación y lograr la adecuación idónea entre municiones y armas y, en última instancia, lograr la intercambiabilidad de las piezas. Todo ello pasaba por alcanzar la normalización de los procesos de fabricación y la estandarización de las producciones.

La fabricación de cañones precisaba de munición bien adaptada al arma en el que debía acoplarse en condiciones idóneas desde el punto de vista dimensional. Los problemas derivados de los desajustes de medida entre ambos elementos, arma y munición eran causantes de fallos que derivaban o bien en la falta de eficacia del disparo por exceso de holgura en el binomio (diámetro interno de la boca del cañón-diámetro del proyectil) o en el riesgo de explosión de la munición en el interior del propio cañón o mosquete, por apriete excesivo entre ambos elementos. Si a ello se une el calentamiento experimentado por las piezas y los consiguientes efectos de la dilatación, el adecuado funcionamiento del conjunto se complica aún más. En el caso de las armas portátiles, el desigual desgaste experimentado por algunas de las piezas que las componían y que obligaba a su frecuente reposición, imponía la necesidad de poder realizar reparaciones rápidas, lo que pasaba por encontrar sistemas de fabricación que posibilitaran la intercambiabilidad de las piezas que componían el conjunto. Cuando cada arma era fabricada de principio a fin aisladamente y ajustando sus compo-

nentes a su medida concreta, la intercambiabilidad no resultaba posible. Las manufacturas de la época producían artesanalmente y de principio a fin todos los componentes del conjunto, objeto o producto final. La modernización industrial señalada por A. Smith implicaba la especialización de las tareas. Durante ese periodo, algunos acontecimientos marcan el comienzo del avance hacia producciones seriadas, como la publicación de las *Tablas de las construcciones de los principales pertrechos de la artillería*, de Gribeauval, que había tenido un precursor también francés en el sistema Vallière adoptado por los ejércitos de otros países europeos, entre ellos España. El sistema Gribeauval lo superaría con creces, permitiendo la fabricación de armamento: cañones, obuses y morteros más ligeros, uniformes y eficaces sin renunciar a disponer de un rango lo suficientemente variado para poder adaptarlo a las diferentes situaciones y circunstancias. Su aplicación contribuiría a otorgarle a la artillería francesa de la época una gran superioridad, frente a la de otras naciones europeas y tuvo consecuencias bélicas muy favorables para el ejército francés tanto durante la Revolución Francesa como en el transcurso de las guerras napoleónicas. Gribeauval no solamente se limitó a estandarizar cañones, obuses y morteros, sino que extendió la normalización a todos los elementos relacionados con la artillería, incluyendo también los numerosos componentes auxiliares que forman parte de ella: cureñas, ruedas, ejes, alcanzando hasta los cajones de munición, a los que dotó de un diseño exterior idéntico, pero con una estructura interior que permitía adaptarlos a los diferentes tipos de munición también normalizados que debían contener, así como a otros usos diferentes. Uno de los grandes logros de Gribeauval fue la reducción de los rangos dimensionales hasta entonces empleados. Con ello logró simplificar y abaratar los procesos de fabricación y suministro de artillería.

En cuanto a la munición, creó un sistema nuevo en el que en un solo cartucho se reunían pólvora y bala o, en su caso, pólvora y metralla. Quedaba, pues, la munición reducida a dos tipos: cartuchos de bala y obuses. Este último proyectil, también denominado bomba, consistía en una esfera de hierro colado con un orificio para la



Thomas Jefferson, tercer presidente de los Estados Unidos e impulsor de la fabricación en serie.

mecha, una bala de cañón, que actuaba por impacto contra el objetivo. Gribeauval estableció cuatro grupos de artillería: de asedio, de campaña, naval y de plaza y costa (4).

Pero el establecimiento de la normalización en su aspecto dimensional implica la necesidad de determinar las tolerancias a aplicar acotándolas y, a su vez, la de elaborar instrumentos o sistemas que permitan controlarlas en las piezas fabricadas. Fue por las causas citadas por lo que la industria armamentística inició el camino de la normalización dimensional. En el caso de la industria artillera, las dimensiones a controlar y normalizar eran por entonces el valor del diámetro exterior de la munición y el valor del diámetro interior de la boca de fuego de los cañones, además de la regularidad del interior del cañón o mosquete. Sabemos que Gribeauval sometía tanto su munición como sus armas a una serie de verificaciones previas antes de otorgarles la aprobación. En el caso de la munición, la verificación diseñada consistía en hacerla pasar primero por un tubo que tenía 2,25 mm menos de diámetro que el calibre del cañón. Si los obuses no podían atravesarlo eran desechados por ser de diámetro superior al adecuado. Los elementos que superaban dicha prueba se volvían a someter a un segundo control, consistente en hacerlos pasar por otro tubo de diámetro 1,7 mm menor que el del calibre del cañón. Si lo lograban se desechaban por ser de diámetro inferior al requerido. En realidad, Gribeauval hubo de establecer los valores extremos: inferior y superior de las medidas admisibles y, con ellos, elaborar un calibre de límites o de extremos, un calibre fijo tubular para verificar los diámetros de su munición, instrumento vulgarmente conocido como calibre pasa-no pasa, materializando con ellos, los límites longitudinales admisibles

para acotar el rango de variabilidad del diámetro de su munición que resultara compatible con su adecuado funcionamiento. Pero este no fue el único instrumento de verificación que diseñó, sino que creó otro denominado “*étoile mobile*” (5) o estrella móvil, de puntas recambiables que servía para verificar el calibre interior de la boca de fuego a lo largo de toda su longitud y comprobar, al mismo tiempo, su regularidad. La estrella móvil cumplía un doble propósito, se empleaba para realizar una verificación del diámetro interior a lo largo del recorrido y también servía como instrumento de control de forma. Conviene recordar que, por entonces, aún no se había establecido el sistema métrico decimal, y las longitudes de aquel armamento se expresaban aún en *toesas*. Gribeauval es considerado por sus logros el padre de la normalización.

Thomas Jefferson, futuro presidente de Estados Unidos, entonces ministro plenipotenciario embajador en París, en el año 1785, conoció a Honoré le Blanc (6), un armero francés que había logrado que los mosquetes que fabricaba pudiesen ser montados con piezas cogidas al azar fabricadas en su taller, realizando un experimento para demostrar su intercambiabilidad ante diversas personalidades de la época. Aquella demostración fue presenciada por Jefferson (7), quien escribió al entonces presidente de Estados Unidos consciente de que la implantación de aquel método serviría para terminar con la dependencia armamentística europea a la que hasta entonces estaba sometida la nueva nación. Consiguió que se interesase en ello y, pese a que se realizaron intentos para que Honoré le Blanc se trasladara a América para implantar allí su procedimiento de trabajo, finalmente no se logró, si bien la idea fue recogida y tenida en cuenta. Posteriormente, sería Eli Whitney (8), el inventor de la desmotadora de algodón, quien asumiría el encargo gubernamental de fabricar 10.000 mosquetes en dos años al precio de 13,40 dólares la pieza, muy bajo entonces, y que dio lugar, con la implantación de su técnica, al llamado “sistema americano de trabajo en serie”, basado en la producción estandarizada de piezas y en la intercambiabilidad de las mismas. Para ello tuvo que idear máquinas de corte, troqueles y fresadoras adecua-

das a su propósito, lo que le tomó más tiempo que la propia fabricación de los mosquetes.

Esta primera etapa de normalización industrial está caracterizada por el desarrollo de los procesos de estandarización de las empresas, especialmente en las de armamento. Los esfuerzos normalizadores se producen como consecuencia de la experiencia productiva y son considerados un conocimiento secreto y de alto valor que no solamente no es divulgado y compartido, sino que se oculta celosamente, un saber hacer que cada fábrica o taller utiliza de puertas adentro, un patrimonio de conocimientos y saberes propios conseguidos a base de experiencia, pruebas y esfuerzo. Mientras, la Revolución Industrial impulsa la profesionalización de la ingeniería. El establecimiento de los primeros estándares está basado en ella y en los progresos tecnológicos logrados en dicho periodo.

Segunda etapa, normalización de unidades, surgimiento de instituciones normalizadoras

Una segunda etapa en la historia de normalización se puede considerar que es la que transcurre a lo largo del siglo XIX. Durante esta, comienzan a producirse grandes cambios. El mayor de todos ellos fue, sin duda, la implantación del sistema métrico decimal. La Francia revolucionaria se había impuesto en la ardua tarea de modernizar y racionalizar la vida en todos sus aspectos, dejando atrás el viejo mundo medieval. El país se sumió en una verdadera obsesión “decimalizadora” con el propósito de crear en el dominio metrológico, un sistema de medidas que fuera moderno, universal, racional, unificado y a la altura de los “nuevos tiempos”. En principio, se pensó en adoptar como patrón, un péndulo de segundos, pero posteriormente la comisión de sabios constituida al efecto optó por asignar como patrón una medida basada en la geodesia, adoptando como definición del metro “la diezmilésima parte del cuadrante de la mitad del meridiano terrestre entre Dunkerque y Barcelona”. Dicha definición, sería la primera de la nueva unidad de longitud, en el año 1765. Pero la necesidad de contar con un patrón más preciso condujo a su abandono y hubo de ser modificada adoptando

para la nueva unidad un patrón físico. Esto implicó el consecuente cambio de su definición. El metro a partir de entonces pasó a ser “la distancia entre los extremos de una barra de platino iridiado”. El patrón se depositó en París y de él se distribuyeron copias numeradas a los diferentes países que adoptaron el nuevo sistema. La trascendencia normalizadora que supuso la generalización del sistema métrico decimal fue enorme, si bien su implantación no resultó asunto sencillo, ya que se produjeron enormes resistencias al cambio, en parte derivadas de las dificultades y costes inherentes de este, como era tener que disponer de una gran cantidad de juegos de pesas y medidas de las nuevas unidades para dispersarlos por todo el país. A las dificultades logísticas y económicas que esto implicaba, se le añadió el esfuerzo necesario para vencer las inercias de los usuarios a romper con las viejas unidades tradicionales a las que estaban habituados, y a todo ello aún, las connotaciones revolucionarias que acompañaban a las nuevas unidades y que, por dicho motivo, pusieron a muchos de antemano en su contra (9).

Mientras, en Inglaterra, la ingeniería como disciplina profesional progresaba, alentada por la ingente actividad industrial del país. Surgen por entonces grandes ingenieros como Henry Maudsley, quien construyó 42 máquinas de carpintería destinadas a fabricar aparejos de madera para los barcos. Dichas máquinas fueron las precursoras en la fabricación de maquinaria especializada y destinada a la fabricación en serie. Maudsley fue el precursor en la fabricación de un torno que mecanizaba tornillos y también sería el primero en establecer una estandarización sobre los tamaños y elementos de las roscas. Inventó, además, el primer micrómetro, con capacidad para medir una diezmilésima de pulgada. A este instrumento lo denominó “*Lord Chancellor*”. Su taller fue el lugar en el que se formaron famosos ingenieros ingleses como Joseph Whitworth, James Nasmyth, Joseph Clement, Richard Roberts y David Napier (10).

Pero en el mundo anglosajón, tanto en el Reino Unido como en sus colonias, se utilizaba un sistema de pesas y medidas conocido como “Sistema Imperial Británico” (SIB), y al mismo tiempo que se implantaba y difundía



Henry Maudsley, ingeniero e inventor inglés. Innovó la máquina-herramienta, que supuso el comienzo de la construcción de maquinaria especializada en una cadena de montaje.

el sistema métrico, en el SIB se producía una segregación, ya que en el Reino Unido se llevó a cabo una revisión de unidades en el año 1824 que afectó también a sus por entonces colonias, mientras que Estados Unidos, al ser ya independiente en esas fechas, mantuvo el sistema de unidades antiguo. Así dio lugar a que las mismas denominaciones de ciertas unidades expresasen valores diferentes según se tratase de Reino Unido y sus colonias o de Estados Unidos.

Thomas Jefferson, que admiraba los logros científicos de Francia, estaba muy interesado en recibir los entonces llamados “estándares franceses”, que representaban el metro y el kilogramo. Joseph Dombey (11) en 1794 tenía previsto presentárselos personalmente al Presidente estadounidense. Era aquel un momento en el que los vínculos entre ambos países eran sólidos, tras haberse independizado Estados Unidos de Inglaterra 18 años antes y ser Francia e Inglaterra enemigos seculares. Pero en aquel viaje Dombey fue secuestrado por corsarios, lo que le impidió cumplir su misión.

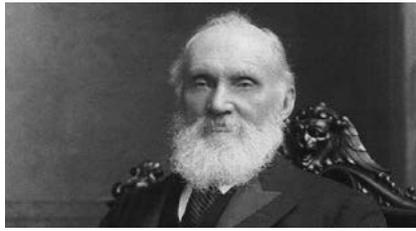
Sería precisa la mediación diplomática para que los patrones métricos llegaran a manos del secretario de Estado americano Edmund Randolph, quien no se interesó por el asunto.

En la época de la reconstrucción americana, tras la guerra civil, se llegó a debatir un plan para lograr la metrificación del país. Se le encargó la evaluación y adopción del mismo a la recién creada National Academy of Sciences. Incluso se aprobó una nueva ley de

pesas y medidas firmada por Andrew Johnson (1865-1869) que reconocía el metro, el kilogramo y el litro como medidas oficiales en el país, pero sin llegar a imponerlas por ley, lo que provocó que su uso no prosperase entonces (12).

Un nuevo intento de implantación métrica llegaría a Estados Unidos en 1968. El Congreso aprobó la *Metric Study Act* y ordenó una investigación de tres años para analizar las consecuencias del impacto de la aplicación del sistema métrico en la nación. El estudio se daría a conocer en 1971 mediante una publicación, *U.S. Metric Study Report* en 12 volúmenes y con un volumen adicional titulado *A Metric América: A Decision Whose Time Has Come*. En él se concluía que el sistema métrico debía ser implantado “deliberada y cautelosamente a través de un plan nacional predominantemente métrico”. De nuevo en 1974 surge la *Public Law 93 – 380 Education Amendments 1975 – Metric Conversion Act* con idéntico propósito. La política de Estados Unidos consistía en coordinar y planear el uso creciente del sistema métrico y fundar el *U.S. Metric Board* para alcanzar la conversión métrica voluntaria en la nación. Pero los industriales americanos temían el cambio metrológico por los gastos que implicaba tanto en máquinas como en herramientas. El fracaso de la metrificación en Estados Unidos fue originado porque el sistema métrico nunca se quiso imponer legalmente como sistema único, lo que provocó que no llegara a generalizarse como sistema voluntario (13).

Sería también en Francia y simultáneamente a la normalización que supuso la implantación del sistema métrico decimal cuando un ingeniero francés, Charles Renard (14), comprendió las grandes ventajas que comportaría que las fabricaciones mecánicas se estandarizaran, reduciéndolas a una serie escalonada de medidas, con la finalidad de favorecer la intercambiabilidad de sus componentes. Para lograrlo, propuso que entre todos los valores posibles que podrían adoptar los diferentes elementos mecánicos, tanto de máquinas como de estructuras, ya fuera en virtud de cálculos o por simple elección, se restringiesen a ciertos valores concretos, en lugar de emplear valores aleatorios elegidos por diseñadores o fabricantes. Fue así como Renard en el año 1870 propuso



William Thomson, conocido popularmente como Lord Kelvin. Inventor y científico, realizó numerosas investigaciones en los campos de las unidades de medida y de las comunicaciones telegráficas.

el uso de los denominados “números preferentes” o “series de Renard”, para que cada fabricante pudiese hallar de entre ellos, el valor adecuado más próximo a sus necesidades. Esto, con el tiempo, ha resultado aplicable a las categorías de las máquinas, a la potencia de los motores, al rendimiento de las bombas, a la especificación de los acabados superficiales, al flujo de los líquidos y, por supuesto, a los valores dimensionales en general, incluidos los diámetros de las sogas que utilizaba el propio Renard en sus dirigibles, reduciendo así la posible e infinita gama de valores a unas series de números limitadas y concretas. El sistema propuesto, la utilización de los números preferentes, números normales o series de Renard se implantó por la comodidad, el abaratamiento y la posibilidad de intercambiabilidad que implica ventajas derivadas de reducir la variabilidad.

Por otro lado, al ser dichos números equidistantes entre sí, presentan la ventaja de formar gamas de productos con tamaños que van aumentando o disminuyendo de una forma regular y constante. Esto contribuye a racionalizar los stocks en los almacenes, así como a reducir las gamas de recambios o utillajes. Los números preferentes están compuestos por las potencias del número 10 y en una escala logarítmica de base 10, las primeras potencias de 10, (10, 100, 1.000, etc.) se distribuyen a intervalos constantes. Estos números poseen interesantes propiedades, como que cada una de las series contenga la anterior, que el inverso, el doble o la mitad de un número preferente sea siempre otro número preferente de la misma serie y que las series R10, R20, R40 y R80 contengan al número 2 como número preferente, por lo que la multiplicación o división de cualquiera de sus valores por dicho número

proporcione siempre otro número preferente.

En 1865, tuvo lugar otro importante hito: se creó la primera organización internacional o intergubernamental para la normalización, The International Telegraph Union (ITU), con la finalidad en ese caso de establecer estándares que permitieran conectar las redes telegráficas nacionales, como fusión de dos convenios anteriores: el tratado de Berna y el de París, cuyos objetivos eran similares aunque con menor alcance territorial. El desarrollo de las radiocomunicaciones propició que el ITU pasase de realizar la normalización de las comunicaciones telegráficas a ocuparse de la normalización de las telecomunicaciones en general.

A mediados de siglo, se hizo necesario estandarizar las medidas relativas a la energía eléctrica. Protagonista y artífice de dicha normalización fue William Thomas, más conocido como Lord Kelvin, quien investigó en el campo de los sistemas de unidades de medida. En el año 1851, Weber había propuesto que se aplicara el sistema absoluto de unidades de Gauss al electromagnetismo y Kelvin renovó su proposición. En 1861, en el seno de la British Association, se constituyó un comité destinado a determinar las unidades eléctricas. El propio Kelvin diseñó métodos precisos y aparatos adecuados para ello. En 1857 se introdujeron instrumentos como el electrómetro de cuadrante, que cubría el campo de las medidas electrostáticas y el mismo William Thomas inventó el llamado “puente de Kelvin”, además de realizar otras importantísimas aportaciones como el *amper balance*, un aparato electromecánico inventado para la medición de la unidad del SI de corriente eléctrica, el amperio. Lord Kelvin también contribuyó a propiciar la comunicación intercontinental a través de cable submarino y realizó la determinación del cero absoluto (15).

La electricidad merece una mención especial en cuanto a la normalización. En sus inicios, las compañías implicadas en la energía eléctrica no solamente se limitaban a producirla, sino que también la distribuían e incluso fabricaban y vendían sus propios componentes eléctricos. Thomas Edison estableció la primera empresa eléctrica en 1882 basándose en la co-

riente continua. Mientras que George Westinghouse, en 1886, creó una red que rivalizaba con la del primero y por consejo de Nikola Tesla lo hizo utilizando corriente alterna. Daba así comienzo a lo que se conoce como la “batalla de las corrientes” que tuvo lugar en Estados Unidos entre 1880 y 1890 con una gran trascendencia mediática y económica (16).

Hay que tener en cuenta que, en sus principios, el uso prácticamente único de la energía eléctrica consistía en el suministro de alumbrado. Pero más adelante su utilidad se amplió y se empleó para hacer funcionar motores. Dicha implementación del uso de la energía eléctrica representó una segunda revolución industrial y decantó definitivamente el debate precedente, corriente continua frente a corriente alterna, en favor de la alterna, porque la corriente continua resultaba inadecuada para los nuevos usos y, además, por las pérdidas debidas a la disipación en forma de calor que se producían a lo largo de las líneas. Sin embargo, no se llegaron a alcanzar consensos sobre voltajes, frecuencias ni sobre la morfología de los dispositivos de conexión.

En dicho periodo la normalización, unida a los conceptos de racionalización y modernización, se extendió al trabajo industrial, aplicándole al mismo un enfoque científico y racional, pero no solamente en lo concerniente a los aspectos tecnológicos, sino alcanzando incluso al cálculo de las remuneraciones de los trabajadores de forma científica. Así surgió el *Halsey Premium Plan* en Estados Unidos en 1890, que proporcionaba fórmulas matemáticas para el cálculo de las remuneraciones (17).

Con anterioridad a la Primera Guerra Mundial, las fábricas de automóviles se dedicaban también a la producción de máquinas de coser y lo hacían de forma artesanal. La primera empresa automovilística en producir de forma industrial fue la de Ramsom Eli Olds, que en 1901 fabricaba el modelo de automóvil Oldsmobile Curved Dash (18).

En 1911 Frederick Winslow Taylor publicó su obra *Principles of Scientific Management* (19). En ella creó un nuevo concepto, el de organización científica del trabajo, estandarizando los métodos productivos, promoviendo la producción en cadena y midien-



Henry Ford fue un ferviente defensor de la normalización.

do y adjudicando tiempos a las diferentes tareas.

A finales de siglo, los diferentes estándares en vigor en las diferentes empresas hacían que el intercambio y el comercio resultasen cada vez más difíciles, al no estar normalizados materiales de uso tan generalizado como los aceros.

Pero volvería a ser de nuevo la industria armamentística la que se adelantó en la implantación del trabajo en serie y la normalización. André Citroën (20) en su fábrica de París, diseñó una cadena móvil para elevar los obuses que producía. Su empresa, tras la guerra, se transformaría para pasar a dedicarse a la fabricación automovilística. Pero la prueba de fuego de la intercambiabilidad la protagonizaría en 1908 la marca americana Cadillac, que publicitaba con orgullo la intercambiabilidad completa de los componentes de sus automóviles, basada en las altísimas precisiones con las que producía sus piezas. El importador londinense de la firma propuso al Real Automóvil Club inglés tomar tres Cadillacs K (21) de los ocho que por entonces circulaban por Londres, desmontarlos por completo, mezclar sus piezas con otras sin uso procedentes de la fábrica y volver a ensamblarlos al azar. El experimento fue un éxito y los automóviles así rehechos rodaron por el circuito de Brooklands 500 millas sin que se produjera incidente alguno.

Un gran hito histórico que hay que tener en cuenta en esta etapa es, sin duda, el representado por Henry Ford (22), ferviente defensor de la normalización. La llamada “revolución Ford” marcaría un antes y un después en cuanto al desarrollo técnico de la industria automovilística y a la propia tecnología de fabricación. La construcción de la fábrica de Highland Park en Detroit inaugurada en el año 1910 supuso un gran avance. Ford con

su modelo Ford T, se inspiró para diseñarla en la forma de trabajo de los mataderos de Chicago, Union Stock Yards, en los que las piezas de carne circulaban a lo largo de los puestos de trabajo suspendidas de una cadena.

El primer paso en la evolución de la producción fue dejar atrás el montaje de una unidad estática y comenzar a trabajar con la ayuda de la cinta transportadora. Con ello se consiguió que el proceso de fabricación se automatizara y fuera, además, continuo. Con tal sistema, personal sin experiencia podía desempeñar su tarea especializada dentro de la cadena. Inmigrantes que ni siquiera compartían idioma, podían colaborar entre sí y el proceso de aprendizaje se redujo al mínimo. Con la implementación del nuevo método, se eliminaba la necesidad de contar con personal especializado, por lo que los salarios descendieron. El abaratamiento del proceso de fabricación fue, en consecuencia, espectacular. Con la introducción de dichos cambios se consiguió que el modelo Ford T estuviera al alcance de una clientela mucho más amplia de lo que lo habían estado los automóviles fabricados hasta entonces.

En Inglaterra, la evolución normalizadora continuaba. El Engineering Standards Committee, anteriormente citado, fue extendiendo sus actividades hasta convertirse en el British Engineering Standards Institution (BESI) en el año 1918; en 1931 se transformó a BSI (23).

En Estados Unidos se creó el American National Standard Institute en 1918. Allí una persona desempeñaría un papel crucial en la modernización, a través de la normalización, Herbert Hoover (24), que a la sazón era *Food administrator*; tanto durante como después de la Primera Guerra Mundial, sería el encargado de planificar adecuadamente las raciones de la población civil aliada para evitar una hambruna catastrófica en Bélgica. Se creó para ello la Commission for Relief in Belgium (CRB), y durante 5 años se alimentó con su plan a 10 millones de civiles en Europa. Más adelante crearía la American Relief Administration (ARA). Hoover animó a su país a economizar alimentos en el periodo de guerra, y en Estados Unidos, llegó a popularizarse el término *hooverize*, como sinónimo de ahorro. Más ade-

lante y con la experiencia adquirida en aquella ingente tarea logística, la organización propugnó reducir el número de tamaños en las mercancías y simplificar y normalizar la variedad de productos manufacturados para mejorar la “eficacia del país”. Se creó así la Division of Simplified Practice en 1921 en el Bureau of Standards (25), según el modelo de la Baruch’s wartime conservation Division. Esta división, al igual que su predecesora, proclamaba la reducción de variedades y tamaños en productos básicos, así como la mayor estandarización de materiales y productos que darían lugar a dos divisiones: una dedicada a las especificaciones y otra a la normalización.

En 1920 Hoover fue nombrado primer presidente de la Federación Americana de Sociedades de Ingenieros. Propuso un estudio de las pérdidas que estaban teniendo lugar en la industria americana por falta de especificaciones y normalización. Las conclusiones del mismo evaluaron en un 40% la pérdida de eficacia industrial americana como consecuencia de la insuficiencia normalizadora.

En el congreso de Praga de 1928, Francia propuso la adopción de un sistema internacional para definir las tolerancias. Tras numerosos estudios surgió el sistema denominado ISA.

La International Federation of the National Standardizing Associations (25) fue creada en Nueva York en 1926 para ocuparse de la normalización de áreas que no estaban incluidas en la CEI. Más adelante sería sustituida por la normativa ISO International Organization for Standardization (ISO), que desde entonces coordina los esfuerzos internacionales de normalización a través de diversos comités técnicos en los que participan los representantes de los organismos nacionales de normalización.

En Alemania, se encargó en la década de 1930 a Ferdinand Porsche (26) el diseño de un automóvil para la clase obrera capaz de transportar a 2 adultos y 3 niños a 100 km/h y a un precio no superior a los 990 *Reichsmarks*”. De aquel encargo surgiría en 1938 el Volkswagen Beetle. Eran tiempos en los que la estandarización y el abaratamiento que esta implicaba comenzó a permitir que bienes hasta entonces reservados a las élites pudieran quedar al alcance de muchos.



La Revolución Industrial propició cambios trascendentales para la estandarización, como la creación e implantación del sistema métrico decimal.

En conclusión, la división del trabajo en áreas delimitadas permitió que las máquinas pudieran ser más estáticas y eso facilitó la instalación de máquinas fijas en los diferentes puntos a lo largo de las cadenas de montaje. La aparición del control numérico en las décadas de 1930 y 1940 hizo que se fuera ganando en automatización y precisión. Pero sobre todo la normalización en esta etapa evolucionó, dejó de ser una cuestión de puertas adentro en las diferentes industrias y pasó a convertirse en un asunto de interés nacional, por lo que se crearon instituciones para impulsarla, al reconocerse su importancia y contribución a la modernización y su papel facilitador del desarrollo industrial y comercial del país.

En resumen, durante esta etapa, el avance normalizador hace que se pase de la elaboración de normas basadas en el empirismo a una formalización progresiva. Los diferentes estados europeos a la cabeza de la actividad industrial de la época reconocen la importancia de contar con una normalización técnica que les permita desarrollar su actividad. La primera institución normalizadora europea, la pionera, creada con el objeto de ocuparse de la estandarización nace en Inglaterra en 1901. Se trata del Engineering Standards Committee (27). Un organismo similar se creó en Alemania en 1917, el Deutsches Institut für Normung. A continuación, Francia en 1918 estableció la *Commission Permanente de Standardisation* (CPS), que posteriormente, en 1926, pasaría a convertirse

en la Asociación Francesa de Normalización (AFNOR).

Las diferentes naciones, tras la Primera Guerra Mundial, tanto vencedores como vencidos, entendieron la importancia de la estandarización en la organización de la producción industrial y su potencialidad para el desarrollo del comercio. Comenzaron a crearse organismos estatales, otros privados y algunos mixtos, con el objetivo de hacer avanzar la normalización. En Alemania en el año 1917 los ingenieros Naubaus y Hellmich constituyeron el primer organismo dedicado a la normalización NADI (Normmnausschub) der Deutschen Industrie o Comité de Normalización de la Industria Alemana). Esta organización comenzó a emitir normas DIN (siglas de Deutsche Industrie Norm). En 1926 el NADI mantuvo las siglas DIN, pero estas pasaron a significar “*Das Ist Norm*” (28).

El propósito de estas instituciones era proporcionar pautas de normalización que permitieran favorecer el intercambio comercial e industrial internacional. Así pues, en este periodo, la normalización industrial, pasó a ser percibida como condición indispensable para la producción industrial en masa y el comercio internacional.

Además de las organizaciones nacionales ya creadas, en este periodo surgen otras internacionales para conseguir la normalización eléctrica. La Comisión Electrotécnica Internacional (CEI) se estableció en 1906, promovida por iniciativa del Instituto de Ingenieros Eléctricos bajo los auspicios



Sistema métrico decimal.

de REB Crompton (29), con el propósito de ocuparse de la estandarización eléctrica, compuesta por miembros de 14 países y cuyo presidente era Lord Kelvin. Se puede afirmar que desde 1880 el consenso privado en el establecimiento de estándares se convirtió en parte importante del nuevo mundo global y también en herramienta clave para el fomento industrial y comercial.

Tercera etapa, Segunda Guerra Mundial, el impulso normalizador

La Segunda Guerra Mundial puso de relieve la trascendencia de la normalización. Durante la contienda, la superioridad tecnológica alemana era atribuida por los aliados y a los esfuerzos de normalización acometidos previamente por Alemania, y la misma causa era la que se aducía como explicación al avance tecnológico norteamericano, al haber sido Estados Unidos impulsor de la intercambiabilidad en la industria y del trabajo en cadena.

Pero el conflicto provocó que las comunicaciones entre países quedaran totalmente interrumpidas y, consecuentemente, la actividad del ISA se paralizó por completo. Las instituciones normalizadoras existentes antes de la guerra eran las siguientes: ISA, CEI y UNSCC. Sobre la primera ya se ha tratado en la etapa anterior. En cuanto a CEI, esta organización creada en 1906, regulaba el área de la electromagnética. El ingeniero suizo Huber Ruf fue su gestor y quien se encargó personalmente de la redacción, traducción y reproducción de sus contenidos (30).

En cuanto al United Nations Standards Committee o Comité de Coordinación de Estándares de Naciones Unidas, surgió en Londres en 1944.

Sería tras la finalización de la contienda cuando Charles Le Maistre (31), considerado por muchos el padre de la normalización, propiciaría la creación de un nuevo organismo de normalización, ISO, una organización gubernamental cuyas siglas se corresponden con la International Organization for Standardization (32).

Los delegados de las organizaciones normalizadoras ISA y UNSCC se reunieron con la intención de crear un organismo nuevo y único de normalización. Para lograrlo, los organismos existentes hasta esa fecha cesaron su actividad para poder dar paso a ISO. De hecho, dos tercios de los 67 comités que habían trabajado en ISA pasaron a formar parte de la estructura de la nueva organización. Así nació ISO con dos objetivos: servir para la simplificación de la coordinación internacional y unificar los estándares industriales, que finalmente dieron lugar a las normas ISO. La fecha de inicio de su actividad fue el 27 de febrero de 1947. La primera norma ISO data de 1951 y fue denominada “recomendación”.

Por otra parte, durante la guerra, en Gran Bretaña se puso de manifiesto que una parte importante de la producción destinada a la industria bélica presentaba problemas de ensamblaje, lo que en principio fue atribuido a errores de signo provenientes de los sistemas de coordenadas utilizados, o a la falta de información en los planos.

En la Royal Torpedo Factory de Escocia (29) Stanley Parker y F. H. Rolf (33) observaron que los problemas de acoplamiento afectaban en particular a los elementos circulares, dando lugar a que hubiesen de ser rechazadas piezas en principio correctamente ejecutadas desde el punto de vista dimensional. Análisis posteriores demostraron que pese a ello no se acoplaban bien. En consecuencia, y para evitar tales fallos y los consecuentes rechazos, se desarrolló un nuevo sistema de tolerancias que utilizaba zonas de tolerancia cilíndricas y no en el plano, como se había hecho hasta entonces, para lograr posicionar adecuadamente los elementos circulares. S. Parker extendió la zona circular de tolerancia a lo largo del eje de la pieza, controlando con ello dos nuevos parámetros que hasta entonces no se estaban teniendo en cuenta con el uso de las tolerancias dimensionales utilizadas hasta entonces como son rectitud y posición.

Con la adopción del nuevo sistema de tolerancias aplicado, se consiguió reducir los rechazos de piezas, por lo que aumentó la aceptación en un 57%. Posteriormente, Estados Unidos desarrollaría las nuevas tolerancias. Así nacieron las Geometric Dimensioning and Tolerancing o GD&T.

En resumen, esta etapa normalizadora está caracterizada por la situación mundial y los avatares de guerra, que supusieron un frenazo en el avance de normalización y, por tanto, en la evolución de las instituciones normalizadoras durante el conflicto. Sin embargo, la investigación armamentística y la inversión tecnológica produjeron grandes innovaciones y sustanciales avances técnicos, científicos e industriales. Con respecto a la normalización, esta pasa de ser un asunto voluntariamente asumido por los actores implicados, una mera “recomendación”, a convertirse en materia obligatoria y una vez establecida como tal, a transformarse en reglamentación, una reglamentación que precisa del consenso del sector al que concierne.

Debe tenerse en cuenta la diferencia existente entre la norma, que en principio es voluntaria, y la reglamentación que está dirigida por la autoridades nacionales e internacionales, especialmente en los países totalitarios, plenamente conscientes de que se trata de un tema clave para potenciar su de-



En el siglo XVIII se adoptó el patrón oro, modelizado por David Hume en 1752.

sarrollo industrial y comercial. Puede afirmarse que la característica fundamental de esta etapa es el desarrollo simultáneo de dos tipos de normas: nacionales e internacionales. Otra de las grandes novedades de este periodo es que hasta entonces, la normalización estaba exclusivamente guiada por la racionalidad y la lógica y es en esta etapa cuando comienza a incluir nuevos aspectos, como el de la mercadotecnia.

Cuarta etapa 1945-1990. Certificación

La normalización, tras la interrupción que supuso la Segunda Guerra Mundial, prosiguió su andadura tanto en lo referente a los sistemas nacionales como a los internacionales. Comienza así un periodo caracterizado por la aparición de la certificación entendida como aseguramiento y que es proporcionada por el correspondiente organismo certificador, que es el responsable de garantizar la conformidad del producto sobre el que se emite: la certificación del cumplimiento de una serie de normas y condiciones encaminadas a respaldar, ya sea la seguridad de uso o la aptitud y calidad del bien o servicio certificado.

La nueva sociedad de consumo comienza a valorar la certificación como aseguramiento de la calidad y como garantía de confianza para el consumidor. Pero, además, se ha traspasado una frontera, la norma y, por ende, la certificación sobre el producto pasa del mundo industrial de la tecnología y la ingeniería en el que tuvo su origen a

abarcar nuevos campos como el de la alimentación, la salud, la seguridad, el medio ambiente, etc., afectando al consumo en general. La certificación añade valor al producto o servicio que la posee, convirtiéndose en una poderosa arma tanto de prestigio como comercial y, en ocasiones en una salvaguarda para los fabricantes, productores y proveedores de bienes y servicios.

En esta etapa, otra de las novedades de importancia que se producen reside en que las normas no solamente inciden en los bienes o servicios, sino también en la propia calidad de las organizaciones.

En 1987, la British Standard, BS 5750, se convirtió bajo los auspicios de ISO en la ISO 9000. La familia ISO 9000 es un conjunto de normas sobre calidad y gestión de calidad apropiado para cualquier organización que provea tanto bienes como servicios. La norma especifica la manera en la que una organización opera sus estándares de calidad, sus niveles de servicio y sus tiempos de entrega, basándose en los siguientes principios: enfoque al cliente, liderazgo, participación del personal, enfoque basado en procesos, mejora continua, enfoque de sistemas para la gestión, enfoque basado en hechos para la toma de decisiones y relaciones mutuamente beneficiosas con los proveedores. Todo ello mediante la implementación de un método o sistema de gestión de la calidad (SGC) (35). Esta norma pasaría pronto a formar parte de la estrategia de las empresas por dos motivos: su valor para mejorar

su imagen de marca y para especificar sus relaciones con los subcontratistas. La norma 9001 es la única que se puede certificar.

Hay que señalar que la implantación de estas normas provoca un efecto dominó, ya que los proveedores de las empresas certificadas en dicha norma, tienden a adoptarla también por la garantía que representa para la organización el hecho de contar con proveedores que operen con idénticos criterios y, para estos, la ventaja competitiva que les proporciona desde el punto de vista comercial para la captación de clientes también certificados.

Quinta etapa, expansión normativa, desde 1990 en adelante

Este periodo está caracterizado por un crecimiento exponencial de la normativa existente hasta el momento, tanto cuantitativa como cualitativamente. Por una parte, por el incremento numérico que experimentan las normativas, y por otra, por los nuevos aspectos y campos a los que las nuevas estandarizaciones conciernen. Puede afirmarse que esta expansión guarda relación con el contexto mundial, definido por dos circunstancias que se producen simultáneamente durante este periodo: la globalización de los mercados y, desde el punto de vista estrictamente europeo, la necesidad percibida de configurar una realidad comunitaria normativa única y al mismo tiempo, la de que dicha normativa esté armonizada entre los distintos países miembros.

En 1961 se crea el Comité Euro-

peo de Normalización (CEN) con el cometido de fomentar la economía europea en el mercado global, lograr el bienestar de los ciudadanos europeos y el medio ambiente y proporcionar una infraestructura eficiente a las partes interesadas para el desarrollo, el mantenimiento y la distribución de sistemas estándares coherentes y especificaciones.

Las normas europeas son adoptadas en la actualidad por alguno de los tres organismos europeos de normalización: el Comité Europeo de Normalización (CEN), el Comité Europeo de Normalización Electrotécnica (CENELEC) y el Instituto Europeo de Normas de Telecomunicación (ETSI). Por otro lado, en el ámbito nacional la normalización está gestionada por los organismos nacionales de normalización, que son los que deben adoptar y publicar normas en cada uno de los países, incorporando todas las normas europeas mediante normas nacionales idénticas y procediendo a la retirada de cualquier norma nacional cuyo contenido pueda entrar en conflicto con la norma europea. Un tipo concreto de normas europeas son las normas armonizadas que están elaboradas por un organismo de normalización europeo a partir de un mandato de la Comisión Europea. En cuanto al cumplimiento, los requisitos técnicos son obligatorios, mientras que las normas armonizadas son, generalmente, voluntarias.

En el año 1985, se crea la Nouvelle Approche. La Comisión exigía en cada uno de los diferentes ámbitos el cumplimiento de ciertos requisitos esenciales relacionados principalmente con la salud y la seguridad de los consumidores para que fueran respetados en el mercado europeo. No obstante, dejaba al cargo de los distintos organismos nacionales la misión de verificarlos. Este sistema evolucionaría y, con este último propósito, se creó en el año 2006 el mercado o marca CE (36), que significa *Conformité Européene* y se creó para ciertos grupos o productos industriales apoyándose en la Directiva 93/68/CEE y que garantiza que el producto que lo posee cumple con los requisitos mínimos legales y técnicos en materia de seguridad de los Estados miembros de la Unión Europea como una de las herramientas de mayor importancia de la Unión Europea. Nació con la finalidad de garantizar la libre



El progreso en las comunicaciones impulsó el cambio de sistema de medida del tiempo, pasándose del uso del tiempo local al del tiempo universal coordinado (UTC).

circulación de productos entre los diferentes Estados miembros y permite garantizar que estos cumplen con la legislación vigente y, por tanto, son seguros en cuanto a su uso.

El nuevo marcado se convierte pronto en un reputado sello, que avala y prestigia los productos que lo poseen y pasa a ser percibido como una garantía para los consumidores y asegura, además, la libre competencia entre los diferentes países, independientemente de donde se produzca, con idénticos requisitos, pero, además, supone para el producto que la exhibe una referencia mundial reconocible, por lo que es profusamente imitada y en ocasiones confundida con “China Export” que exhibe las mismas siglas con un logo similar. El mercado CE se fija a un producto para indicar que se encuentra dentro del alcance de las aproximadamente 20 directivas, denominadas de “nuevo enfoque” o *new approach*, que pueden ponerse en servicio y venderse legalmente en los países que conforman la Unión Europea, lo que constituye un pasaporte para el comercio dentro de los países de la CEE.

Para aquellos productos fabricados fuera de la Unión Europea, el importador debe asegurarse de que el fabricante externo a la Unión Europea haya cumplido todos los requisitos necesarios para poder dotarlo de dicho marcado. La normativa abarca no solamente los productos, sino su etiquetado, envasado y embalaje. Esto incluye requisitos como trazabilidad, seguridad química, seguridad alimentaria, etc.

En el año 1972 surgió el concepto de “economía sostenible”(37). La ONU creó la comisión Brundtland para el estudio de las interrelaciones existentes entre desarrollo económico y protección medioambiental, cuyo enfoque se basó en el logro de una justicia intergeneracional, conscientes de que decisiones actuales tendrán impacto en las generaciones futuras.

La sostenibilidad medioambiental implica la gestión de los productos a lo largo de su ciclo de vida completo, es decir, desde su entrada en la fábrica hasta que el producto se convierte en residuo. De este contexto surge el concepto de logística inversa (*reverse logistic*). La normativa europea comienza así a plantear un nuevo paradigma. Los empresarios asociados a la fabricación y distribución de un producto deben controlar los costes relacionados con la correcta gestión del mismo convertido en residuo por el consumidor final. Esto implica la consolidación europea de los denominados “mercados de materias secundarias”, de una forma ordenada y transparente. Van surgiendo así las distintas directivas europeas por categorías de residuo, que establecen objetivos cuantitativos de reciclado y valorización: directiva de envases y residuos (E+RE) con objetivos en 2001, revisados en 2006; directiva para vehículos fuera de uso (VFU), directiva de residuos de equipos eléctricos y electrónicos; línea marrón (REEE), normativa para los residuos de equipos electrodomésticos. Línea blanca (REE), normativa para residuos de construcción y demolición (RCD), así

como las normativas para la gestión del plástico procedente de invernaderos o para el tratamiento de los envases fitosanitarios.

En el año 1992, coincidiendo con la UN's Earth Summit, se publicó la primera norma privada de gestión medioambiental, la B.S. 7750. Desde ISO se formó casi inmediatamente un comité técnico para utilizar la B.S. 7750 como referencia, dando lugar a la primera de las series ISO 14000 que se publicó en el año 1996. La norma requiere identificar los objetivos medioambientales y establecer metas, procedimientos y procesos para conseguirlos. Al igual que ocurrió en su momento con las normas ISO 9000/9001, esta familia de normas se convierte en una garantía de la forma de hacer de la organización, que queda documentada y de la sistemática de la empresa. La organización que asume la norma puede auditar por tercera parte acreditada la certificación que asegura su cumplimiento. En los inicios del siglo XXI continuaron creciendo y desarrollándose las ISO 9000, que han experimentado desde su creación sucesivas revisiones. Una de las características más novedosas de esta etapa es la extensión a campos hasta entonces inéditos de la normalización y la certificación, campos como el de la calidad medioambiental, a través de la norma medioambiental ISO 14001 (38), que se ha hecho muy popular, aunque no tanto como la ISO 9000/9001.

Durante esta etapa, se inició la discusión para la transposición de la directiva Sévés II, tras el desastre acaecido en dicha localidad italiana en 1976, para la creación de nuevas normas sobre riesgos tecnológicos que ha dado lugar a REACH (registro, evaluación, autorización y restricción de sustancias y mezclas químicas). REACH (39) obliga a las empresas, fabricantes y proveedores a proporcionar información sobre los riesgos que presentan las sustancias y mezclas químicas y sobre cómo deben ser manipuladas a lo largo de la cadena de suministro.

También han proliferado en esta etapa los sellos específicos certificando diversos aspectos relacionados con la sostenibilidad medioambiental, la diversidad biológica o las condiciones de los productores como los relativos a la protección de ciertas especies como los delfines, con relación al tamaño de las

mallas de pesca utilizadas en la pesca del atún y otros relacionados con el mantenimiento de la biodiversidad de las aves en las explotaciones cafetaleras. Surgen sellos que garantizan que los productos que cuentan con ellos proceden de un comercio justo para los pequeños agricultores de países emergentes y otros para asegurar que el mobiliario realizado con maderas tropicales procede de plantaciones sostenibles y no de la deforestación de dichos bosques. Son sellos que aseguran el bienestar animal y la no experimentación en animales en determinados productos.

La norma SA 8000 surgió en el año 1997, creada por una organización estadounidense llamada Responsabilidad Social Corporativa (Social Accountability International, SAI). Esta norma establece las condiciones mínimas necesarias para alcanzar un ambiente de trabajo seguro y saludable, así como la libertad de asociación y negociación colectiva y la estrategia empresarial para tratar los aspectos sociales relacionados con el trabajo, proporcionando reglas sobre la duración de la jornada, salarios, lucha contra la discriminación y trabajo infantil o forzado. La SA 8000 requiere certificación por una tercera parte acreditada de las condiciones de trabajo de una organización, es de aplicación a países tanto desarrollados como emergentes y es apropiada tanto para grandes como para pequeñas empresas. Es un código de conducta basado en las convenciones de la Organización Internacional de Trabajo (OIT) en la Declaración Universal de los Derechos Humanos y en la Convención de Naciones Unidas sobre los derechos de los niños.

En 1998 se creó una nueva serie normativa, las BS.OHSAS 18001 (40) inspiradas en las normas inglesas BS 8800 y que tienen como objetivo convertirse en referentes de la certificación de sistemas de gestión de la seguridad y la salud en el trabajo. Para su creación, se reunieron organismos certificadores de 15 países de Europa, Asia y América, con el objetivo de crear la primera norma de certificación de un sistema de seguridad y salud con alcance global. La norma ISO 45001 sobre sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo establece un periodo máximo de tres años de transición para poder adaptar los sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo que

cumplen actualmente con los requisitos del estándar OHSAS 18001.

Otro de los hitos a reseñar es la aparición del concepto de “huella ambiental de producto” (HAP) (41). En la Unión Europea se ha traducido en una metodología destinada a calcular el impacto medioambiental total de los productos, promoviendo un mercado único en la UE para los artículos ecológicos. Los trabajos para la norma dieron comienzo en el año 2011, en 2013 se publicó la metodología (HAP).

Surgen nuevas certificaciones que permiten evaluar aspectos no incluidos hasta el momento y colaterales a la actividad industrial o productiva en general. Bienes y servicios de diferente naturaleza pueden ser certificados mediante normas específicas, ya se trate de organismos públicos o privados, hospitales, escuelas, hoteles o espacios naturales.

Conclusiones

El establecimiento de conceptos y significados compartidos es condición previa para la interacción cultural. La normalización es un proceso muy antiguo que entronca con los orígenes de la civilización y que a lo largo de la historia ha sido una herramienta útil para propiciar el intercambio, tanto transnacional como transcultural. En este artículo se han tratado sus precedentes, así como sus orígenes a partir del último periodo del siglo XVIII. Acontecimientos como la Revolución Francesa, movimientos como La Ilustración y cambios sociales como la Revolución Industrial propiciaron cambios trascendentales para la estandarización como la creación e implantación del sistema métrico decimal. La Revolución Industrial impulsó la necesidad de la división del trabajo y esto, a su vez, impuso la necesidad de una fabricación basada en la intercambiabilidad de los componentes. Los avances científicos y técnicos y los cambios que estos produjeron, fueron requiriendo paulatinamente la creación de nuevos patrones y unidades de medida y exigiendo al mismo tiempo incrementar la precisión tanto de unos como de otras, a través de procedimientos e instrumentos cada vez más sofisticados.

Pero los cambios sociales experimentados y el incremento del comercio internacional impulsado por las potencias coloniales provocaron nuevos consensos normalizadores en otros

campos, como el que tuvo lugar a finales del siglo XVIII, con la adopción del patrón oro, modelizado por David Hume en 1752 (42). Fue el primer modelo de equilibrio general en economía, un modelo que se mantendría a lo largo del siglo XIX.

La Revolución Industrial, la colonización europea, el auge industrializador, la mecanización de la agricultura, la introducción de los abonos químicos, la internacionalización de los mercados, junto con los avances tecnológicos alcanzados, fueron requiriendo nuevos acuerdos internacionales para dar respuesta adecuada a la nueva realidad. La generalización de las comunicaciones internacionales y de los transportes a larga distancia transformaron incluso la forma tradicional de medir el tiempo. En el siglo XIX, se produjo el abandono del uso de la hora local. Invencciones como el ferrocarril conllevan la exigencia de un mismo tiempo, en los trayectos cortos. Mientras que el telégrafo permite difundir de forma simple y con la precisión adecuada, una hora patrón. Estos cambios culminarían en 1887 con la adopción del sistema internacional de husos horarios, el tiempo universal coordinado, TUC, que es el tiempo solar medio del meridiano de Greenwich (GMT) (43).

La normalización como fenómeno es susceptible de ser analizada desde diversas disciplinas, con diferentes enfoques y perspectivas. Para unos, constituye la base de la tecnociencia universal. Otros, sin embargo, inciden en su uso como herramienta de poder y dominación (44). Para ciertos historiadores, la normalización mata la creatividad humana y la constriñe, mientras que en algunos ámbitos, la sistematización basada en estándares es percibida como causante de llevar el comportamiento corporativo a un estado racional (45).

La estandarización en sus inicios estaba prácticamente confinada al ámbito de la tecnología y la ingeniería, pero esta realidad ha cambiado radicalmente y actualmente abarca temas muy diversos.

Numerosos estándares de los muchos creados continúan aún vigentes. Otros, sin embargo, no han logrado imponerse, o bien han caído en desuso, o simplemente han quedado obsoletos, mientras que algunos continúan su evolución.

Pero no todos los estándares existentes son globales. Algunos se mantienen en ciertas zonas geográficas en convivencia con otros diferentes, por razones históricas. Tal es el caso de la energía eléctrica, cuyos voltajes, frecuencias y dispositivos de conexión difieren dependiendo de los países, tampoco las unidades de medida y peso se han uniformado pese a la globalización. Estados Unidos continúa utilizando las unidades del antiguo sistema imperial británico y lo mismo ocurre con los anchos de vía, en el transporte ferroviario aún en nuestros días. Mientras, las nuevas tecnologías emergentes continuarán precisando y dando lugar a nuevos estándares y regulaciones.

Se ha recorrido un largo trecho entre aquellas normas, consideradas meras recomendaciones, y la situación actual en la que la normalización modela nuestra realidad cotidiana.

Bibliografía

1. Kula, W. Las medidas y los hombres. Ed. Siglo XXI, Madrid, 1999.
2. Zorzi, A., Venice de Golden age 697 – 1797, Ed. Abbeville Press, N.Y., 1983.
3. Smith, A., La riqueza de las naciones: Libros I – II – III y selección de los libros IV y V, Ed. Alianza, Madrid; p. 814. 2011.
4. Rothenberg, G. E., The art of warfare in the age of Napoleon. Ed. Indiana University Press, USA, 1980.
5. Le Systeme Gribeauval ou la question de la standarisisation au XVIII siècle. Berkowitz, H., Dumez, H., Annales de mines Gérer e comprendre, 2016/3, número 125, p. 41 50.
6. Alder, K., Engineering the Revolution: Arms and Enlightenment in France 1763 – 1815. Ed. Chicago Press. Chicago & Londres, 2010.
7. Thomson, K., Jefferson's Shadow, the story of His Science. Ed. Yale University Press, New Haven London, 2012; p. 321.
8. Green McL., C., Eli Withney and the birth of American Technology. Ed. Oscar Handlin, Pearson, 1997; p. 224.
9. Lorenzo Pardo, J. A., La revolución del metro. Ed. Celeste Ediciones S. A., Madrid, 1999; p. 224.
10. History of Technology, volume Twenty – eight. Ed. Ion Inksler. The Institute of Historical Research, University of London, Bloomsbury, 2016.
11. Alder, K. La medida de todas las cosas la odisea de siete años y el error oculto que transformaron el mundo Taurus historia series, 496 p. Ed. Taurus, 2003.
12. Agudo Sanchiz, A., Estrada Saavedra, M., (coordinadores). Formas reales de la dominación del estado: perspectivas interdisciplinares del poder y la política. Ed. El Colegio de México Centro de Estudios Sociológicos. México D.F., 2014; p. 880.
13. Agudo Sanchiz, A., Estrada Saavedra, M. opus cit.
14. York, J., Calitividad, La mejora simultánea de la calidad y la productividad. Ed. Marcombo, Barcelona, 1994.
15. Ertl, A. W., The Political Economic Foundation of Democratic Capitalism: From Genesis to Maturation. Ed. Brown Walker Press, Boca Raton, 2007.

16. Kent, D.J. Nikola Tesla inventor: una vida llena de electricidad Ed. Ediciones Librero, 2017; p.248.
17. P. A., Soskice, P., Varieties of Capitalism: The institutional Foundations of comparative advantage. Ed. Oxford University Press, G. Britain, 2001.
18. Rodriguez, M., R. E. Olds and Industrial Lansing. Ed. Arcadia Publishing, G. Britain, 2004.
19. Taylor, F. W., Fayol, H., Lender, H. H. Principios de la Administración Científica. Ed. Edigrama, 2003; p. 234
20. C. Citroën: The complet story. Ed. The Crowood Ltd., U.K., 2014.
21. Womack, J. P., Jones, D. T., Roos, D., La máquina que cambió el mundo. Ed. Profit S.L., Barcelona, 2017.
22. Ford, H. Edit. Mi vida y obra. Edit. Createspace Independent Pub, 2014; p. 308.
23. Engineering Standards Committe, Properties of British Standard Section (Classic Reprint). Ed. Fb & c Limited. G. Britain, 2018; p.62.
24. Clemens, K.A., The life of Herbert Hoover: Imperfect Visionary, 1918 – 1928, Ed. Palgrave McMillan, 2010.
25. Simplified Practice, what it is and what it Offers: Summary of Activities of the Division of Simplified Practice and Description of Services Offered to American Industries U.S. Government Printing Office, 1929; p. 67.
26. Ludvigsen, K., Ferdinand Porsche – Genesis of Genius: Road, Racing and Aviation Innovation 1900 to 1933, Ed. Bentley Publishers, 2009; p. 496.
27. Mc William, R.C. BSI The First Hundred Years, 1901 – 2001: a Century of Achievement. Ed. Institution of Civil Engineers. London, 2001; p. 106.
28. Calavera Opi, C., Jimenez Ruiz, I. Dibujo Técnico II. Ed. Paraninfo, 2014.
29. Bowers, B. R.E.B. Crompton: an account of his electrical work, Ed. H.M.S.O. London, 1969; p. 32.
30. Yates, J., Murphy, C.N. Engineering Rules: Global Standard Setting since 1880. Ed. Johns Hopkins University Press. Baltimore, 2019.
31. Yates, J., Murphy, C.N. "Charles le Maistre: Entrepreneur in International Standardization". *Entreprise et Histoires*, 51 (2008).
32. <https://www.iso.org>.
33. Krulikowski, A. Fundamentals of Geometric Dimensioning and Tolerancing. Second Edition. Ed. DELMAR, Thomson Learning, EE.UU, 1997.
34. Ligett, J.V. Fundamentals of Position Tolerance. Ed. Society of Manufacturing Engineers, 1970; p. 195.
35. <https://www.normas-iso.com>
36. Escalera Izquierdo, G. Marcado CE: un elemento de integración para la empresa globalizada. Ed. Luna SL. Madrid, 2001.
37. Bermejo, R. Economía sostenible: principios, conceptos e instrumentos. Vol. 8 de Serie General. Ed. Bakeaz, 2001; p. 374.
38. Roberts, H., Robinson, G., ISO 14001 EMS Manual de Sistema de Gestión Medioambiental. Ed. Thomson Paraninfo, 1999.
39. Fernández García, R. Reach: la nueva normativa de la Unión Europea en materia de sustancias y preparados químicos. Ed. Club Universitario, 2007; p. 104.
40. Enriquez Palomino, A., Sánchez Rivero, J. M. La Norma OHSAS 18001 Utilidad y Aplicación Práctica. Ed. Fundación Confemetal, 2006.
41. <https://ec.europa.eu>
42. Frieden, J. A. Capitalismo global: el trasfondo económico de la historia del siglo XX. Ed. Crítica., Grupo Planeta. (GBS). Barcelona. 2013, pp. 726.
43. Alcolea Jiménez, J., Bussons Gordo, M., Historia del tiempo: evolución de los relojes y calendarios, 2008. VI Curso de Astrofísica en Sigüenza. Cursos de Verano de la Universidad de Alcalá de Henares.
44. Kula, W. opus cit.
45. History of Technology. Volume Twenty-eight, op. cit.

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. 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. (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. 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.

Propuesta de utilización del hidrógeno como vector energético

Proposal for the use of hydrogen as an energy vector

Maximino García Vigil¹

Resumen

Este documento busca proponer una solución para el transporte y el almacenamiento de hidrógeno utilizando la red de gas natural existente. El gas de hidrógeno es muy fácil de inyectar a la red de gas existente. Posteriormente, en las zonas de uso y previa adaptación de presiones, se puede realizar la separación o purificación del hidrógeno y obtener un producto adecuado para su uso, almacenamiento y distribución a los usuarios finales. La propuesta de hogares o pequeños consumidores pasa por el uso del hidrógeno como única fuente de energía. A través de las celdas de combustible se puede generar corriente continua que luego puede adaptarse a la red existente a través de inversores para obtener 230 V a 50 Hz, que corresponde a la tensión y frecuencia estándar. Con el calor residual generado por la celda de combustible se puede alimentar un acumulador de agua caliente que se puede usar más adelante para proporcionar agua caliente sanitaria y calefacción.

Palabras clave

Transporte, almacenamiento, hidrógeno, única fuente de energía.

Abstract

The idea is to propose a solution for the transport and storage of hydrogen using the existing natural gas network. Hydrogen gas is very easy to inject into the existing gas network. Later in the zones of use and previous adaptation of pressures, the separation or purification of hydrogen can be carried out, obtaining a suitable product for its use, storage and distribution to the final users. The proposal of households or small consumers goes through the use of hydrogen as the sole source of energy.

Through the fuel cells, we can generate direct current that can then be adapted to the existing network through inverters to obtain 230 V at 50 Hz. This corresponds to the standard voltage and frequency. With the residual heat generated by the fuel cell, we can feed a hot water accumulator that we can use later to provide sanitary hot water and heating.

Keywords

Transport, storage, hydrogen, sole source of energy.

Recibido / received: 17/11/2019. Aceptado / accepted: 27/01/2020.

¹ Responsable de Presupuestos, área de Electricidad y Control de la empresa TSK Electrónica y Electricidad S.A. Ingeniero técnico industrial de la rama electricidad. Ingeniero Expertise por el Cogiti. Máster en Energía, Petróleo y Gas.

Autor para correspondencia: Maximino García Vigil. E-mail: maxi.garcia@grupotsk.com.



Molécula o átomo de hidrógeno, estructura abstracta para ciencia o fondo médico, ilustración 3d. Foto: Shutterstock.

Introducción

El hidrógeno es un compuesto químico formado por un protón y un electrón. Es incoloro, inodoro e insípido con las propiedades descritas en la tabla 1 (Luis Gutiérrez, 2005).

Es un elemento muy abundante y tiene la capacidad para reaccionar con el oxígeno y generar gran cantidad de energía y como residuo agua.

Como ventaja destaca que tiene un gran poder calorífico; como desventaja, tiene muy baja densidad.

Como gas tiene menos poder calorífico que otros gases. Si se licua su densidad es un tercio de la gasolina.

No produce emisiones de CO_2 , pero es un combustible muy volátil con peligrosidad en espacios cerrados.

Entre las formas principales de obtención del hidrógeno, se puede citar la electrólisis del agua, reformado de combustibles fósiles (a partir del gas natural), tratamientos térmicos (termólisis) y fotólisis.

Se puede almacenar en depósitos de presión, criogénicos o fijados químicamente a un hidruro metálico. Se puede transportar en depósitos, gaseoductos o directamente en cisternas adecuadas.

El almacenamiento presenta ciertos inconvenientes, así como un ele-

vado coste de hasta el 10%. En caso de almacenamiento por licuefacción, supone el 30% de su capacidad energética.

Se utiliza para producir calor por combustión o electricidad con pilas de combustible.

Sistemas de producción de hidrógeno

El hidrógeno no contamina, solo produce agua y calor, por lo que promete ser la energía verde por excelencia. No obstante, se necesita una fuente adicional para obtenerlo, por lo que dependiendo de esta fuente se puede producir CO_2 y, en consecuencia, producirse un gas de efecto invernadero.

La producción de hidrógeno puede realizarse por diferentes procedimientos. Atendiendo a su procedencia se puede hacer una clasificación. En la tabla 2 (Universidad de Sevilla, 2009) se pueden ver los diferentes procesos para la producción de hidrógeno.

Si el hidrógeno se obtiene por una fuente de origen fósil como el carbón, el petróleo o el gas natural, se producirán emisiones de CO_2 durante su producción. Por el contrario, si se obtiene a partir de agua y de una fuente de energía renovable sin producción

de CO_2 , se puede considerar una energía totalmente limpia.

Si analizamos la tabla 2, la producción de hidrógeno a partir de gas natural o carbón producirá emisiones de efecto invernadero.

La producción de hidrógeno mediante energía nuclear no produce gases efecto invernadero, pero genera residuos radiactivos.

Las ventajas de estos sistemas de producción son su disponibilidad y la capacidad de generar las cantidades necesarias de forma controlada.

La generación con energías limpias presenta la ventaja de la generación sin emisiones de gases de efecto invernadero, y con una generación de residuos bajo, pero con el inconveniente de su disponibilidad caprichosa y baja densidad energética, lo cual dificulta su uso. Por otra parte, no suelen ser fuentes de energía económicas, lo cual encarece indirectamente la generación de hidrógeno. Para poder ofrecer una fuente de energía económica es necesario no solo un proceso de obtención barato, sino que la energía consumida sea la mínima posible, o aprovechar un sistema que pueda reutilizar la energía residual del proceso.

Propuesta de aprovechamiento del hidrógeno como vector energético

Lo que se pretende con esta publicación es presentar unas nuevas propuestas para poder utilizar el hidrógeno como vector energético y como energía final.

Para la generación de hidrógeno nos remitiremos a los distintos sistemas existentes. La elección de la tecnología dependerá de las particularidades de cada proyecto,

Para su transporte y almacenaje se propone el uso de la red de gas natural existente, (Fig. 1) para lo cual sería preciso instalar sistemas de adaptación de presión del hidrógeno para poder inyectarlo a la misma; en las zonas de consumo hay que instalar separadores de gases hidrógeno y metano.

Como uso del hidrógeno a nivel de consumidor final se hace una propuesta para pequeño consumidor en la que el hidrógeno puede suplir las necesidades de consumo eléctrico y la generación de agua caliente sanitaria (ACS) y calefacción.

Sistemas de separación de hidrógeno del metano

Si pretendemos poder utilizar la red de gas existente para transporte mixto de metano e hidrógeno, en las zonas próximas al consumo del hidrógeno es necesario instalar sistemas que faciliten su separación del resto de gases y poder utilizarlo con una pureza aceptable. En la figura 2 se representa la idea simplificada del procedimiento propuesto.

Uno de los problemas es conseguir un método que permita separar y purificar el hidrógeno al menor coste posible. Hay varias soluciones tecnológicas, de las que podemos destacar cuatro como significativas.

- Separación por condensación parcial. Método criogénico.
- Separación por absorción en un aceite parafinado.
- Separación por difusión en membranas de paladio.
- Separación por adsorción mediante oscilación de presión (PSA).

La condensación parcial consiste en separar el hidrógeno del metano llevando la mezcla de estos dos gases a temperaturas próximas a la condensación del metano, licuando así el metano y obteniendo un producto gaseoso de hidrógeno. En este caso se requieren temperaturas de -160 °C.

• Incoloro. Gas normalmente; sólido, cúbico.	
• Punto de fusión: -259,1° C.	
• Punto de ebullición: -252,7° C.	
• Temperatura crítica: -239,8° C.	
• Densidad del líquido: 0,0709 g/cm ³ .	
• Densidad del gas: 0,0899 Kg/m ³ .	
• Solubilidad en el agua:	a 0° C: 2,1 cm ³ } en 100 partes a 80° C: 0,85 cm ³ }
• Isótopos y abundancias	
H-1	99,985%
H-2 (deuterio)	0,015%
H-3 (radiactivo, periodo 12,26 años)	-

Tabla 1 Propiedades de Hidrógeno. Fuente Luis Gutiérrez. *El hidrógeno combustible del futuro.*

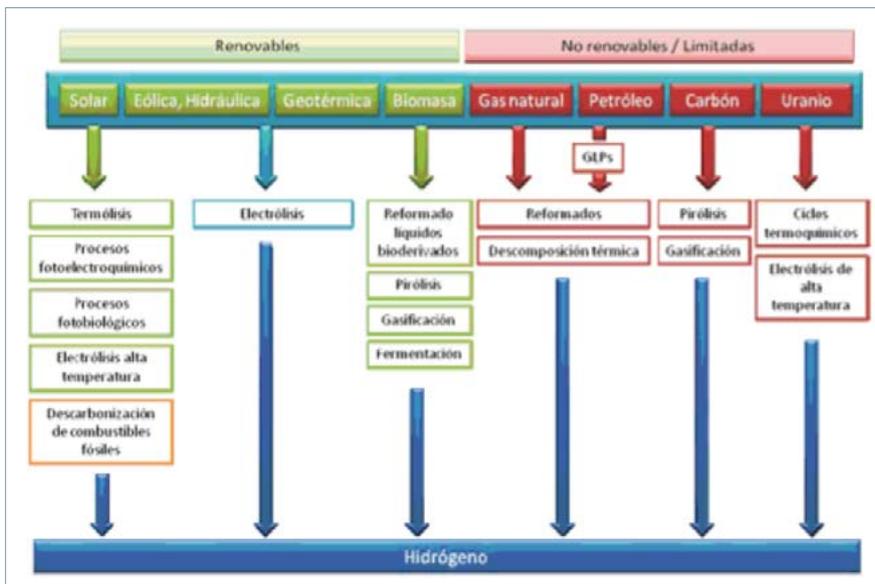


Tabla 2. Procesos para producir hidrógenos. Fuente: *La Economía del Hidrógeno (Aprovechamiento de recursos energéticos renovables no integrados en la red eléctrica.* Universidad de Sevilla).

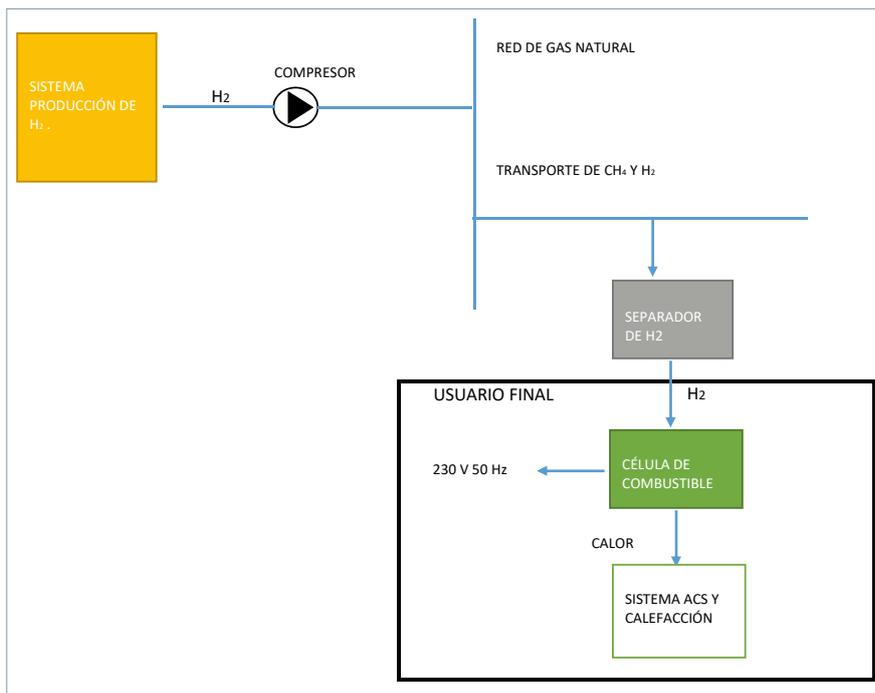


Fig.1. Transporte del hidrógeno mediante la red de gas existente.

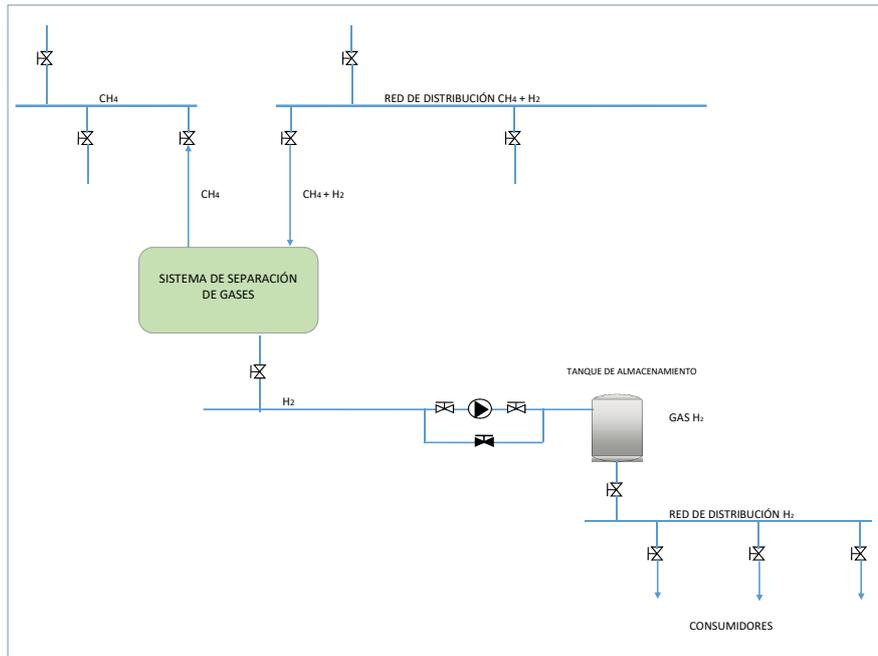


Fig.2. Separación del hidrógeno del metano.

Método	Concentración inicial (mol)		Concentración final, pureza (mol)		Recuperación [%]	
	Hidrógeno	Metano	Hidrógeno	Metano		
Condensación parcial	50	50	90	10	90	
Absorción	Absorción física	50	50	90	10	90
Adsorción (PSA*)	25	75	99	1	26	
Membranas	Membrana de Paladio	50	50	90	10	90

Tabla 3. Condiciones de concentración y recuperación. Fuente: Rafael Bellera Fernández, 2017.

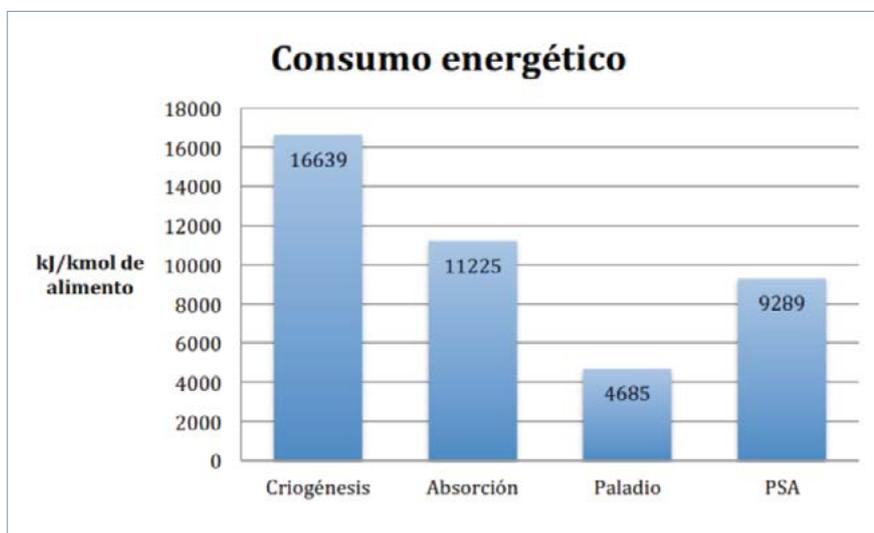


Tabla 4. Consumo energético de los procesos de separación. Fuente: Rafael Bellera Fernández, 2017.

La separación por absorción en un aceite parafinado se basa en el principio de la absorción de un gas en un líquido. En el proceso la corriente de gas que contiene hidrógeno y metano se introduce en los absorbedores que contienen estos aceites. En los aceites se captura el metano lo que permite purificar la corriente de hidrógeno.

El tercer método es la separación mediante membranas de paladio. El paladio es un elemento que presenta una elevada selectividad al hidrógeno, permitiendo a este pasar a través de las membranas de este material, mientras que las moléculas de metano no consiguen atravesar la estructura cristalina de paladio.

El cuarto método es la separación por adsorción mediante oscilación de presión (PSA). Se basa en el principio físico de la adsorción de un gas en un sólido. Los sólidos son lechos de materiales como zeolita, los cuales a elevadas presiones permiten más adsorción. Es necesario realizar en este proceso cuatro etapas de forma cíclica: presurización, adsorción, despresurización y regeneración.

Como ejemplo se adjunta tabla 3 (Rafael Bellera, 2017), para un caso establecido y su eficiencia.

Los consumos energéticos requeridos para los distintos procesos se muestran en la tabla 4 (Rafael Bellera, 2017).

Como se puede apreciar, la energía requerida para la separación del hidrógeno del metano es muy inferior a la requerida para su transporte y almacenaje por los métodos convencionales.

Se puede usar la red de gas como sistema de almacenaje simplemente variando la proporción de gas hidrógeno en la misma.

Aprovechamiento del hidrógeno por el consumidor final

El hidrógeno como consumidor final presenta ciertas dificultades. Su transporte y almacenaje limitan su uso. Esta propuesta se basa en la utilización de los sistemas descritos anteriormente, su transporte utilizando la red general de gas existente y posterior separación del hidrógeno del metano para poder usarlo directamente en las células de combustible para el consumidor final (uso en el hogar o pequeño consumidor). Además de

aprovechar el calor residual para producir agua caliente y calefacción, permitiría abrir una ventana a la utópica idea del hogar sin acometida eléctrica, propuesta similar a la realizada por Panasonic (SmartHouse, 2014).

Partes de la instalación

Acometida

Consiste en la instalación que permite la conexión a la red general de gas (H₂) equipada con su sistema de válvulas reductor de presión y contador.

Célula de combustible

Correspondería a la utilización de células de combustible como las conocemos. Este equipo mediante el hidrógeno y el aire captado de la atmósfera previamente produce mediante reacción química una fuente de corriente continua de tensión y amperaje que tendrá que ajustarse a nuestro diseño preliminar. Por otra parte, la célula tiene que estar diseñada adecuadamente para que el sistema de refrigeración de la misma se pueda usar como acumulador de calor para su uso posterior como agua caliente o en calefacción.

Convertidores de corriente continua a corriente alterna

Es el equipo encargado de convertir la corriente continua en corriente alterna adaptada en tensión y frecuencia al uso en la vivienda (230 V 50 Hz). Con este equipo alimentaremos el cuadro general de distribución eléctrica de la vivienda desde donde daremos distribución a todos los consumidores eléctricos de la casa. Téngase en cuenta que toda esta instalación tiene que estar equipada adecuadamente en cuanto a protecciones eléctricas (cortocircuitos, sobrecargas, derivaciones a tierra, etc.).

Intercambiadores y acumuladores

El uso de intercambiadores de calor en instalaciones de producción de agua caliente sanitaria permite tener dos circuitos independientes, uno primario y otro secundario. De esta forma, se reduce la contaminación del agua por productos nocivos para la salud, aumentando las posibilidades de uso, ya sea para distintas aplicaciones, como incrementar el tiempo de uso de la instalación.

Existen multitud de tipos de intercambiadores de calor en función de la instalación en la que van a ser empleados, atendiendo a factores como: la ubicación (pueden ser interiores o exteriores), su forma (de tipo helicoidal, tubular, multitubulares, de placas, de doble envolvente) y su circulación (pueden trabajar mediante circulación forzada o por termosifón).

En cuanto a los acumuladores la elección de cada uno de ellos dependerá del tipo de instalación a la que va ser destinada, de su capacidad de almacenamiento térmico, del volumen a ocupar y del sobrecoste que puede ocasionar la elección de uno por otro.

El acumulador debe estar dotado de tomas de temperatura y de las conexiones necesarias para la entrada y salida de fluidos, evitando que se deteriore la estratificación de temperaturas. Así mismo, debe estar provisto de válvulas de seguridad. El volumen del tanque de almacenamiento depende, en general, de cada tipo de instalación y de sus necesidades.

Caldera adaptador

Cuando se precise usar el calor del acumulador, tanto para ACS como para calefacción, es posible que su temperatura no sea la adecuada o por su uso continuado se necesite que la energía requerida sea superior a la existente en el acumulador. En estos casos es necesario instalar un sistema que pueda aportar el calor necesario a la instalación. Esto se puede realizar mediante resistencias eléctricas que adapten el agua a la temperatura requerida, tanto para agua caliente como para calefacción. Con este sistema al reclamar más consumo eléctrico hará que la célula tenga que aumentar su potencia y, por tanto, producirá más calor, lo cual ayudará a compensar la pérdida de calor en el acumulador.

Sistema de control

Desde el punto de vista de su control, una instalación de este tipo no se diferencia sustancialmente de los sistemas de calefacción y refrigeración clásicos. Ambos necesitan una regulación y un control eficaces, tanto sobre la acción de la fuente de energía (en nuestro caso, las células de combustible) como sobre los elementos del sistema de transferencia y apoyo.

El sistema de monitorización tiene como misión la adquisición de datos, controlando las temperaturas en distintos puntos del circuito y regulando las electroválvulas, bombas y demás componentes de la instalación.

Es muy importante con la tendencia al uso de redes inteligentes poder utilizar todo el potencial de este sistema. Un sistema de control de conexión a un sistema de redes inteligentes no solo permitirá el adecuado uso y optimización de la instalación, sino abrir nuevas posibilidades, como la generación distribuida. Si nuestro reclamo de calefacción (agua caliente) es alto, podemos utilizar la generación de energía eléctrica para su exportación a la red, lo cual puede ser importante en las horas punta de la red eléctrica.

Auxiliares

La instalación para su funcionamiento preciará de distintos componentes, medidores de presión, temperatura, bombas auxiliares, vasos de expansión etc. Estos tienen que estar adecuadamente instalados y diseñados para un correcto funcionamiento de la instalación. El sistema propuesto se muestra en la figura 3.

Conclusiones

Como conclusión y en resumen podemos comentar que las energías renovables plantean un problema, baja densidad energética, producción no uniforme y difícil de almacenar, por lo que será necesario desarrollar nuevos sistemas que compensen estas carencias.

Por otra parte, para poder ser viable el uso del hidrógeno a nivel de pequeño y mediano consumidor, la propuesta presentada está condicionada por una potencialización del hidrógeno como vector energético y como energía final, el uso como vector energético. Esto no es alcanzable a corto plazo, por lo que serán necesarias inversiones en investigación, realizar prototipos y plantas de demostración que puedan certificar su viabilidad.

La ventaja de la propuesta del uso del hidrógeno como energía final radica en el uso de las tecnologías que en la actualidad son conocidas y tienen un desarrollo técnico y económico aceptable. Es el caso de las células de combustible, la selección de las más

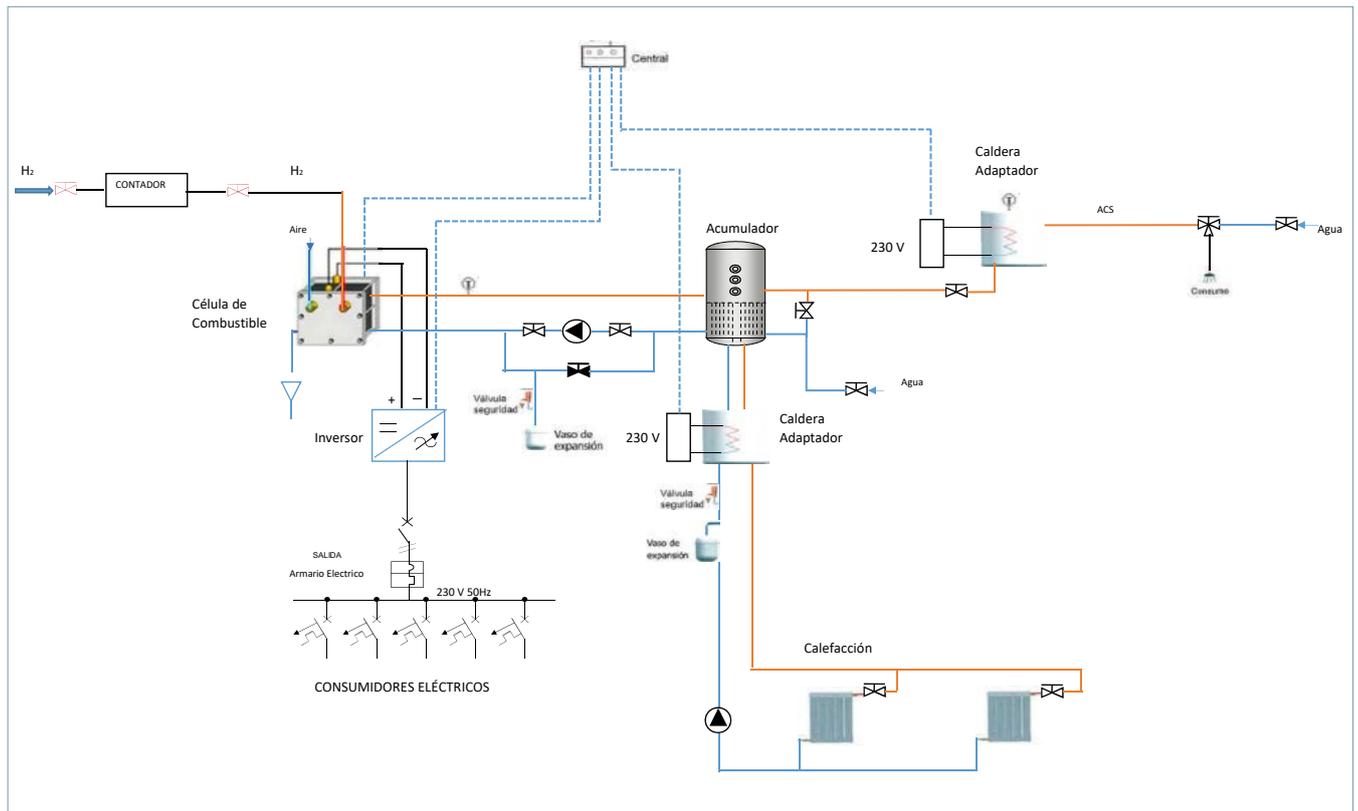


Figura 3. El Hidrógeno como consumidor final.

adecuadas estaría en función de su rendimiento, durabilidad y temperatura de trabajo, lo cual condicionará el diseño de refrigeración y el resto de componentes, intercambiadores y acumuladores.

Las células de combustible están en fase de alto desarrollo, en especial en el sector automovilístico.

Los inversores de corriente continua/corriente alterna están en fase muy avanzada a raíz de su uso en la tecnología fotovoltaica.

Los intercambiadores y acumuladores son una tecnología conocida y usada en las termosolares de baja temperatura para producir ACS y calefacción.

El sistema de control necesario para la gestión del sistema propuesto no necesita grandes niveles tecnológicos. Solo en caso de su integración en redes inteligentes está supeditado al desarrollo de las mismas a nivel general, lo cual abrirá nuevas fronteras en el uso energético.

Lo que en sí pretende es que con esta forma de utilización se pueda elevar el rendimiento de la instalación a

valores que estén próximos o superen el 90%, con lo cual el aprovechamiento del hidrógeno como combustible final sería óptimo.

Bibliografía

- Gutiérrez L. V Programa de Promoción de la Cultura Científica y Tecnológica El Hidrógeno, Combustible del Futuro. Rev. R. Acad. Cienc. Exact. Fis. Nat. (Esp) Vol. 99, N°. 1, pp 49-67, 2005.
- Smart House. Panasonic presenta su Smart House, la casa cero emisiones. www.casadomo.com. Acceso de terceros a la red, operación y gestión técnica del sistema, marco regulatorio. www.enagas.com.
- Aporta CH, Martínez PE, Pasquevich DM. Estudio de ciclos termoquímicos para la producción de hidrógeno nuclear.
- Asociación Española del Gas. www.sedigas.es.
- Bellera Fernández R. Análisis de alternativas tecnológicas para separación de hidrógeno en procesos de descarbonización del metano. Proyecto final de Grado, E.T.S.I. Industriales (Universidad Politécnica de Madrid), 2017.
- Carta JA, Calero R, Colmenar A et al. Generación de energía eléctrica mediante renovables. UNED, 2013
- Comisión Nacional de la Energía (CNE) Mercados Energéticos, Gas. www.cne.es.
- Contreras A, Molero M. Ciencia y tecnología del medioambiente. UNED, 2006.
- Evaluación tecnológica y prospectiva de costes de las energías renovables 2011-2020. IDEA.
- Fernández-Bolaños C. Energía del hidrógeno, estado

actual y perspectivas de futuro. Proyecto Fin de Carrera. Departamento de Energía y Mecánica de Fluidos, Escuela Superior de Ingenieros, Universidad de Sevilla, 2005.

Fernández-Bolaños C. Sistema de energía del hidrógeno, estado actual y perspectivas de futuro. Proyecto Fin de Carrera Departamento de Energía y Mecánica de Fluidos, Escuela Superior de Ingenieros. Universidad de Sevilla, 2005

García F. Técnicas de producción de hidrógeno y rendimientos.

Gutiérrez Jodra L. El hidrógeno, combustible del futuro. Conferencia Aula Magna de la Facultad de Ciencias de Zaragoza, 4/12/2002.

La energía en España 2016. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

Muñoz M, Roviera AJ. Ingeniería térmica. UNED, 2006.

Muñoz M, Valdés M, Muñoz M. Turbomáquinas térmicas. Fundamentos del Diseño Termodinámico (1ª). Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales. UPM, 2001.

Natural Gas Organización. www.naturalgas.org. Plan de energías renovables 2011-2020. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

Producción de hidrógeno mediante ciclos termoquímicos.

Producción y almacenamiento de hidrógeno.

Sánchez C. Tecnología de las centrales termoeléctricas convencionales. UNED, 2010.

Tecnociencia. Gas Natural. www.tecnociencia.es/especiales/gas_natural.

Universidad de Sevilla. Aprovechamiento de recursos energéticos renovables no integrables en la red eléctrica. El caso de la producción de hidrógeno.

Interrupidores automáticos para redes HVDC

Circuit breakers for HVDC grids

M. Larruskain¹, A. Etxegarai, O. Abarrategi, P. Eguia, G. Buigues

Resumen

Los sistemas HVDC están evolucionando hacia redes HVDC que tienen mayores requisitos que los enlaces punto a punto. Entre dichos requisitos, la protección de las redes HVDC contra faltas de CC es particularmente desafiante, debido esencialmente a la ausencia de un paso por cero de la corriente continua y al corto tiempo disponible, que es de pocos milisegundos. Por esta razón, tradicionalmente los sistemas HVDC se han protegido desde el lado de CA por medio de interruptores automáticos convencionales de CA. Sin embargo, la ausencia de interruptores automáticos en el lado de CC requiere un tiempo excesivo para proteger frente a faltas de CC, y supone la desenergización del sistema al completo, lo cual no es adecuado para el funcionamiento fiable de una red. El presente artículo trata sobre los interruptores automáticos viables para redes HVDC. Así, se presentan las diferentes topologías de interruptores automáticos disponibles para cumplir los requisitos de redes HVDC y se analiza su utilización en los sistemas multiterminales HVDC que están en funcionamiento.

Palabras clave

Interruptor automático, redes de corriente continua alta tensión, protección.

Abstract

HVDC systems are developing into HVDC grids, with additional requirements to point-to-point systems. Among those requirements, the protection of the grids against faults in the direct current (DC) transmission lines is remarkably demanding, basically because of the lack of current zero and of the available short time, which must be in the order of few milliseconds. In consequence, traditionally, HVDC systems have been protected from the alternating current (AC) side, with conventional AC circuit breakers. Thus, the absence of circuit breakers in the DC side, requires a long time for clearing DC faults, and results in the complete de-energization of the system, which is not appropriate for the reliable operation of a grid. This paper deals with the circuit breakers that are feasible for HVDC grids. This way, the topologies are presented and their application in actual systems under operation is reviewed.

Keywords

Circuit breaker, HVDC grid, protection.

Recibido / received: 03/12/2019. Aceptado / accepted: 12/03/2020.

Departamento de Ingeniería Eléctrica. Universidad del País Vasco UPV/EHU, Bilbao.

1. Autor para correspondencia: D.^a Marene Larruskain Escobal. E-mail: marene.larruskain@ehu.eus.



Panel de interruptores automáticos en una subestación (zona industrial de planta de energía). Foto: Shutterstock.

Introducción

La corriente continua (CC), al contrario que la corriente alterna (CA), no tiene ningún paso de la corriente por cero de forma natural. Este hecho representa un enorme desafío para la interrupción de la CC, la cual se debe realizar a corriente cero. De esta manera, los interruptores automáticos (IA) para sistemas de corriente continua y alta tensión (HVDC) deben crear de manera artificial un paso de la corriente por cero para poder interrumpir la corriente (Leterme, 2015)(Bucher, 2016) (Leterme, 2019). Considerando los altos requisitos de los sistemas HVDC, se trata de un reto muy relevante. Asimismo, se espera que las futuras redes HVDC incrementen los rangos requeridos para los IA de HVDC.

A pesar de que la interrupción de la corriente se realice en el paso por cero de la corriente, en el resto del sistema la magnitud de la corriente puede ser importante. En ese sentido, las inductancias limitadoras de corriente que se utilizan en las líneas HVDC almacenan una ingente cantidad de energía en su campo magnético (Jovicic, 2019). Por lo tanto, se debe tener en consideración dicha energía a la hora de dimensionar el IA. Es decir, los IA de HVDC deben

tener una gran capacidad para disipar la energía almacenada en el circuito (Bucher, 2016)(Leterme, 2019).

Para añadir complejidad a las citadas dificultades, el tiempo de operación de los IA debe ser extremadamente reducido. El sistema de protección debería operar en un tiempo inferior a 10 ms para proteger el sistema con fiabilidad (Descloux, 2012)(Heidemann, 2015)(Le Blond, 2016). En ese breve periodo de tiempo, es necesario detectar, localizar e interrumpir las faltas.

Como se ha visto, los requerimientos para IA de CA y de CC son notablemente diferentes. La fabricación de IA para HVDC es extremadamente compleja, lo que ha conllevado a que los primeros dispositivos comerciales se hayan desarrollado recientemente, a expensas de un alto coste.

Los sistemas basados en convertidores alimentados por tensión (Voltage Source Converters VSC) se han protegido tradicionalmente desde el lado de CA con IA de CA. Esta estrategia es adecuada para proteger enlaces punto-a-punto, entre dos convertidores y, ocasionalmente, incluso sistemas multiterminales con un número reducido de terminales. Sin embargo, no se considera adecuada para proteger

grandes redes HVDC, ya que la disponibilidad de IA robustos y fiables será imprescindible para el desarrollo de dichas redes. Además, sería deseable un precio razonable.

El presente artículo trata sobre la función de los IA de HVDC en redes HVDC. De esta manera, en primer lugar, se tratan los requerimientos para la protección de redes HVDC. A continuación, se analizan y comparan las principales topologías de IA de HVDC. Finalmente, se reseñan las principales características de la aparatología de protección de los sistemas multiterminal existentes.

Requerimientos para la protección de redes HVDC

Una red mallada HVDC se define en CIGRE como “un sistema que consiste en, al menos, tres estaciones convertidoras y que incluye como mínimo una malla formada por las líneas de transporte” (CIGRE, 2017).

Los principales objetivos para la protección de una red, ya sea para sistemas de CA o de CC, consisten en el aseguramiento de la seguridad humana, el despeje de las faltas y la minimización del impacto de dichas faltas en el sistema al completo, particularmen-

te en todos los componentes (CIGRE, 2016).

De esta manera, las principales características de cualquier sistema de protección para redes se detallan a continuación:

- **Sensibilidad:** detección precisa y despeje de todas las faltas.
- **Selectividad:** discriminación entre la operación en régimen normal y situación de falta. La red se divide en diferentes zonas con el objetivo de que el sistema de protección opere únicamente en caso de que la falta esté situada en su zona de protección.
- **Velocidad:** las faltas se deben despejar mientras están por debajo de la capacidad de ruptura de los interruptores automáticos, y siempre antes de que puedan causar daños en el equipamiento. Este requisito es extremadamente exigente para las redes HVDC, ya que el tiempo disponible es inferior a 10 ms.
- **Fiabilidad:** la operación debe ser segura, es decir, se requiere un sistema de protección de respaldo en caso de fallo del sistema principal.
- **Robustez:** las faltas se deben discriminar de otros eventos de operación.
- **Estabilidad:** después de despejar las faltas, la red debe ser estable en un periodo razonable de tiempo.

Las características mencionadas son aplicables para redes de CA y de CC. Sin embargo, las redes de CC tienen restricciones más exigentes que las redes de CA. Cuando aparece una falta en un sistema HVDC, la tensión se desploma inmediatamente y la pequeña impedancia del sistema conlleva una elevación de la corriente hasta valores extremadamente grandes.

Las redes HVDC generalmente se basan en convertidores VSC, que son altamente sensibles a las sobrecorrientes. El principal componente de dichos convertidores son los IGBT, que típicamente pueden soportar el doble de la corriente nominal para permanecer en el área de operación segura.

Las redes altamente malladas incrementarán dichas dificultades. La impedancia total del sistema de CC se reducirá, provocando colapsos de la tensión de CC en un tiempo más reducido. Por otra parte, las corrientes de falta aumentarán debido a las mayores

corrientes de descarga, así como a las contribuciones desde múltiples fuentes. Por lo tanto, se espera que las corrientes de falta polo-tierra y polo-polo sean mayores (Bucher, 2013)(Chaffey, 2015).

La protección de red HVDC también tiene influencia sobre el control de la tensión de CC. En caso de falta, el sistema de protección puede bloquear o desconectar algunos convertidores que pueden limitar el control de la tensión CC (CIGRE, 2016).

Las redes HVDC requieren el uso de estrategias específicas de protección, las cuales se clasifican por medio de la selectividad de la aparatada de protección y por la metodología utilizada para interrumpir y aislar las faltas de CC. Es posible combinar diferentes estrategias en una única red. A continuación, se describen las principales estrategias para despejar faltas (CIGRE, 2013):

- **Despeje de faltas no selectivo:** la red al completo se considera como una única zona de protección. En caso de falta, la línea afectada se localiza y, sin embargo, se desenergiza la red al completo. La línea afectada se aísla y finalmente se restaura la red no afectada por la falta. Esta estrategia es únicamente factible para redes pequeñas.
- **Despeje de faltas completamente selectivo:** la falta se detecta y localiza, y únicamente la parte afectada se desconecta, mientras el resto de la red continúa operando.
- **Despeje de faltas selectivo parcial:** se trata de una mezcla de las dos estrategias anteriores.

Las zonas de protección amplias presentan un alto número de convertidores interconectados, por lo que será imperativo disponer de selectividad, que puede ser proporcionada fácilmente por medio de IA de HVDC. De esta manera, en cada zona de protección, se deben definir la selectividad de falta, la coordinación de las protecciones, el tiempo mínimo para el despeje de la falta, así como los tiempos de restablecimiento.

Por lo tanto, para una operación segura de las redes HVDC, será necesario el establecimiento de un código de planificación y operación de red. Dicho código deberá definir los escenarios de falta en los que las partes afectadas del

sistema deban permanecer conectadas o por el contrario, desconectarse de la red (CIGRE, 2016).

Además, se deberá establecer la proporción y duración de las corrientes de falta que puedan aparecer, en función de la topología de red. Asimismo, se debe definir el tiempo para despejar faltas y para aislar los elementos afectados de la red. Dichos requerimientos de tiempo influirán en la estrategia de protección seleccionada.

Finalmente, los convertidores que se incorporen a la red deberán asegurar que operarán de manera segura.

Topologías de interruptores automáticos HVDC

Interruptores automáticos mecánicos

El principio de operación de los IA mecánicos se basa en la generación de un paso de la corriente por cero por medio de un circuito resonante (Bucher, 2016)(CIGRE, 2017). Los IA mecánicos están compuestos por tres ramas paralelas, como se muestra en la figura 1:

- La rama de corriente nominal consiste en un interruptor mecánico de baja resistencia, como un interruptor de vacío de CA (Jovcic, 2019).
- En la rama de conmutación hay un circuito LC resonante, sobre el que se pueden encontrar diferentes topologías de circuitos resonantes en la literatura (CIGRE, 2017).
- La rama de absorción de energía está compuesta por descargadores de sobretensiones.

Actualmente se consideran principalmente dos conceptos de IA mecánicos, que se analizan en los siguientes subapartados.

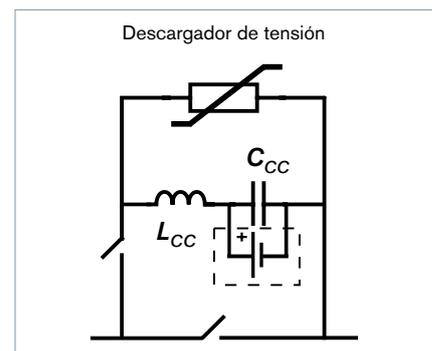


Figura 1. Topología de un IA mecánico.

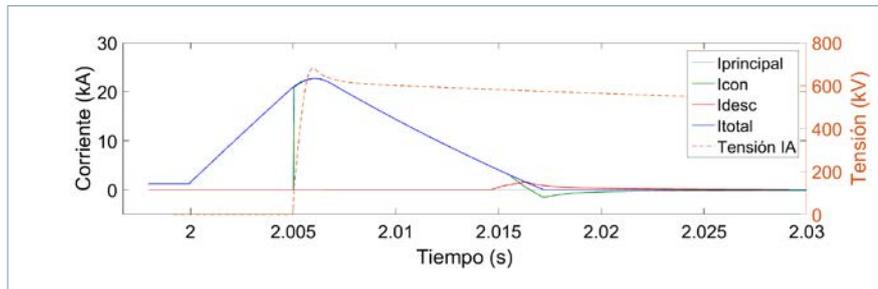


Figura 2. Proceso de interrupción de la corriente con un IA mecánico.

Interruptor Automático de Oscilación Pasiva

El diseño habitual de un IA de oscilación pasiva se muestra en la figura 1, con la ausencia de la fuente de CC que se encuentra dentro del rectángulo a trazos localizado en la rama de conmutación.

Cuando los contactos del interruptor de la rama principal se abren, se establece un arco eléctrico. Los arcos presentan una relación tensión-corriente no lineal, de manera que un incremento de tensión provoca una reducción de la corriente. De esta manera, la variación de tensión del arco que aparece espontáneamente inicia una oscilación de corriente. Dicha oscilación entre el arco y el circuito LC en la rama de conmutación presenta una amplitud incremental. En caso de que la corriente oscilante exceda la corriente del sistema HVDC, se creará un paso de la corriente por cero. En ese preciso instante, el interruptor de la rama de conmutación puede abrirse e interrumpir el circuito. La corriente restante carga el condensador C , y cuando se supera la tensión umbral de los descargadores de sobretensión en la tercera rama, dichos descargadores operan y disipan la energía.

Las oscilaciones a mayor frecuencia reducen los tiempos de interrupción a expensas de tener mayores corrientes diferenciales, que son más complejas de interrumpir. De esta manera, el tiempo necesario para el proceso de interrupción es el mayor de todas las topologías.

Interruptor Automático de Inyección Activa de Corriente

Los IA de inyección activa de corriente representan una evolución de los IA de oscilación pasiva previamente analizados. Por lo tanto, se añade un componente activo a la topología del anterior concepto con

el objetivo de precargar el condensador del circuito resonante. En el IA mecánico representado en la figura 1, dicho elemento activo está ilustrado dentro del rectángulo a trazos y consiste en una fuente de CC que precarga el condensador C_{CC} . De esta manera, cuando el arco se inicia, la oscilación surge inmediatamente y, como resultado, el tiempo de interrupción es menor que en los IA pasivos. Esta es la principal razón por la que los IA activos son más adecuados para ser implementados en redes HVDC.

La figura 2 muestra la interrupción de una corriente de falta por medio de un IA en un sistema de 400 kV. La falta se aplica en el instante 2 s. La corriente en la rama principal se incrementa rápidamente como consecuencia de la falta. 5 ms después del comienzo de la falta, la corriente se redirige a la rama de conmutación y continúa aumentando hasta alcanzar un valor de pico de 22,8 kA. Cuando el arco se interrumpe, la corriente se dirige a la rama de absorción de energía. En ese momento la tensión del IA crece bruscamente hasta la tensión de cebado del descargador de sobretensión, que suele ser 1,5 p.u. La corriente decrece hasta finalmente ser completamente interrumpida. El tiempo total de interrupción es de 17 ms. La característica más representativa del IA es el tiempo requerido para la recuperación de la tensión, lo que define la capacidad de interrupción del dispositivo. En este caso, 20,2 kA en 5 ms (Jovic, 2019).

Interruptores automáticos de estado sólido

Los IA de estado sólido se basan en dispositivos de electrónica de potencia para interrumpir la corriente. La figura 3 muestra la topología típica de un IA de estado sólido. Como se puede

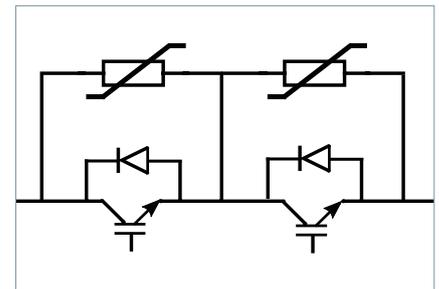


Figura 3. Topología de un IA de estado sólido.

observar, este IA únicamente consta de dos ramas. En la rama principal se encuentran los IGBT y la rama de absorción de energía está compuesta por descargadores de sobretensión. La cantidad de IGBTs se debe seleccionar de acuerdo con los rangos de tensión y corriente del IA.

Los IGBT conmutan en pocos microsegundos, por lo que la corriente se redirige a la rama de absorción de energía en un tiempo muy breve. Esta rápida operación es, de hecho, la principal característica de los IA de estado sólido. Por otra parte, la corriente del circuito circula continuamente por los IGBT, por lo que las pérdidas en régimen permanente son elevadas. Teniendo en cuenta el coste de la energía eléctrica a lo largo de toda la vida útil del dispositivo, estas pérdidas se pueden considerar desmesuradas. Por este motivo estos dispositivos no se suelen considerar como una alternativa viable para redes HVDC.

La figura 4 muestra el proceso de interrupción de un IA de estado sólido. La operación de los IGBT es extremadamente rápida. Así, la corriente se deriva a la rama de disipación de energía en el orden de microsegundos. Dicha rápida conmutación implica que la corriente de falta dispone de un menor tiempo para aumentar. De esta manera, la corriente que IA debe interrumpir es menor que en otras topologías. En el caso del ejemplo mostrado, la corriente pico es 2,2 kA, por lo tanto, se trata de una corriente notoriamente menor que el caso anterior del IA mecánico. La corriente se interrumpe finalmente en un tiempo menor de 1 ms.

Interruptores automáticos híbridos

Los IA híbridos integran las características de los IA mecánicos y de estado sólido (CIGRE, 2017)(Häfner, 2011). La figura 5 muestra el di-

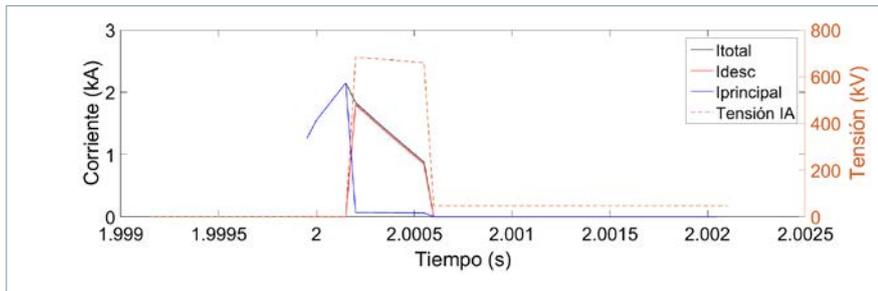


Figura 4. Proceso de interrupción de la corriente con un IA de estado sólido.

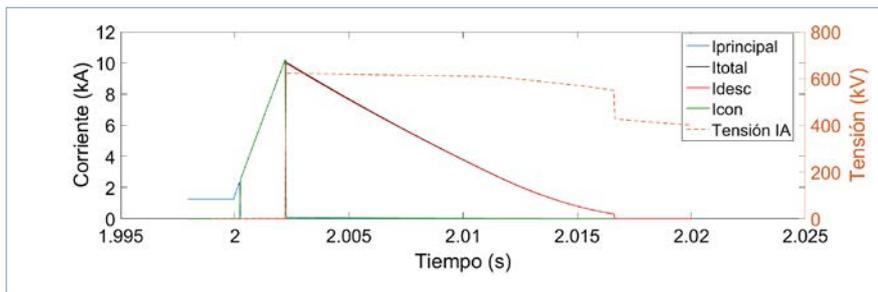


Figura 6. Proceso de interrupción de corriente de un IA híbrido.

seño característico de un IA híbrido y la figura 6 representa su operación. La rama principal se compone de un seccionador mecánico ultrarrápido de baja resistencia y de un conmutador de carga electrónico, compuesto por un IGBT para dirigir la corriente a la rama de conmutación en caso de falta. Este procedimiento hace posible la apertura del seccionador ultrarrápido. En la segunda rama se encuentran los interruptores de potencia, IGBTs en este caso, para interrumpir la corriente conmutándola en la tercera rama paralela. Finalmente, los descargadores de sobretensión disipan la energía del circuito.

El proceso de interrupción, representado en la figura 6, muestra que la operación del seccionador mecánico es inferior a 1 ms. La corriente se man-

tiene en la rama de conmutación hasta que se desvía a la rama de absorción de energía, en el instante 2,2 ms. Con esta topología, la corriente máxima de falta es 10 kA y el tiempo total de interrupción 17 ms, que se puede reducir en caso necesario.

Comparación de conceptos de interruptor automático de HVDC

En este apartado, las características de las principales topologías analizadas previamente se tratan y comparan de acuerdo con la literatura. Sin embargo, se debe aclarar que las cifras aportadas pueden variar en el futuro, de acuerdo con el actual interés por el desarrollo de IA de HVDC y el considerable esfuerzo que se está realizando al respecto.

De esta manera, en la tabla 1 se muestra para cada concepto el tiempo

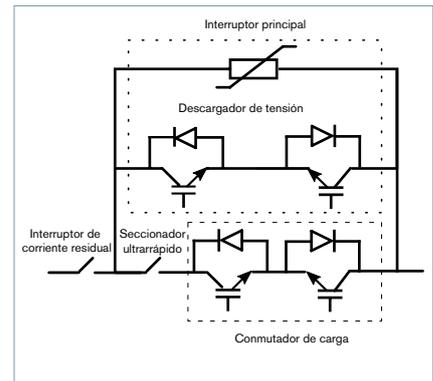


Figura 5. Topología de un IA híbrido.

de interrupción, las pérdidas en régimen permanente, los rangos de tensión y corriente, el tiempo de conmutación interna, las pérdidas en régimen permanente, el coste de instalación y las necesidades de mantenimiento (CIGRE, 2017)(Häfner, 2011)(Tang, 2016). En dicha tabla, los IA mecánicos están representados por los IA de inyección activa de corriente.

Interruptores automáticos instalados en sistemas multiterminales HVDC

En la actualidad no hay redes mallas reales en operación. Los primeros sistemas multiterminales HVDC (MTDC) se basaban en la tecnología de convertidores conmutados por línea (LCC). El interruptor de potencia utilizado en dichos sistemas alimentados por corriente es el tiristor. Es posible controlar únicamente el cebado de los tiristores, ya que continúan conduciendo hasta que la corriente pasa por cero. Esta propiedad inherente de los sistemas LCC le aporta múltiples características. De cara a la implementación de sistemas MTDC, hay una propiedad que es particularmente relevante. Para invertir el flujo

	Capacidad de corte (kA)	Tensión (kV)	Ratio de incremento de la corriente falta (kA/ms)	Tiempo de conmutación interna (ms)	Pérdidas en Régimen Permanente	Coste	Mantenimiento
IA mecánico	2-16	< 400	1,6-2	< 5-8	Despreciable	Bajo	Requerido
IA estado sólido	19	132	47	0,4	Alta	Alto	Bajo
IA híbrido	26	500	2,9-6,7	2-3	Baja	Alto	Requerido

Tabla 1. Características de las topologías de IA.

de potencia es necesario cambiar la polaridad de la tensión, mientras que la corriente se mantiene constante. Los ejemplos más representativos de los pioneros sistemas MTDC son los siguientes (Buigues, 2017)(Häusler, 1999):

- Cerdeña - Córcega – Italia (SACOI): se trata de un Sistema radial MTDC, con tres terminales para conectar Cerdeña y Córcega con la Italia continental. Las diferentes terminales se pusieron en marcha en 1967 y 1986. Actualmente se encuentra al final de su vida útil y existe un proyecto para reemplazarlo.
- Québec – New England (New England Hydro): se puso en marcha al principio de los años 1990 para reforzar las líneas existentes de CA entre dichas regiones de Canadá y Estados Unidos. Se trata de un sistema MTDC radial con tres terminales: Radisson, Nicolet y Sandy Pond.

Con el desarrollo de la tecnología VSC, el diseño de los sistemas MTDC se ha redirigido hacia esta tecnología debido principalmente a sus características propias. Entre otras, por medio de los sistemas VSC es posible invertir el flujo de potencia cambiando la polaridad de la corriente, mientras la tensión se mantiene constante. Este

concepto es semejante al utilizado en redes de CA. Sin embargo, la protección de dichos sistemas VSC continúa siendo un obstáculo para el desarrollo de las redes HVDC.

Recientemente varios sistemas MTDC basados en la tecnología VSC se han puesto en marcha, mientras otros proyectos están en fase de diseño y construcción (Buigues, 2017). Las instalaciones más representativas se pueden resumir de la siguiente forma:

- Nan'ao (2013): el primer sistema MTDC basado en la tecnología de convertidores modulares multi-nivel (MMC) que se puso en marcha. Se trata de una configuración monopolar simétrica con tres terminales: Jinniu, Qing'ao and Sucheng. Está proyectada la construcción de una segunda fase con la conexión de un cuarto terminal (Buigues, 2017) (Rao, 2015). Este enlace conecta la isla Nan'ao con la China continental con el objetivo de inyectar en el sistema de potencia la potencia eólica generada en la isla. Hay dos cables submarinos de CA de 110 kV que conectan la isla, de esta manera, los tres enlaces operan en paralelo, siendo posible su desconexión. Con ese objetivo, el sistema presenta interruptores de CC de desconexión (Rao, 2015).

El sistema se protegió inicialmente desde el lado de CA, por medio de IA de AC para interrumpir las faltas de CC. Así, en caso de falta, los convertidores se bloqueaban y los IA de CA despejaban la falta. Por lo tanto, el tiempo necesario para proteger frente a faltas de CC era notablemente alto. Sin embargo, el gasto inicial, así como las pérdidas de potencia fueron minimizados. En 2017 se instalaron tres IA de HVDC mecánicos (Jovicic, 2019).

- Zhoushan (2014): el Sistema MTDC conecta cinco islas con la China continental. Previamente, dichas islas estaban conectadas por medio de cinco líneas de CA, dos de ellas de 220 kV y las tres restantes de 110 kV. Las principales razones para la elección de la tecnología VSC fueron su reducido requerimiento de espacio y la idoneidad de dicha tecnología para evacuación de la potencia eólica, así como para reforzar el débil sistema eléctrico de las islas. Originalmente, este sistema también se protegió por medio de IA de CA. Sin embargo, aparecieron problemas con los elevados tiempos de operación necesarios y con la desconexión del sistema completo para despejar cada falta de CC. De hecho, en los dos primeros años de operación tuvieron lugar nueve

	Terminales	Tensión CC (kV)	Potencia (MW)	Longitud (km)	IA	Test IA
SACOI	3	± 200 kV	Italia: 200 Cerdeña: 200 Córcega: 50	406 km	CA	
New England Hydro	3	± 450 kV	Radisson: 2250 Sandy Pond: 2000 Nicolet: 2138	1.480 km	CA	
Nan'nao	3	± 160 kV	Sucheng: 200 Jinniu: 100 Qing'ao: 50	40,7 km aéreo-submarino	IA HVDC Mecánico V _N = 160 kV	I _{directa} = 9,2 kA TRV = 272 kV t _R = 3,9 ms I _{inversa} = 9,2 kA TRV = 262 kV t _R = 4,6 ms
Zhoushan	5	± 200 kV	Zhoushan: 400 Daishan: 300 Qushan: 100 Yangshan: 100 Sijiao: 100	141,5 km de cable submarino	Hibrido V _N = 200 kV I _N = 1,2 kA I _{rupt máx} = 15 kA t _R = 3 ms	I _{directa} = 15 kA t _R = 3 ms TRV = 73 kV
Zhangbei	4	± 500 kV	Pekín: 3.000 Zhangbei: 3.000 Kangbao: 1.500 Fengning: 1.500	648 km aérea	Hibrido V _N = 500 kV	I = 26 kA t _R = 2,6 ms TRV = 810 kV

Tabla 2. Principales características de sistemas MTDC,

apagones forzados, con la completa desconexión de los cinco terminales. Para solucionar parcialmente esos inconvenientes, al mismo tiempo que se aumentaba la fiabilidad y disponibilidad del sistema, se instalaron dos IA híbridos en Dinghai, así como dispositivos de restauración de amortiguación rápida en cada terminal (CEPRI, 2016).

Los IA híbridos estaban constituidos por cuatro grupos de módulos de electrónica de potencia de 50 kV, tres grupos de interruptores mecánicos rápidos, un grupo de interruptores auxiliares y cuatro grupos de varistores (Jovcic, 2019). Los IA de HVDC desarrollados para el sistema de Zhoushan se consideraron como proyecto piloto para los IA del sistema multiterminal Zhangbei (Buigues, 2017).

- Zhangbei: se trata de un Sistema MTDC constituido por cuatro terminales que está en construcción para el transporte de energía renovable de la provincia de Hebei a Pekín. De esta manera, las terminales de Zhangbei y Kangbao envían potencia eólica y la terminal Fengning está conectada a una central hidráulica de bombeo que puede ajustar las variaciones de la generación eólica. El sistema presenta una configuración bipolar con línea de retorno metálico. El largo sistema de transporte está constituido por líneas aéreas, por lo que es necesaria la ubicación de IA de HVDC en cada extremo de las líneas. En 2018 se desarrolló un prototipo de IA de HVDC de 500 kV (Jovcic, 2019).

Las principales características de los sistemas MTDC en operación se sintetizan en la Tabla 2 (Buigues, 2017)(CEPRI, 2016)(Häusler, 1999) (Rao, 2015)(Zhang, 2017). Las características y los test de los interruptores automáticos incluyen la tensión nominal (V_N), la corriente de corte (I), la tensión transitoria de restablecimiento (TRV) y los tiempos de interrupción.

Conclusiones

Las redes HVDC necesitan interruptores automáticos HVDC para conseguir una protección fiable y selectiva. Este artículo establece, en primer lugar, las características que el sistema de protección de una red HVDC debe poseer

para cumplir los obligados requerimientos. Una vez especificados dichos requerimientos, se han analizado las topologías de IA de HVDC que pueden cumplir dichos requerimientos.

Así, se han analizado y comparado los IA mecánicos, de estado sólido e híbridos. El estudio presentado destaca que los IA mecánicos presentan el precio más reducido, así como las menores pérdidas en régimen permanente, pero, sin embargo, los tiempos de conmutación interna de corriente son mayores. Estas características se mejoran en los IA de estado sólido e híbrido. Aun así, los IA de estado sólido presentan pérdidas muy elevadas en régimen permanente.

Hay una tendencia incremental a proteger los sistemas MTDC desde el lado de CC por medio de IA HVDC. La principal causa se debe a que la protección desde el lado de CA incrementa excesivamente el tiempo para despejar faltas de CC y puede dar lugar a apagones. De esta manera, la topología preferida para IA es híbrida, a pesar de que los IA mecánicos también se han venido utilizando.

Como conclusión se puede decir que la transición de sistemas multiterminales LCC a VSC requerirá definitivamente de la implantación de IA en los lados de CC para prevenir los apagones durante las situaciones de falta, así como para cumplimentar las especificaciones de protección de la red. Las diferentes topologías de IA de HVDC se elegirán en función de las características de los sistemas en particular, ya que todas las topologías disponibles ofrecen ventajas y desventajas. Por tanto, es necesaria una mayor investigación, desarrollo e innovación para mejorar las soluciones que presentan los IA actuales frente a faltas de CC.

Agradecimientos

Los autores agradecen la ayuda del Ministerio de Economía, Industria y Competitividad de España (proyecto ENE2016-79145-R AEI/FEDER, UE), del Gobierno Vasco (grupo de investigación GISEL IT1191-19), y de la Universidad del País Vasco UPV/EHU (financiación del grupo de investigación GIU18/181).

Bibliografía

M. Bucher, C. Franck, "Contribution of Fault Current Sources in Multiterminal HVDC Cable Networks",

IEEE Transactions on Power Delivery, No. 28, Vol. 3, 2013, pp. 1796-1803.

M. K. Bucher, C. M. Franck, "Fault Current Interruption in Multiterminal HVDC Networks," IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 31, (1), pp. 87-95, 2016.

G. Buigues, V. Valverde, A. Etxegarai, P. Eguía, E. Torres, "Present and future multiterminal HVDC systems: current status and forthcoming developments", en ICREPQ'17 Malaga, 2017.

"C-EPRI participates in the world's first dc circuit breaker project", May 2016. Accesible: http://www.cepri.com.cn/release/details_66_759.html

CIGRÉ WG B4.52, "HVDC Grid Feasibility Study", Cigré, 2013.

CIGRÉ WG B4.56 "Guidelines for the preparation of connection agreements or grid codes for multiterminal DC schemes and DC grids", 2016.

(CIGRE, 2017)CIGRÉ WG A3/B4.34, "Technical requirements and specifications of state-of-the-art HVDC switching equipment", 2017.

G. Chaffey, T. Green, "Reduced DC circuit breaker requirement on mixed converter HVDC networks", en IEEE PowerTech, Eindhoven, 2015.

J. Descloux et al, "HVDC Meshed Grid: Control and Protection of a Multi-terminal HVDC System," CIGRÉ Session Paris (Paper B4-308), pp. 10, 2012. Accesible: https://e-cigre.org/publication/B4-308_2012-hvdc-meshed-grid-control-and-protection-of-a-multi-terminal-hvdc-system.

J. Häfner, B. Jacobson, "Proactive Hybrid HVDC Breakers-A key innovation for reliable HVDC grids", Bologna, CIGRÉ Symposium, 2011.

M. Häusler, "Multiterminal HVDC for High Power Transmission in Europe", en CEPEX99, Poznan Poland, 1999.

M. Heidemann et al, "A systematic study on fault currents in multiterminal HVDC grids," in Cigré - Lund Symposium, Lund, Sweden, 2015, Accesible: <http://publications.rwth-aachen.de/record/478751>.

D. Jovcic, G. Tang, H. Pang, "Adopting Circuit Breakers for High-Voltage dc Networks: Appropriating the Vast Advantages of dc Transmission Grids," IEEE Power and Energy Magazine, vol. 17, (3), pp. 82-93, 2019. DOI: 10.1109/MPE.2019.2897408.

S. Le Blond et al, "Design of protection schemes for multi-terminal HVDC systems," Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 56, pp. 965-974, 2016.

R. Li, L. Xu, "Review of DC fault protection for HVDC grids," vol. 7, (2), 2018. DOI: 10.1002/wene.278.

W. Leterme, D. Van Hertem, "Classification of Fault Clearing Strategies for HVDC Grids" Cigré, Lund, 2015.

W. Leterme et al, "Designing for High-Voltage dc Grid Protection: Fault Clearing Strategies and Protection Algorithms," IEEE Power and Energy Magazine, vol. 17, (3), pp. 73-81, 2019.

H. Rao, "Architecture of Nan'ao multi-terminal VSC-HVDC system and its multi-functional control", CSEE Journal of Power and Energy Systems, vol. 1, pp. 9-18, 2015.

G. Tang, G. Wang, et al., "Research on Key Technology and Equipment for Zhangbei 500 kV DC Grid", High Voltage Engineering, 2018, Vol. 44, Issue 7, pp. 2097-2106.

Z. Zhang, X. Li, et al. "Research and Development of 160 kV Ultra-Fast Mechanical HVDC Circuit Breaker", Dianwang Jishu/Power System Technology, vol. 41, Aug. 2017, pp 2417-2422.

Servicio de Reclutamiento y Selección de Ingenieros

El ingeniero que buscas está aquí

¿QUÉ TE OFRECEMOS?

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



Más información:
www.proempleoingenieros.es
cogiti@cogiti.es
91 554 18 06



COGITI
Consejo General de Graduados en
Ingeniería rama industrial e Ingenieros
Técnicos Industriales de España



proempleo
ingenieros.es

Congreso UP 20+20: Profesiones unidas por un mundo en cambio

Los pasados días 5 y 6 de marzo se celebraba en Madrid el Congreso UP 20+20, en el marco del 40 Aniversario de Unión Profesional, la asociación estatal que agrupa a las profesiones colegiadas españolas, y a cerca de millón y medio de profesionales liberales.

El Congreso reunió a más de 300 profesionales y destacadas personalidades de diversos ámbitos: institucional, político, académico, científico, laboral, y social. El Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España (COGITI), que forma parte de Unión Profesional, participó desde el primer momento en la organización y promoción del Congreso, pues su presidente, José Antonio Galdón Ruiz, ha sido miembro del Comité Organizador del mismo.

El Congreso fue inaugurado por la ministra de Trabajo y Economía, Yolanda Díaz, que manifestó ser «una gran defensora de la cualidad de la organización de todas y cada una de nuestras profesiones», en referencia a los colegios profesionales, así como a su función deontológica. «Pocas manifestaciones tienen un valor simbólico tan importante como un código deontológico, que atañe al desarrollo de nuestras profesiones, pero es, sobre todo, un salvoconducto para la sociedad; un contrato con la ciudadanía que pone en primera línea el necesario criterio de la ética profesional, porque los colegios profesionales son más que un repositorio de normas», afirmó.

La ministra felicitó a las profesiones colegiadas por abordar en este Congreso la «necesaria adaptación de los colegios profesionales a los cambios tecnológicos y digitales, que estamos viviendo», al mismo tiempo que señalaba que «los colegios profesionales son una garantía en la mejora de la calidad de las prestaciones y los servicios que nos ofrecen: reglan y favorecen las condiciones en las que las colegiadas y los colegiados desempeñamos nuestras profesiones».

En línea con la promoción del trabajo decente, digno y de calidad, que el Congreso UP 20+20 abordó en su segundo día, la ministra de Trabajo y Economía Social destacó cómo la precariedad afecta a una parte importante de las profesiones colegiadas. «Desde nuestra responsabilidad, entendemos que actuar sobre la calidad del trabajo es también actuar sobre el buen desempeño profesional».



José Antonio Galdón, presidente del COGITI, recibe el reconocimiento, entregado por Wolters Kluwer, una de las empresas patrocinadoras del evento.

Por su parte, Victoria Ortega, presidenta de Unión Profesional, recordó que el Congreso UP 20+20 tenía la vocación de «escuchar activamente a la sociedad, así como estudiar y debatir el papel de las profesiones tanto en el presente como en el futuro». Este foro también buscaba «otorgar mayor visibilidad a las profesiones como categoría social y trasladar la importancia de la deontología como garantía para la ciudadanía».

Por último, Arno Metzler, presidente del Grupo III del Comité Económico y Social Europeo, enfatizó en la labor de las profesiones en tiempos de crisis, especialmente necesarias por su conocimiento técnico: «Somos profesiones y es nuestro deber reforzar las relaciones de confianza con la ciudadanía, de ahí la importancia de este encuentro».

Tras el acto inaugural, se desarrolló la mesa de debate «**Concepto de profesión/profesión liberal**», en la que participaron Vicente Magro, Magistrado del Tribunal Supremo; Lourdes Moreno, profesora titular de Derecho Mercantil de la Universidad de Extremadura; y Erika Torregrosa, directora de Gabinete de la

Secretaría de Estado de Migraciones del Ministerio de Inclusión, Seguridad Social y Migraciones. Gaetano Stella, presidente del Consejo Europeo de las Profesiones Liberales (CEPLIS), no pudo asistir finalmente al Congreso, pero dejó un mensaje que el público asistente pudo escuchar a través de un video. La moderadora fue Cristina Sancho, presidenta de la Fundación Wolters Kluwer.

A continuación tuvo lugar otra mesa de diálogo, esta vez centrada en «**Ética e Inteligencia Artificial**», moderada por el periodista Pedro del Rosal. La mesa contó con las intervenciones de Marta García Aller, periodista y autora del libro «El fin del mundo tal y como lo conocemos»; Fernando Broncano, catedrático de Filosofía de la Ciencia en la Universidad Carlos III; y Ofelia Tejerina, presidenta de la Asociación de Internautas.

Por la tarde, el Bloque III contó con un interesante diálogo entre Ana Pastor, vicepresidenta segunda del Congreso de los Diputados, y Victoria Ortega, presidenta de Unión Profesional, sobre la **colaboración entre las organizaciones colegiales y las Administraciones Pú-**

blicas. Posteriormente, se dio paso a la mesa de debate, con Isabel Tajahuerce, delegada del Rector para Igualdad de la Universidad Complutense de Madrid; Alicia Torrego, directora de la Fundación CONAMA; y Josefina Gómez Mendoza, catedrática emérita de Geografía de la Universidad Autónoma de Madrid. La mesa estuvo moderada por la periodista Ana Samboal.

Por último, se contó con una mesa donde se dialogó acerca del mundo audiovisual y su relación con las profesiones, y en la que participaron Concepción Cascajosa, profesora titular en el Departamento de Periodismo y Comunicación Audiovisual de la Universidad Carlos III de Madrid; Sara Antuña, guionista de cine y televisión; Curro Royo, guionista de cine y televisión, y Virginia Yagüe, novelista y guionista de cine y televisión.

La segunda jornada comenzó con una mesa sobre **“Futuro del profesional”**, que estuvo precedida por la ponencia de Anthony Gooch, director de Asuntos Públicos y Comunicación de OCDE. Por su parte, la mesa de debate estuvo formada por Pepe Álvarez, secretario general de UGT; Lorenzo Amor, presidente de ATA (Asociación de Trabajadores Autónomos); José Carlos Gómez, presidente CRUE Universidades Españolas; y María Luz Rodríguez, experta de los 100 de CO-TEC. La periodista Gloria Lomana fue la encargada de moderar la mesa de debate.

El siguiente bloque estuvo centrado en la relación entre **“Agenda 2030 y las profesiones”**, que comenzó con la ponencia de Eric Thiry, presidente de la Unión Mundial de Profesiones Liberales (UMPL). La mesa contó con las intervenciones de Ángel Pes, presidente del Pacto Mundial; Edelmira Campos, responsable de Relaciones Externas de la Oficina de ACNUR en España; Ignacio Uriarte, director de planificación, coordinación, seguimiento y evaluación de la Secretaría General Iberoamericana (SEGIB). La mesa estuvo moderada por Víctor Viñuales, cofundador y directora de ECODES.

La clausura del Congreso estuvo a cargo de la ministra de Educación y FP, Isabel Celaá. En su intervención abordó la importancia del papel del sistema educativo en las profesiones, así como la necesidad de revisar el rol del mismo, dados los constantes cambios de nuestra sociedad, donde destacan las necesidades educativas y formativas de los que serán los profesionales del futuro. «Hemos de prepararnos para el mun-



Las Corporaciones colegiales fueron homenajeadas por Unión Profesional, en el marco del Congreso UP 20+20.

do que viene; un mundo que no genere exclusión», destacó la ministra antes de referirse al “mañana que nos espera” y que obligatoriamente pasa por la cuarta revolución industrial, que supone la implicación de todos los actores sociales.

Para ello, Celaá apostó en su discurso por un poder cognitivo y por la inteligencia emocional como herramientas de empoderamiento para la ciudadanía, con el fin de entender ese mundo, “interrogarlo y pensarlo”. «La sociedad demanda un sistema educativo más moderno y contemporáneo. Mucho más centrado en las competencias necesarias para responder mejor a los múltiples desafíos. Queremos hacer posible, entre todos, una educación de calidad que supere la brecha de género y el resto de desigualdades: No se entienden las profesiones sin equidad de género».

Victoria Ortega, presidenta de Unión Profesional, por su parte, señaló los retos que a las profesiones les quedan todavía por delante: «Consolidar el espacio profesional, así como el desarrollo profesional continuo y la validación periódica de la colegiación; obtener una interlocución reglada con los poderes públicos, incrementar las relaciones internacionales y contribuir a la igualdad de género».

En la clausura intervino también el consejero de Justicia de la Comunidad de Madrid, Enrique López, que señaló en su intervención que Unión Profesional «es la auténtica voz de las profesiones», tras felicitar a la institución «por sus cuatro décadas de vida».

Por su parte, Eric Thiry, presidente de la Unión Mundial de Profesiones Liberales (UMPL), destacó el compromiso de todas las profesiones con la Agenda 2030, haciendo hincapié en que la consecución de todos los Objetivos de Desarrollo Sostenible han de ser posibles:

«Su transversalidad es inherente a la naturaleza de las profesiones liberales».

Reconocimiento a las profesiones por buenas prácticas

En el marco del Congreso UP 20+20, se entregaron, el pasado 6 de marzo, los Reconocimientos de Buenas Prácticas a los miembros de UP (34 corporaciones colegiales), en cinco categorías diferentes: Ética y Deontología, Derechos Humanos, Medio Ambiente, Innovación y Formación. De este modo, los Consejos Generales, Superiores y los Colegios de ámbito nacional, que se agrupan en Unión Profesional, recibieron merecidos reconocimientos a las buenas prácticas llevadas a cabo durante los últimos años.

Este es el motivo por el que Unión Profesional decidió reconocer este esfuerzo, a través de una ilustración firmada por José Manuel Esteban, un referente para las profesiones colegiadas, que fueron entregadas por los patrocinadores del evento.

El **Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España (COGITI)** ha sido reconocido en la categoría de Formación, “por el espíritu de actualización continua de los conocimientos necesarios que se ofrecen a los profesionales”; en especial, por el sistema de Acreditación DPC (Desarrollo Profesional Continuo) Ingenieros (www.acreditacioncogitidpc.es), implantado en 2012, y que a su vez ha obtenido el Sello UP de Homologación del Desarrollo Profesional Continuo (DPC). Se trata de un marco común de los colegios profesionales diseñado por Unión Profesional con el objetivo de ofrecer una garantía de calidad. **José Antonio Galdón Ruiz, presidente del COGITI**, recogió dicho reconocimiento de manos de una responsable de la empresa Wolters Kluwer.

Proyecto formativo para el desarrollo sostenible de infraestructuras de Alta Tensión

El Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España (COGITI) ha puesto en marcha un proyecto formativo enfocado a proporcionar formación en un nuevo modelo de ética ambiental, y un empleo de calidad a los profesionales, en el sector de las energías renovables.

De este modo, el COGITI lleva a cabo una serie de acciones formativas, sin coste alguno para los destinatarios, cofinanciadas por el Fondo Social Europeo (FSE), a través del Programa empleaverde de la Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MTERD), con el fin de que puedan conseguir formación y un empleo de calidad.

El Plan de actuación, dirigido al desarrollo profesional en materia de infraestructuras de Alta Tensión, está constituido por diversos bloques o acciones. La primera acción formativa online consiste en un primer módulo, de 100 horas de duración, sobre Diseño e inspección de líneas eléctricas de Alta Tensión según el Reglamento R.D. 223/2008; y un segundo módulo, de 30 horas de duración, sobre Medidas para la protección de la avifauna contra colisión y electrocución en líneas eléctricas de A.T. R.D. 1432/2008, del 29 de agosto.

El proyecto también contempla formación teórico-práctica sobre tendidos eléctricos y sinergias con los cuerpos de seguridad en materia de preservación del medio natural mediante visitas de acompañamiento, y una jornada técnica en el laboratorio I + D + i de un fabricante de material eléctrico de Alta Tensión, con el objetivo de conocer los diferentes tipos de apoyos, alternativas, aspectos técnicos

y medios de eficacia demostrada para la salvaguarda de la avifauna y su entorno minimizando la colisión y electrocución de aves, principalmente.

Colectivos prioritarios

El programa, como acción gratuita cofinanciada por el FSE, está dirigido a una serie de colectivos prioritarios, para los que supone una buena oportunidad: mujeres, jóvenes de hasta 35 años, mayores de 45 años, inmigrantes, personas con discapacidad y residentes en áreas protegidas y/o zonas rurales. Esta iniciativa se lleva a cabo en las comunidades autónomas de Andalucía, Canarias, Castilla-La Mancha, Extremadura, y Región de Murcia.

Se trata de la segunda vez que el COGITI participa en una iniciativa del Programa empleaverde. En 2018, la institución fue una de las 62 organizaciones beneficiarias para participar en un proyecto que tenía como objetivo lograr que el medio ambiente y la sostenibilidad fueran las bases para crear mejores empleos y empresas más competitivas.

En esa ocasión, el COGITI ofreció formación orientada hacia el empleo verde mediante la adquisición de conocimientos a través de un sistema de cursos online (www.cogitiformacion.es), con una duración total de 100 horas de formación. Los cursos incluidos en dicho programa formativo, que resultaron todo un éxito,



fueron los siguientes: Cálculo de la Huella de Carbono Corporativa, Instalaciones solares fotovoltaicas, Instalaciones aisladas de energías, y Cálculo y diseño de instalaciones de energía geotérmica.

Los empleos verdes, relacionados con el sector ambiental, están entre los que más crecen de la economía europea, y son una oportunidad para mejorar la competitividad de Europa en el mundo, garantizar el bienestar de las generaciones futuras, y apoyar el empleo sostenible y de calidad. En esta ocasión, el proyecto se centra en formar profesionalmente en un nuevo modelo de ética ambiental y sostenibilidad acorde a los tiempos actuales potenciando su empleabilidad y desarrollando su trayectoria profesional.

La Fundación Técnica Industrial firma un convenio de colaboración con ASEPA

La Fundación Técnica Industrial (FTI) y la Asociación Española de Profesionales de Automoción (ASEPA) han firmado un Acuerdo de colaboración, en base al interés que comparten ambas instituciones por establecer cooperaciones en las actividades formativas, divulgativas y culturales propias de las dos instituciones, promoviendo a nivel de individuos y de grupos las sinergias y trabajos en equipo en las áreas de interés mutuo.

De este modo, los boletines informativos, cursos, actividades y eventos de cada institución serán distribuidos también a los socios de la otra institución, por si pudieran ser de su interés, en las mismas condiciones de acceso. Las dos instituciones acuerdan invitarse mutuamente a las actividades que organice cada una de ellas, como jornadas, conferencias, mesas redondas, foros de trabajo, actividades sociales, encuen-

tros y otras reuniones profesionales, así como organizarlas conjuntamente si se considerara conveniente.

Los miembros de FTI podrán participar en las Comisiones Técnicas abiertas por ASEPA para sus socios y, de igual forma, FTI invitará a ASEPA para que sus socios puedan participar en sus iniciativas de este mismo tipo o similares. Más información: www.fundaciontindustrial.es.

COGITI firma sendos convenios de colaboración con Schneider Electric España y Emesa



Héctor Barbero, Rosalía Gonzalo y José Antonio Galdón (de izda. a dcha.), tras la firma del convenio con Emesa.

El presidente del Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España (COGITI), José Antonio Galdón Ruiz, y el vicepresidente de Desarrollo Estratégico y Relaciones Institucionales de **Schneider Electric España**, José Emilio Serra de Fortuny, han firmado un convenio de colaboración, por el que el COGITI pone a disposición de dicha empresa, especialista global en gestión de la energía y automatización, los cursos técnicos especializados, mediante la modalidad de teleformación, de su Plataforma de formación e-learning

(www.cogitifformacion.es); en condiciones preferentes para los empleados y directivos de la compañía. A su vez, Schneider Electric pone también a disposición del COGITI su plataforma de formación.

El acuerdo comprende, además, actuaciones en materia de empleo a través del portal digital Proempleoingenieros (www.proempleoingenieros.es) y el sistema de Acreditación DPC Ingenieros (www.acreditacioncogitidpc.es). COGITI pone a disposición de Schneider Electric España ambas herramientas di-

rigidas a la empleabilidad y al desarrollo profesional de los Ingenieros Técnicos Industriales y Graduados en Ingeniería de la rama industrial. El acuerdo entre ambas entidades refuerza el objetivo de Schneider Electric España de reclutar talento y contribuir al desarrollo profesional de todos sus trabajadores, así como el esfuerzo de COGITI por contribuir, con sus herramientas competitivas, a la excelencia de los profesionales.

Por otra parte, **Emesa** también unirá sinergias con COGITI para el desarrollo profesional de sus empleados. El COGITI y el Colegio de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid (COGITIM) han firmado un convenio con la empresa dedicada a la conservación, mantenimiento y explotación de la M-30 madrileña, en materia de formación y empleo. El convenio ha sido firmado en las oficinas de Emesa por su director gerente, Héctor Barbero, y por el presidente del COGITI, José Antonio Galdón Ruiz. En la rúbrica ha estado también Rosalía Gonzalo López, consejera delegada de Madrid Calle 30. Noticia en web Cogiti.

Más de mil ingenieros formados en metodología BIM a través del COGITI

El Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España (COGITI) ha llevado a cabo la formación de más de mil ingenieros en metodología BIM (Building Information Modeling o Modelado de Información en Construcción), en el marco del programa de ayudas concedidas por el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, antiguo Ministerio de Fomento, para financiar actividades formativas en dicha metodología, aplicada a la contratación y licitación de obras públicas. La formación ha sido totalmente gratuita para los destinatarios.

El objetivo es fomentar el uso de la metodología BIM en el ámbito de la contratación pública a través de acciones formativas para los profesionales del sector, impartidas por las organizaciones colegiales, como organismos idóneos para garantizar su coordinación y extensión a todo el territorio nacional.

El "Programa Formativo para el Fomento de la Metodología BIM", por parte del COGITI, se basaba en el formato de TV Educativa, y se ha impartido desde la Plataforma de formación e-learning del COGITI (www.cogitifformacion.es).

B Sabadell
Professional

Elena Moral Grande

Directora de ejecución de proyectos de Talgo

“Ojalá no haya que separar los premios por género en un futuro cercano”

Mónica Ramírez

Su curiosidad, creatividad e interés por las asignaturas técnicas la llevaron a estudiar Ingeniería Industrial, con la especialidad de Mecánica, en la Universidad de Valladolid, y más tarde, también, Ingeniería en Automática y Electrónica, en la Universidad Politécnica de Madrid. Ahora, gracias a su trabajo y tesón, Elena Moral Grande, nacida en Navas del Marqués (Ávila), ocupa un puesto directivo en Patentes Talgo S.A., como directora de ejecución de proyectos. Pero eso no es todo, en 2019 fue distinguida con el premio WICE 2019 (Women in Construction and Engineering), a la Mujer Ingeniera Ferroviaria Europea. Además, recientemente ha sido galardonada con uno de los reconocimientos “Haciendo Historia”, con los que la Comunidad de Madrid ha reconocido a 7 mujeres que desarrollan su trabajo en espacios tradicionalmente masculinos, con motivo del Día Internacional de la Mujer.

También ha sido una de las ingenieras elegidas para participar en el proyecto “Mujeres ingenieras de éxito y su impacto en el desarrollo industrial”, el programa que ha puesto 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 “Mujeres ingenieras de éxito”. La muestra hace un recorrido por el pasado y el presente, dando visibilidad a mujeres pioneras que hicieron grandes logros en el pasado, y a mujeres contemporáneas que están en activo, y que son referentes actuales ante la sociedad.

¿Qué le llevó a cursar estudios de Ingeniería Mecánica?

Desde que era muy pequeña, hasta el bachillerato, fueron las asignaturas técnicas, como las matemáticas, la física o la química, las que despertaban en mí mayor interés. Considero que tuve profesores excepcionales en estas materias y,



Elena Moral Grande.

“Siempre tuve un lado creativo que me llevaba en todo momento a estar diseñando o construyendo cosas”

sin duda, influyeron significativamente en que me gustasen estas asignaturas. Además, siempre tuve un lado creativo que me llevaba a estar siempre diseñando o construyendo cosas. Por eso me decidí a estudiar Ingeniería Industrial, donde me especialicé en Mecánica. Posteriormente, ya trabajando, necesité ampliar mi conocimiento de electrónica, lo que me llevó de nuevo a la universidad a cursar el segundo ciclo de Ingeniería en Automática y Electrónica.

¿Cómo llegó a su trabajo actual?

Nada más terminar la carrera comencé a trabajar en Talgo, donde he desarrollado

toda mi carrera profesional. He trabajado en diferentes áreas de la compañía. Comencé como ingeniera de “Puesta en Servicio”, llevando a cabo las pruebas para la certificación de nuestro primer tren de alta velocidad, el conocido coloquialmente como ‘el pato’, por su forma exterior. Después, cuando estos trenes entraron en servicio comercial, pasé al área de Mantenimiento, liderando el departamento de Ingeniería para los trenes de alta velocidad hasta 2011. En ese año, tras estudiar un MBA, quise poder combinar mis conocimientos técnicos con la gestión y pasé a la Dirección de Proyectos, trabajando desde 2012 en el proyecto de alta velocidad Haramain para Arabia Saudí. A principios del 2019 fui promocionada y pasé a ocupar mi puesto actual como Directora de Ejecución de Proyectos. Este camino me ha permitido conocer diferentes áreas dentro de la compañía y trabajar siempre en proyectos interesantes, tec-

nológicamente retadores y dentro de un sector que es apasionante.

¿Qué responsabilidades desempeña?

De forma general, como responsable del portafolio de proyectos trabajo para asegurar que el conjunto de los proyectos que tenemos contratados se ejecuta correctamente en términos de calidad, plazos y costes, asegurando la satisfacción del cliente y contribuyendo a alcanzar el beneficio y los márgenes económicos esperados.

“De todos los proyectos que he llevado a cabo, destacaría el de alta velocidad Haramain en Arabia Saudí, adjudicado en 2011”

En mi día a día gestiono las prioridades entre los diferentes proyectos garantizando siempre la alineación con la estrategia global de la compañía. Aseguro que cada proyecto cuenta con los equipos de dirección adecuados y realizo la coordinación con las áreas funcionales involucradas (ingeniería, compras, fabricación,...), para asegurar que se distribuyen adecuadamente los recursos y medios entre los distintos proyectos, de forma que se pueden ejecutar de forma adecuada para que cada uno alcance sus objetivos.

Trabajo para buscar el establecimiento de sinergias entre los diferentes proyectos y busco la mejora incremental en el desempeño, tanto desde el punto de vista técnico en el desarrollo de los diferentes productos, de los trenes, como desde el punto de vista de la organización y gestión del proyecto.

Y por supuesto, trato de apoyar siempre de forma cercana a los equipos para la resolución de los problemas y dificultades que aparecen cada día en cada proyecto.

De todos los proyectos que ha llevado a cabo, ¿cuáles destacaría?

Considero que todos los proyectos son importantes por un motivo u otro, pero reconozco que hay proyectos que dejan una marca en tu carrera. En mi caso, ha dejado una huella indudable el proyecto con el que comencé a trabajar en el sector, el primer tren de alta velocidad de Talgo, denominado Talgo 350 (la se-

rie comercial S102 de RENFE). En este caso yo no lo dirigía, pero es el proyecto con el que comencé a aprender sobre el mundo de los trenes y el sector del ferrocarril y, sin duda, sentó en mí una base sólida de conocimiento técnico que ha sido imprescindible en mi carrera.

Y después, posteriormente, ya sí en una posición de dirección, el proyecto de alta velocidad Haramain en Arabia Saudí. Este proyecto, adjudicado en 2011 al Consorcio español Al-Shoula (formado por 12 empresas españolas y 2 saudíes), constituye el mayor contrato conseguido por un consorcio español a nivel internacional y uno de los proyectos más complejos en la industria ferroviaria en su historia, teniendo que construir el primer tren de alta velocidad del mundo que circula en condiciones desérticas.

El enorme reto técnico que suponían las condiciones extremas de temperatura, polvo y arena, nos ha llevado a un proceso extraordinario de innovación en nuestra industria y a la inclusión de multitud de soluciones, que han conformado lo que nosotros hemos llamado el ‘pack del desierto’. Y hoy, con más de 2,5 millones de kilómetros recorridos y operando desde el mes de octubre de 2018, podemos decir que estuvimos a la altura del reto, ya que estamos teniendo muy buenos resultados.

Además de los retos técnicos, el proyecto ha tenido una gran complejidad en la gestión, al deber alinear y coordinar los objetivos de las 12 empresas españolas y las 2 saudíes que formamos el Consorcio. Y por último, el reto de trabajar con una cultura y unos estándares diferentes a los nuestros, y que también hemos debido afrontar.

Proyectos como este, sin duda, hacen crecer a las organizaciones y, por supuesto, transforman a las personas que trabajan en ellos. Yo no soy la misma persona ni la misma profesional que cuando comenzamos. Para mí, ha representado un gran regalo trabajar en él, y siempre estaré agradecida por la confianza que depositaron en mí para llevarlo a cabo.

Entre sus principales logros, destacamos el Premio a la Mujer Ingeniera Ferroviaria Europea de 2019. ¿Qué supuso este premio para usted?

Estos premios, denominados WICE (*Women in Construction and Engineering*), tienen como objetivo final hacer más

atractivos para las mujeres los sectores asociados a la ingeniería y construcción, para hacer frente a las cifras actuales que indican que, por ejemplo, en España solo el 18% de los profesionales de la ingeniería son mujeres (9% en el Reino Unido, 26% en Suecia o 20% en Italia). Además, pretenden crear modelos para niñas y jóvenes, de forma que las mujeres puedan considerar desarrollar una carrera en estos sectores; además de animar a las compañías a contratar y formar más mujeres en estas industrias.

Los premios están diseñados para encontrar a las mujeres más ejemplares dentro de la ingeniería y la construcción en toda Europa, y para reconocer el apoyo y la contribución que hacen a sus industrias. En este sentido, este premio es muy importante para mí, puesto que es un reconocimiento a toda mi carrera profesional, más de 17 años ligados siempre al desarrollo de la alta velocidad ferroviaria.

Ojalá no haya que separar los premios por género en un futuro cercano, porque considero que lo más importante para un profesional es su conocimiento y los resultados que obtiene, y esto no es una cuestión de género. De todos modos, los datos actuales son muy lejanos a una situación de igualdad y debemos trabajar de forma activa para mejorarlos.

“El Premio a la Mujer Ingeniera Ferroviaria Europea 2019 es un reconocimiento a toda mi carrera profesional”

¿Y cómo se podría mejorar esta situación?

Desde mi punto de vista, debemos actuar en tres ejes. En primer lugar, sobre nosotras mismas. Las mujeres debemos trabajar en mejorar la confianza que tenemos en nosotras mismas, y en la defensa de nuestras capacidades. Hay un estudio de hace unos años de McKinsey que demuestra que cuando se abre un proceso de selección o una nueva oportunidad en una empresa, muchos hombres que se postulan cumplen solo con el 50-60% de los requisitos del puesto. Las mujeres, sin embargo, deciden presentarse cuando cumplen el 100% en la mayoría de los casos. Esto pone de manifiesto que, incluso cuando las mujeres cuentan con

una alta cualificación, se muestran más inseguras que los hombres.

En segundo lugar, en el seno de las empresas. Por lo explicado en el punto anterior, cuando las empresas buscan talento, deben contar con mecanismos capaces de identificar a estas mujeres. Debemos ser conscientes de que las mujeres destacan en capacidades como la comunicación interpersonal, la escucha activa, la empatía, el pensamiento horizontal, la priorización,... Y existen estudios que reflejan que los equipos de trabajo diversos que cuentan con hombres y mujeres poseen una mejor comunicación y eficiencia, lo que redundará en un mejor rendimiento y un mayor beneficio.

Tercero, a través de políticas públicas que permitan mejorar el equilibrio entre la vida profesional y la vida personal, para todos, para hombre y para mujeres, de forma que el trabajo en casa pueda equipararse y compartirse también.

Así pues, y a la vista de los datos y la situación de infrarrepresentación que tenemos las mujeres en el sector de la ingeniería, premios o iniciativas como ésta ayudan a hacer más visible nuestro trabajo. La ingeniería es fascinante, así que debemos contribuir a que las mujeres participen y disfruten de la gran variedad de posibilidades que ofrece.

¿Qué es lo que más le gusta de su profesión y de su trabajo, en concreto?

Sin duda lo que más me gusta es el carácter multidisciplinar que tiene, la evolución permanente que nos hace estar siempre aprendiendo y mejorando, y el impacto que puede conseguir. En mi trabajo y en el sector tenemos por delante una serie de retos como la digitalización de la sociedad y el cambio climático, que hace que los fabricantes y operadores estemos dando cada vez más importancia a factores como la sostenibilidad del transporte y la necesidad de hacer eficiente la movilidad. Afrontar estos retos, que considero oportunidades, me parece apasionante.

¿Y lo que le resulta más complicado?

En el día a día, en cualquier posición de gestión, diría que siempre lo más complicado son las personas. Sacar lo mejor de cada uno, conseguir que los equipos trabajen enfocados y felices, es una tarea siempre compleja, pero diría que es la parte que mayor satisfacción genera también.

“Es paradójico ver cómo tenemos datos de empleos que no se cubren en el sector tecnológico por falta de cualificación”

¿Qué les diría a las alumnas de Educación Secundaria para animarlas a estudiar y dedicarse profesionalmente a la ingeniería?

Creo que debemos mostrarles lo que hacemos los ingenieros en nuestro día a día, y cómo nuestro trabajo contribuye de forma muy importante a que nuestro mundo y nuestra sociedad avance, tanto en términos económicos como buscando la mejora del nivel y la calidad de vida de todos nosotros.

Tenemos un gran problema y es el desconocimiento que la sociedad en general tiene de nuestra profesión, haciéndose más palpable todavía en los niños y los jóvenes. Por ello, debemos trabajar en visibilizar lo que hacemos, en explicarlo, porque es imposible para cualquiera, querer aquello que no se conoce.

Adicionalmente, debemos darles a conocer que hay muchas mujeres desempeñando trabajos en el ámbito de la ingeniería y la ciencia con muchísima repercusión. Deben existir referentes y modelos femeninos para las niñas. Nuestra profesión está muy estereotipada y tenemos que comenzar a cambiar esta percepción.

Y yendo a buscar un punto más pragmático, debemos mostrarles que la evolución o revolución tecnológica en la que estamos inmersos va a demandar muchísimos profesionales en los sectores tecnológicos (inteligencia artificial, interacción entre personas y máquinas, digitalización,...), para los que se requiere formación en materias como las matemáticas, la física o la ingeniería (las llamadas STEM). Por ello, tiene sentido no quedarse fuera de aquello que va perfilando el futuro.

¿Cuál piensa que es el motivo de la falta de vocaciones técnicas?

Es paradójico ver cómo tenemos ya datos de empleos en el sector tecnológico en España que no se cubren por falta de cualificación, y cómo en un futuro próximo este sector generará una can-

tidad muy elevada de los mismos y, sin embargo, desciende de forma brusca la matriculación en carreras STEM. Según datos del Ministerio de Educación que he leído recientemente, tenemos un descenso del 28% en los jóvenes que se decantan por estos estudios en los últimos años (26% en los chicos y 33% en las chicas).

No hay un único motivo y por eso la solución no es sencilla probablemente. Entiendo que influye la falta de conocimiento que comentaba antes sobre lo que es nuestro trabajo. Y también la percepción de dificultad que tienen estos estudios. Es cierto que las asignaturas que sirven de base, como puedan ser las matemáticas o la física, entrañan complejidad. Pero estoy convencida de que lo complejo, bien explicado, se comprende. Hablaba al principio de cómo influyeron en mí grandes profesores que tuve en mi infancia y durante el bachillerato. Su conocimiento y su entusiasmo sembraron en mí la curiosidad y el gusto por estas materias. Por ello, considero imprescindible que aseguremos que nuestros profesores están preparados para transmitir con solidez este tipo de conocimiento, y no se quedan atrás de la evolución brutal que existe hoy en día en todo lo asociado a la tecnología. Debemos conectar también la enseñanza con la empresa, para que desde edades tempranas se vea la aplicación práctica de todo lo que se aprende. Debemos hacerles ver el “para qué”, el “qué podemos conseguir”. Cuando vemos esto de verdad, la Ingeniería es fascinante.

¿Cuáles son sus próximos proyectos?

Actualmente mi objetivo es alcanzar el correcto desarrollo en los proyectos que estamos ejecutando en estos momentos. En la actualidad, estamos trabajando en proyectos para España, Alemania, Dinamarca, Uzbekistán, Egipto, Arabia Saudí y EEUU. Así mismo, quiero contribuir al crecimiento de Talgo, tanto en nuestra expansión internacional como en volumen de mercado y diversificación de nuestros productos.

En el momento actual y de forma decisiva en los próximos años, el crecimiento de las ciudades va a requerir que trabajemos en proporcionar medios de transporte más dinámicos y eficientes. Cualquier proyecto en este sentido despierta enormemente mi interés.

Engineidea, la plataforma participativa de la UAITIE

Engineidea.es es la plataforma de innovación abierta de la UAITIE que permite a las empresas, instituciones y administraciones públicas presentar desafíos asociados a la innovación y la sostenibilidad.



Imagen del llamamiento de *Engineidea* a toda la comunidad de ingenieros, web www.engineidea.es.

Los retos son planteados a la comunidad en línea de Ingenieros, quienes plantean propuestas, ideas y soluciones creativas, motivados por incentivos económicos y/o laborales. Esta plataforma basa su método de trabajo en el crowdsourcing, una fórmula de colaboración abierta participativa, que consiste en externalizar tareas y realizar proyectos a través de comunidades masivas profesionales.

Dada la situación excepcional de estado de alarma nacional y ante la crisis sanitaria que estamos viviendo, ocasionada por la expansión del virus COVID-19 (Coronavirus), desde la UAITIE se pone la plataforma de Engineidea.es al servicio de la sociedad para atajar esta crisis. A través de la plataforma de crowdsourcing de UAITIE, todos los Colegios y Asociaciones de ingeniería pueden liderar posibles iniciativas de los propios ingenieros y colegiados, y así encauzar la demanda que muchos compañeros de profesión están demandando. Engineidea es una plataforma seria y veraz que asegura la propiedad intelectual e industrial de las iniciativas de nuestros ingenieros, y así poder ayudarles a desarrollar sus proyectos y ponerlos al servicio de la sociedad con el rigor de nuestras instituciones.

Para hacer frente a este tremendo desafío humanitario, es indispensable

Es necesario que todos los ingenieros y empresas de ingeniería se unan a esta lucha que es de todos, al servicio de la sociedad

que colaboremos todos. Nuestro deber como ciudadanos e ingenieros es hacer todo lo que esté a nuestro alcance para sumar ingenio, conocimiento y tecnología, para poder crear medidas innovadoras, dispositivos o soluciones asequibles que ayuden a la sociedad a superar esta crisis de la forma menos perjudicial posible.

Es por ello que desde la UAITIE se adoptó la **medida especial de abrir a toda la sociedad la plataforma de crowdsourcing Engineidea**. Haciendo un llamamiento a toda la comunidad de **ingenieros sin importar especialidad, así como diseñadores, makers, científicos, físicos, químicos, médicos, doctores, enfermeros, especialistas** o, en definitiva, cualquier persona que pueda aportar conocimiento e inteligencia colectiva para poner soluciones a distintos problemas a los que se enfrenta la sociedad en este periodo de crisis.

RETOS EN MARCHA EN LA PLATAFORMA

Reto solidario en abierto: "Medidas técnicas para la lucha contra el COVID-19"

El presente reto tiene como objetivo principal aunar cuantas soluciones sean posibles para luchar contra el COVID-19, su prevención, propagación, cura y asistencia a enfermos a través de medidas técnicas:

- Mejoras, diseño y fabricación en protecciones de escudos: Primera barrera física de entrada ante el contagio.
- Mejoras, diseño y fabricación en mascarillas médicas, además de viables para los ciudadanos. Las hay de distintos tipos, FFP1, FFP2, FFP3, N95, N100.
- Mejoras, diseño, prototipado y fabricación de dispositivos y prototipos respiradores artificiales sanitarios. Apoyo a propuestas sanitarias industrializables y homologables a corto plazo.
- Diseño y creación de aplicaciones digitales colaborativas entre personas para suministro de bienes de necesidad o para acompañamiento a personas vulnerables y grupos de riesgo. Adaptaciones de las plataformas existentes a usuarios de bajo nivel tecnológico.
- Organización logística y sanitaria para la protección de trabajadores expuestos por necesidad de movilidad en sus puestos de trabajo: fábricas, transporte, reparto, obra, limpieza pública, etc.
- Organización logística colaborativa entre makers, proveedores, contactos médicos y técnicos para la fabricación de prototipos y dispositivos viables.

Los ingenieros desempeñamos una labor primordial en esta sociedad para proveer de servicios y soluciones técnicas a la ciudadanía. Es necesario que todos los ingenieros y empresas de ingeniería se unan a esta lucha que es de todos, y por ello **desde la UAITIE ponemos nuestra plataforma, www.engineidea.es, al servicio de la sociedad ¡Os necesitamos ingenieros!**

Rosalía Gonzalo López

Consejera delegada de Madrid Calle 30

“Existe una conciencia real de lograr ciudades más amables”

Mónica Ramírez

La innovación en el sector de la movilidad urbana, impulsada por el big data, la tecnología y el cambio en los hábitos del consumidor, induce a que, en la actualidad, las ciudades planifiquen la movilidad de una forma diferente. A pesar de que muchas de las iniciativas de movilidad tienen como objetivo aliviar el tráfico y reducir la congestión en las ciudades, todavía es un reto que no se ha logrado alcanzar.

En Madrid, no se concibe la movilidad de la ciudad sin la M-30. En 2007 se ponía fin a un proyecto de transformación urbana que supuso un esfuerzo excepcional para hacer frente a las deficiencias acumuladas a lo largo de tres décadas por una vía obsoleta, insegura y que no daba respuesta a los madrileños del siglo XXI.

Desde la finalización de dichos trabajos, un equipo cualificado de profesionales desarrolla su labor en la explotación de la actual Calle 30: ingenieros que analizan de forma continua las variables relacionadas con el estado de esta vía, proponiendo soluciones ante problemas actuales o futuros; personal del Centro de Control, que vigila y controla el equipamiento de los túneles; personal de mantenimiento y conservación, y personal de primera intervención, que presta las primeras ayudas a los usuarios que sufren una incidencia.

Rosalía Gonzalo López es la consejera delegada de Madrid Calle 30, y anteriormente fue consejera de Transportes, Infraestructura y Vivienda de la Comunidad de Madrid (2017-2019).

Desde el pasado mes de octubre es la consejera delegada de Madrid Calle 30, ¿cuál es su balance de estos primeros meses de gestión?

Es un balance positivo porque me he encontrado un capital humano muy importante en esta empresa. Hay unos profesionales que hacen posible que la



Rosalía Gonzalo López

utilización de la vía más transitada de la ciudad de Madrid sea muy eficiente. También hay que destacar la fórmula de gestión, ya que no es muy habitual en las administraciones, ni tampoco en el sector privado, la ambivalencia de las relaciones entre el socio privado y en este caso la Administración, como es el Ayuntamiento de Madrid. Tengo que recordar que a mí se me nombra por un Consejo de Administración, formado por un 20% de socio privado, que son ACS y Ferrovial, y un 80% de capital público, con la titularidad municipal. Por lo tanto, creo que son fórmulas de gestión a imitar, y muy relevantes, porque dan la flexibilidad y la capacidad de gestionar, en mi opinión, de forma más eficiente.

¿Cuál es el volumen de tráfico que soporta Calle 30 en un día normal, de diario?

Es un dato muy relevante. Tenemos cuantificado que hay un millón y medio de ve-

hículos que transitan por la circunvalación de la M-30, y son 500.000 los que circulan en túneles. Esto implica que, a lo largo del año, 650 millones de personas circulan por esta vía. Estamos hablando de un coeficiente de ocupación de 1,2 personas por vehículo. La intensidad media diaria de esos vehículos es de 260.000.

¿Cuáles son las incidencias más habituales que suelen producirse?

La casuística de los incidentes es elevada y muy diversa: accidentes por vuelcos, colisiones, averías, vertidos, pequeñas inundaciones, incendios, animales en la calzada, o desgraciadamente algún que otro suicidio.

En esta vía se trabaja de forma paralela y coordinada con el servicio que se da. No es habitual que cuando se está utilizando una vía las 24 horas del día, también se esté manteniendo dicha vía al mismo tiempo. El trabajo de coordinación de los trabajos de mantenimiento, es algo que dificulta, y tiene que ponerse un interés especial en tener que hacer esa coordinación. Es importante comentar que las incidencias se ven en directo y de forma muy acertada, porque se está trabajando en paralelo en el mantenimiento de la vía. A lo largo del año, en el anillo de la M-30 se producen cerca de 15.000 incidencias, y casi siempre son vehículos que se averían o alcances entre los mismos. Todo sigue un protocolo, los vehículos se retiran de la vía, pero el usuario tiene que conocer que antes, durante, y después de ese incidente, el servicio de mantenimiento de Calle 30 está ahí. Lo que está protocolizado es que en cualquier parte del túnel, con los equipos disponibles, estamos en torno a los 8 minutos (si es en túnel), o 15 minutos, si es en superficie, con respecto al tiempo estipulado para retirar ese vehículo.

¿Cómo se comprueba la efectividad de los protocolos de actuación establecidos para casos de accidentes graves?

Hace algunos meses se llevó a cabo un simulacro en la M-30. Junto con el director de Emergencias y Bomberos de la Comunidad de Madrid, se expuso un protocolo en el que se llevaba trabajando desde hacía meses. Yo pude ver la guinda final, pero son muchos meses de reuniones y de ver mejoras en los procedimientos. Lo que es importante destacar es que la vía es totalmente segura en términos absolutos. Lo que se modifica o se valora y se describe en los procedimientos y en los protocolos, relativo a todos aquellos servicios que pertenecen a la resolución de incidencias, es lo que realmente se trabaja, es decir, la coordinación, la colaboración, y la resolución del conflicto a la hora de la ejecución del protocolo.

Desde su puesta en marcha, en los años setenta, Calle 30 ha ido evolucionado en el tiempo, ¿existen en la actualidad nuevos proyectos para Madrid Calle 30?

Es imprescindible que haya nuevos proyectos, porque esto a lo que nos conduce es a que la vía siga siendo igualmente útil, y sobre todo que sea para lo que nació. Su origen, planificación y construcción es para que fuera, y así sigue siendo, la infraestructura, en mi opinión, más determinante y relevante para la movilidad de la ciudad. No entenderíamos el tráfico en Madrid sin la M-30, lo que hace que sea una responsabilidad añadida, y es una propuesta de objetivos, con este equipo de recursos humanos, y con la responsabilidad que se me ha otorgado por el Consejo de Administración, lo que tengo que liderar.

Los nuevos proyectos van a ir encaminados a la innovación tecnológica, proyectos hacia la coordinación, y son tan destacables como la renovación del centro de control que tenemos aquí, y que en los próximos meses podremos dar a conocer. El espíritu y su objetivo es que en Calle 30, que es la empresa que gestiona M-30, sigamos trabajando y liderando en materia de innovación, de crecimiento y de confort de la vía, por la que pasan 650 millones de viajeros cada año.

¿Cómo se estructura la plantilla de trabajadores de Madrid Calle 30?

Está formado por un equipo de trabajo con perfiles profesionales de alto nivel de formación y de diversa formación académica y universitaria. Tenemos una dirección de explotación dirigida por ingenieros de Caminos, que también forman parte de una dirección de estructuras. Por su parte, la dirección de mantenimiento de instalaciones está formada por ingenieros de la rama industrial, y hay un gerente que coordina todas las actuaciones técnicas, así como un departamento jurídico, y otro económico-financiero, que nos da la lectura y el soporte técnico y presupuestario para que todos los proyectos lleguen a término.

Y en cuanto a los ingenieros de la rama industrial, ¿qué funciones desempeñan principalmente?

Entre sus funciones, tienen que hacer una revisión diaria del cuadro de mando, así como un informe diario sobre el estado de los equipos, el plan de mantenimiento anual, y su supervisión. También hacen inspecciones reglamentarias, mantenimiento preventivo, y un análisis muy importante para este sector, como es el cultivo del talento y la capacidad organizativa, que es hacer un análisis pormenorizado de las averías que se repiten, y que son de especial relevancia en los equipos. Además, hacen reuniones con todos los fabricantes de equipos, porque así estamos muy al día de lo que hay en el mercado, y en el sector, y en qué líneas se está trabajando. Creo que el profesional, que tiene que poner encima de la mesa un proyecto con instalaciones para dar una viabilidad a un proyecto, siempre tiene que estar cerca de lo que se está produciendo en el sector. La formación tiene que ser permanente.

¿Qué funciones desempeñan principalmente?

Esta casa siempre va a estar abierta a que estos ingenieros puedan poner encima de la mesa proyectos y cultura de la profesión, talento y generosidad, en el sentido de la inmersión en el ámbito de la empresa privada. Su trabajo también consiste en hacer todos los informes y la redacción de los proyectos que se tienen que ejecutar en el año en curso, lógicamente con plazos bastante establecidos, así como auditorías energéticas, aprovechamiento energético del suelo, alumbrado y tecnología led. El método de trabajo lo tienen muy bien planteado, y lo ejecutan de forma muy satisfactoria.

Hace unos días se firmaba un convenio de colaboración en materia de formación y empleo entre COGITI-COGITIM y Emesa, la Empresa de Mantenimiento y Explotación de la M-30, para el desarrollo profesional de

sus trabajadores, ¿cómo valora este tipo de acuerdos?

Creo que nos estaríamos equivocando si aquellos que tenemos responsabilidades en el mantenimiento y en la conservación de una vía, y en la ejecución de un proyecto como es M-30, diéramos la espalda a toda aquella iniciativa que abre puertas. Por tanto, creo que es una excelente idea, y tuve la oportunidad de poder saludar al presidente del COGITI, al que agradecí reiteradamente su apuesta por colaborar con la empresa de mantenimiento Emesa. Creo que es un camino que el COGITI, como cantera de aquellos profesionales que tendrán que desarrollar su profesión en las infraestructuras, en este caso Calle 30, tiene a su disposición, y siempre valorando en positivo cualquier actuación que se haga al respecto.

El pasado mes de diciembre fue nombrada vicepresidenta de Madrid Subterra, la asociación público-privada que impulsa la exploración y explotación de la energía limpia de CO₂, que se puede extraer del subsuelo urbano, ¿qué potencial ofrece la energía reciclada proveniente de las infraestructuras subterráneas?

El proyecto de Madrid Subterra lo conozco desde mi etapa profesional anterior, como consejera de Transportes y Vivienda de la Comunidad de Madrid, y por consiguiente, como presidenta de la compañía de Metro. En ese tema, Madrid Subterra también estaba muy involucrado, ya que las infraestructuras de Metro han sido las elegidas para realizar todos los análisis y estudios, de tal forma que podamos explorar y explotar qué energía limpia podemos extraer de CO₂, del subsuelo urbano. Por lo tanto, es un proyecto que ya conocía por los técnicos de Metro, y para mí ha sido una sorpresa escucharlo de primera mano, en una de las iniciativas que tuvo Madrid Subterra en la Escuela de Ingenieros Industriales, donde se estuvieron exponiendo los trabajos que se habían estado realizando en los meses anteriores. Fue muy positivo, al igual que tuvimos la oportunidad, con las jornadas (Aula Universitaria Madrid Subterra) que se celebraron en el mes de diciembre, de poder entregar a la presidenta de la Comunidad de Madrid el premio por la apuesta que se había hecho desde el Gobierno, de iniciativas como ésta. Es muy satisfactorio ver cómo voy a poder seguir aportando en el estudio, análisis e impulso de esta Aula Madrid Subterra, porque creo que debemos impulsar a to-

dos aquellos jóvenes que quieren explorar estas vías, y que lógicamente van a ser dirigidos por aquellos que ya tienen más experiencia dentro del mundo académico y de la formación. También tienen que ser las empresas del sector las que sean conscientes y conocedoras de proyectos de esta magnitud, porque serán las que podamos encaminar y aglutinar en esta sensibilidad para extraer de subsuelo urbano energía limpia de CO₂. Juntos, empresa, mundo académico y administraciones, impulsando este tipo de proyectos, será el camino para que sean lo más visibles y lo más viables posibles.

El continuo crecimiento de las grandes ciudades y la preocupación cada vez mayor por nuestro entorno hace que mejorar la movilidad urbana se esté convirtiendo en un objetivo prioritario, ¿cómo se pueden conjugar ambas cosas, facilitar la movilidad urbana

y al mismo tiempo preservar el medio ambiente?

Creo que ese es el espíritu que conduce mi visión desde que llevo trabajando en primera línea en materia de transporte y movilidad, y gestión de servicios públicos, tanto en mi etapa anterior como en la presente. No puede ser de otra manera que nuestros objetivos sean que, cada vez más, todos los que vivimos en grandes urbes tengamos la posibilidad real de respirar el aire más limpio. Es donde tenemos que poner todos los medios, que se compatibilizan con el incremento y el mantenimiento de todos los recursos que hacen posible que la movilidad sea real; y un buen ejemplo es la M-30, que supone que 650 millones de personas la utilicen, y que tengamos que hacerlo de la forma más eficiente para que tengamos el interés y la conciencia de alcanzar la mejor calidad del aire. Es importante lanzar un mensaje de liderazgo. En este

país hemos sido líderes en grandes infraestructuras, y en los años venideros tenemos que seguir siendo líderes en materia de innovación y movilidad.

¿Cómo ve el futuro de la movilidad urbana en las ciudades?

Con muchísimo optimismo porque creo que hay una conciencia real de que queremos ciudades más amables, y utilizar de forma más intensa el transporte público, que también queremos conjugar con nuestro derecho a movernos libremente en nuestro vehículo privado. La empresa del motor están cada vez más concienciadas de que los vehículos tienen que ser lo menos contaminantes posible. No entiendo este objetivo con polémicas, sino que todos desde nuestra experiencia, formación y nuestro saber hacer tenemos que ponerlo en positivo, porque la ciudad de Madrid debe seguir ejerciendo su liderazgo en materia de movilidad.

Instalaciones del túnel de Calle 30

- **Sistema de suministro de energía**

El suministro de energía se realiza mediante una red de distribución interna de media tensión de 15 kv en anillo, con una potencia total demandada de 60 Mw. Esta red interna es gestionada desde el Centro de Control de Calle 30.

- **Sistema de control del tráfico**

Se han desarrollado sistemas inteligentes de tráfico y transporte, que proporcionan los datos necesarios en tiempo real (velocidad, intensidad, ocupación y composición), que posteriormente se transmiten al Centro de Control de Calle 30 a través de la red propia de comunicaciones. En el túnel hay paneles de mensaje variable, estaciones de toma de datos de tráfico, controles de galibo electrónico y mecánicos, barreras de cierre degondables, semáforos de control, cámaras lectoras de matrícula y sistemas de control de velocidad.

- **Sistema de circuito cerrado de televisión y detección automática de incidencias (DAI)**

Este sistema permite disponer de imágenes del interior y de las entradas de los túneles, de las galerías, cuartos técnicos y salidas de emergencia. De ese modo, se puede visualizar desde el Centro de Control de Calle 30 cualquier tipo de incidencia. Más de 900 cámaras de CCTV vigilan el túnel. Codificadores grabadores graban las imágenes y las envían al centro de control en vivo. El sistema está conectado a un sistema DAI, con analizadores con ocho cámaras cada uno. Mediante el análisis de imágenes, se identifica de forma automática cualquier

incidencia que pueda producirse: un vehículo parado, un vehículo que circula en sentido contrario, un peatón, etc.

- **Sistema de detección de las condiciones atmosféricas**

La calidad del aire en el interior del túnel es de gran importancia para la seguridad, por ello ha de ser vigilado y, en caso necesario, se ha de activar el sistema de ventilación desde el Centro de Control de Calle 30. Los parámetros que se verifican son:

- Visibilidad en el interior del túnel (grado opacidad)
- Concentración de monóxido de carbono (CO)
- Concentración de monóxido de nitrógeno (NO)

Para ello hay instalados sensores dobles de infrarrojos capaces de medir la opacidad + CO y opacidad + NO, de forma alterna, cada 300 metros entre sí. Asimismo se han instalado cada 50 metros anemómetros que miden la velocidad y la dirección del viento.

- **Sistema de radiocomunicaciones**

El sistema de radiocomunicaciones por cable radiante, instalado en el techo del túnel, incorpora los últimos avances tecnológicos y permite dar cobertura TETRA (Terrestrial Trunked Radio) para los servicios de seguridad y emergencias municipales (SAMUR-PC, Policía Municipal y Bomberos), cobertura TETRAPOL para la Policía Nacional y Guardia Civil, y dos canales digitales para el mantenimiento, la explotación y la seguridad del túnel. Cabe destacar la existencia de cobertura de telefonía móvil en el interior del túnel.

En el caso de incidentes es preciso, por tanto, disponer un conjunto de medidas adicionales cuyo objetivo sea precisamente mitigar las consecuencias considerando que, en el mismo escenario, se dan simultáneamente tres procesos interrelacionados: la evacuación de los usuarios, la actuación de los equipos de emergencias, y la producción y avance de humos.

Habilitación oficial como **piloto y operador RPAS** reconocido por la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA)



Curso Oficial de Piloto Avanzado de RPAS (Drones)

Especialización en Vuelo Fotogramétrico e Introducción al Sistema LiDAR embarcados en RPAS

Programa desarrollado en colaboración con:



La reciente publicación de la **nueva Ley de Drones (RD 1036/2017)** implica una serie de modificaciones que puedes convertir en oportunidades. Consigue el Certificado Oficial de PILOTO AVANZADO RPAS y obtén tu gran ventaja competitiva.



Por qué realizar este curso

1. Único programa con **1 instructor por cada 2-3 alumnos y especialización en fotogrametría con drones.**
2. Con un módulo de Introducción a **sistemas LiDAR** embarcados en drones donde se explicarán múltiples aplicaciones prácticas de esta tecnología revolucionaria en RPAS.
3. **Aprendizaje individualizado** y personalizado gracias a las ventajas de la formación e-learning.
4. Prácticas de captación de datos en vuelo sobre **escenarios reales** propuestos por los colectivos interesados.
5. Planificación de rutas para vuelos fotogramétricos: **aplicación práctica a la minería.**
6. Instrucción en los sistemas de programación de vuelos más utilizados en el entorno profesional.
7. Uso práctico de distintos sensores instalados en RPAS de cualquier segmento de peso por debajo de 25Kg MTOW.
8. **Inmersión en el uso profesional de los RPAS** como herramienta de alta capacidad y sus posibilidades en tareas de inspección, producción y actividad minera.

Formación Oficial

- **Formación Teórica Básica RPAS (50h)**
Curso e-learning con examen presencial.
- **Formación Teórica Avanzada RPAS (10h)**
Curso e-learning con examen presencial.
- **Práctica Oficial Completa.**
Prácticas de vuelo de 4 horas, clase teórica sobre aspectos prácticos de la aeronave y prueba final de pericia.

Formación de Especialización

- **Especialización en fotogrametría con drones**
Curso e-learning (10h) con prácticas de captación de datos en vuelo.
- **Introducción al Sistema LiDAR**
Curso e-learning (10h) y 2h de clase presencial.



Modalidad: e-learning



Fecha inicio: 28/04/2020
(Fecha admisión: 21/04/2020)
Fecha fin: 24/07/2020



Con el apoyo docente de reconocidos **expertos en la materia**



Acceso a la biblioteca inteligente profesional **Smarteca**



Prácticas de vuelo en Madrid, con la posibilidad de realizarlas en todo el territorio español para grupos reducidos de alumnos (solicitar información al respecto).



Potencia tu **Networking**



Certificado Oficial de **PILOTO AVANZADO RPAS**

Precio Total

~~1.845€~~

Precio Ingenieros Colegiados

(30% descuento)

1.291,5€

Precio especial 30% de descuento para ingenieros colegiados, precolegiados y universitarios de último año de carrera.

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**

Evelio Gracia Yus

Ingeniero Técnico Industrial y Socio de Mérito de la UAITIE

“Los ingenieros técnicos contribuimos en gran medida al bienestar de la humanidad”

Mónica Ramírez

Esta entrevista bien podría comenzar con la pregunta que José Luis Perales hacía en su famosa canción: “¿A qué dedica el tiempo libre?”. Y es que nuestro protagonista, Evelio Gracia Yus (Muniera, Teruel, 1946) dedica parte de su tiempo a realizar trabajos de modelismo y maquetas, lo que le ha procurado muy buenos momentos y numerosos reconocimientos.

Atrás quedaron los años de profesión como ingeniero técnico industrial (especialidad mecánica) en Telefónica, donde trabajó como adjunto al jefe provincial de mantenimiento en Vigo, aunque en 1990 se trasladó a Teruel. Anteriormente había desempeñado el ejercicio libre de la profesión, y además fue coordinador de fabricación en una empresa dedicada a la transformación de caucho para elaborar juntas que se usan en automoción, así como director técnico en una fábrica dedicada a la grifería sanitaria.

¿Cuándo y cómo comenzó su afición por las maquetas?

Ya durante mi infancia recuerdo que en la casa en que vivíamos en el pueblo tenía una entrada a cielo abierto donde mis padres me dejaban un espacio de unos 10 metros cuadrados para que jugara. Allí me encantaba reproducir paisajes del entorno con la carretera y algún puente en el recorrido. Cuando veía a los albañiles realizar alguna casa me encantaba observarlos, y después, usando los mismos materiales que ellos, la construía más pequeña en ese mismo espacio. Igualmente pasaba ratos con el carpintero y el herrero, y luego intentaba hacer mis propios juguetes.

¿Cuántas maquetas tiene en total?

Tengo bastantes. La más grande es una de trenes con la reproducción del relieve de la Comunidad de Aragón como fondo y en primer plano varios monumentos de la ciudad de Zaragoza, circulando por ella



Evelio Gracia muestra su maqueta ferroviaria, con la reproducción del relieve de la Comunidad de Aragón al fondo.

el ferrocarril, así como autobuses, coches y un tranvía. Y también el estadio del Parque de los Príncipes con la recreación del gol de Nayim en la final de la Recopa, que en 1995 ganó el Real Zaragoza.

Un planetario con la recreación del Sol y nuestro planeta, la Tierra, con sus movimientos, de tal forma que al realizar su trayectoria alrededor del Sol se vayan produciendo, de forma paulatina, los diferentes cambios de estación. Tres barcos con la estructura tal y como se hacían en realidad, cuadernas, tracas para el forro del casco, etc., el galeón San Mateo del siglo XVI escala 1:65, la bombardera La Candelaria del XVII en 1:65 y la feluca Mercedes 1820 del XIX en 1:50. Varios coches a escala 1/8, como un Fiat F-2 130 HP Racer de 1907, un Rolls Royce Phantom II Drop Head Sadanca Coupé de 1932, un Mercedes Benz 540 The True Roadster de 1934, y en escala 1:6 la moto Honda CB 750F y la Honda NSR 500, con la que Valentino Rossi ganó el Mundial 2001. También a escala 1:12

tengo el Ferrari F2002, con el que Schumacher ganó el Mundial de F-1 2002.

Luego tengo varias cosas que he construido para que a mi hija Belén, que es ciega, le hayan facilitado su formación cultural y de ocio, tales como el mapa en relieve de la península ibérica, plano de la ciudad de Zaragoza, tablero de ajedrez, dominó, minitablero para crucigramas y sudoku, así como el relieve de los títulos de estudios que obtiene, fotografías en bajorrelieve de recuerdos familiares, etc. Todo esto lo guardo en el local-estudio donde las he ido realizando.

¿Se pueden visitar?

Sí, en el local donde las guardo lo tengo todo muy ordenado y expuesto para que puedan ser apreciadas, pero al ser de reducidas dimensiones, las visitas no pueden superar las 6 personas.

¿De qué temática son?

Son de varios tipos, pero todas ellas muy didácticas, y en la medida de lo



Detalle de la maqueta donde se muestran destacados monumentos de la ciudad de Zaragoza, así como diversos escenarios aragoneses.



Evelio Gracia recibe la insignia de Socio de Mérito de la UAITE.

posible adaptadas para que puedan ser interpretadas y apreciadas por mi hija Belén.

¿Tiene alguna preferida?

Por sus dimensiones (4,5 x 2mts.), y lo que representa, llama mucho la atención el relieve de la Comunidad de Aragón. Pero mi preferida es el planetario, ya que tuve que agudizar mi ingenio y llevar a cabo el estudio cinemático necesario para que en la maqueta la produzca la traslación de la Tierra igual que en la realidad.

¿Cuántas horas suele invertir en hacerlas?

Mucho del tiempo libre y el que me queda después de atender a mi familia lo he dedicado a esta actividad. Como todo lo inicié desde muy joven, pueden superar las 20.000 horas.

¿Cuáles son las principales dificultades con las que se ha encontrado al realizar las maquetas?

Dificultades en realidad no he tenido, ya que siempre, cuando hago alguna cosa, primero realizo un estudio concienzudo para ver su posibilidad, y si lo veo factible, hago una buena planificación para llevarlo a cabo. Si no lo veo factible lo descarto. Luego, a la hora de construirla elevo el detalle hasta donde me permite mi habilidad, ya que lo considero un hobby y con ello busco entretenimiento y relajación. Otra cosa habría sido si me hubiera dedicado a ello profesionalmente, cosa que alguna vez se me ha sugerido, pero he rechazado.

¿Tiene previsto realizar alguna más?

No, ahora lo que hago es repasar algún detalle de las que ya tengo, y en el caso de la del relieve de la Comunidad de Aragón, admite muchos detalles que la hagan más real y algún que otro monumento más de la ciudad de Zaragoza. Estoy en la fase de estudio del castillo de Loarre, pero todavía no he tomado la decisión, posiblemente me anime a construirlo, ya que podría incluirlo en el paisaje de la maqueta de Aragón. También tengo la tarea importante de darlas a conocer y buscar la posibilidad de que perduren en el tiempo, dedicadas a alguna actividad didáctica cuando yo falte.

Por otra parte, en 2018 recibió la distinción de Socio de Mérito de la Unión de Asociaciones de Graduados en Ingeniería de la rama industrial e Ingenieros Técnicos Industriales (UAITE), ¿qué significó para usted?

Para mí, practicar la ingeniería es algo vocacional. Considero que el ingeniero técnico es un ingeniero práctico. Me gusta esa definición de Ingeniería que dice: "Es el arte de convertir los conocimientos en algo práctico". Además, si esto lo realizamos de manera responsable contribuimos en gran medida al bienestar de la humanidad, pues con nuestra actuación mejoramos el entorno en el que nos movemos, facilitando así la vida de las personas. Esta distinción fue para mí algo entrañable, era como el reconocimiento a mi labor y me produjo una gran satisfacción. También está haciendo que mis actividades sean más conocidas por los demás, y estoy reci-

biendo muchas muestras de aprecio, lo que resulta muy agradable.

¿Qué recuerdos le quedan de su trayectoria profesional?

Durante la primera fase de nuestra vida, nuestros progenitores nos proporcionan nuestras necesidades físicas y nos dan cariño. Considero de suma importancia que nos procuren una buena cultura general y que profundicen en el desarrollo del sentido común. Conforme vamos creciendo, vamos viendo que estamos destinados a realizar cosas que muchas veces no son de nuestro agrado: obedecer, estudiar, trabajar, superar obstáculos, contrariedades, etc., pero es lo que toca.

Por lo que conviene buscarle la vuelta para, variando algo, tanto en la forma como en los medios utilizados para realizarlas, nos resulte más fácil y a veces hasta divertido. El recuerdo del primer tercio de trayectoria, tanto de la formación como profesionalmente, es de una etapa en la que lograba todo lo que me proponía, ya que mostraba tanta seguridad y convencimiento en todo lo que hacía, que conseguía la implicación en otras personas para realizarlo.

Luego tuve que superar graves contrariedades, que hicieron que tuviera que bajar mi nivel profesional. Durante esta etapa, para superarla, aplicaba en gran medida la reflexión que me he hecho anteriormente. Estos últimos años me están resultando muy dulces, moviéndome en un entorno de gente que me muestra un gran aprecio y valora, en gran medida, todo lo que hago.

Gonzalo Robredo

Director General de Euro Seating

“Desde Ezcaray, en La Rioja, llevamos la marca España por todo el mundo”

Mónica Ramírez

En estos momentos que tanto se habla de la “España vaciada” llama la atención que un pueblo con tan solo 2000 habitantes, como es Ezcaray (La Rioja), cuente con una empresa con la capacidad innovadora y exportadora de Euro Seating, dedicada a la fabricación de butacas para cines, estadios, auditorios y teatros. En la actualidad, la compañía trabaja con 127 países, y su producción anual es de unas 300.000 butacas al año (puede llegar a fabricar hasta 900 butacas al día). Gonzalo Robredo, Director General de Euro Seating, nos explica en esta entrevista las claves del éxito de esta destacada empresa, en la que los ingenieros también aportan su talento y profesionalidad.

¿Cuáles son los orígenes de Euro Seating?

Euro Seating nace en 1994 de la mano de Gonzalo Robredo y Juan Carlos Úbeda. Empezamos con pocos recursos, pero con mucha ilusión y teniendo muy presente que tendríamos que trabajar duro si queríamos sacar la empresa adelante. Desde nuestros comienzos hemos dirigido nuestro esfuerzo y trabajo en una diferenciación con las soluciones habituales existentes en el mercado, basándonos en desarrollar asientos y butacas bajo tres conceptos que siempre hemos tenido muy presentes: confort de los usuarios, durabilidad ante cualquier uso, y situación y diseño que aporte belleza y exclusividad a cada uno de nuestros proyectos. Nuestra misión es facilitar soluciones con nuestra amplia variedad de modelos, así lo hemos hecho desde el principio y así queremos continuar. La política de Euro Seating, desde su inicio hasta la actualidad y en el futuro, ha sido y será siempre innovadora y exportadora. Para ello, reinvertimos constantemente en crear producto y empresa. Hoy, disponemos de una amplia red de distribuidores consolidada por todo el mundo.



Gonzalo Robredo.

Contamos con delegaciones en Reino Unido, Alemania, México, Rusia, Qatar, Singapur, Canadá, Ucrania y Sudáfrica. Todo ello nos da confianza para seguir creciendo.

Euro Seating diseña y fabrica butacas para 4 sectores muy diferenciados: cines, estadios, auditorios y teatros. ¿Cómo se lleva a cabo el proceso de producción?

Nuestras plantas de producción están localizadas en Ezcaray, donde llevamos a cabo el proceso de fabricación del 100% de nuestras butacas. Disponemos de más de 40.000 m² equipados con la tecnología más avanzada. Nuestras instalaciones se componen de las diversas plantas. En el Centro 1, está la planta de producción inicial. Aquí nace Euro Seating, donde disponemos de dos plantas de espumado de poliuretano con sistema Uniblock, y con capacidad productiva de 900 unidades/día (asientos y respaldos). También disponemos de una sección de tejidos, donde llevamos a cabo todo el

proceso de corte, cosido y bordado de tapicería para nuestras butacas. En otro apartado de este centro también tenemos una sección de montaje.

El Centro 2 corresponde a las oficinas y al centro tecnológico de la madera, donde realizamos todas nuestras butacas de auditorio y teatro, así como cualquier pieza necesaria en madera. A lo largo de los años, hemos adquirido una fuerte experiencia en el desarrollo y la realización de butacas de alta gama en acabados en maderas nobles de primeras calidades.

El Centro 3 es el Showroom, con la exposición de nuestra amplia gama de butacas, con diferentes secciones que incluyen butacas para cines, teatros, auditorios, estadios, congresos, y soluciones móviles. En este centro también disponemos de otra sección de montaje.

El Centro 4 es la Planta de inyección de plástico, de más de 2000 m², donde inyectamos polipropileno, poliamida, poliestireno, etc., por sus grandes ventajas frente a otros materiales, como la resis-

tencia, el fácil mantenimiento o la ligereza de peso. Gracias a estos materiales podemos diseñar butacas que con otros no sería posible realizar.

Además, Euro Seating está certificada con la Norma ISO 9001: 2008 de Calidad, Norma ISO 14001: 2004 de Medioambiente, y Norma UNE – EN ISO 14006 de Eco Diseño.

¿Cuál es el volumen de exportación y a qué países se dirigen principalmente?

Exportamos el 85% de nuestra producción a más de 125 países. Como puntos fuertes podemos mencionar Alemania, Kazajistán, Rusia, Emiratos Árabes o México (donde tenemos sede). La primera exportación se realizó el primer año y desde entonces no hemos dejado de crecer. Llevamos la marca España por todo el mundo, sin olvidar que todo el proceso de fabricación se lleva a cabo en Ezcaray, en nuestros centros, lo que nos permite controlar hasta el más mínimo detalle. Por supuesto, nuestra intención es seguir creciendo; hemos puesto todos los medios para ello y seguiremos innovando y reinvertiendo, es la forma a través de la cual queremos continuar.

¿Cuántos trabajadores conforman la plantilla? ¿Y en cuanto a ingenieros se refiere?

Actualmente 120 personas trabajan repartidas entre los diversos departamentos que conforman lo que hoy es Euro Seating. Nuestro equipo se forma de varios ingenieros y principalmente de personal que se ha ido especializando en nuestra fábrica a lo largo de los años. Desde nuestros orígenes, hemos ido desarrollando un equipo de profesionales consolidado, un equipo comprometido que comparte los valores de Euro Seating, y que sienten la empresa como suya.

¿Cuáles son las innovaciones más importantes que ha introducido Euro Seating en los procesos productivos?

Durante estos años, hemos ido adquiriendo gran experiencia y una visión muy extensa del sector. Empezamos hace 25 años con la ilusión de desarrollar butacas y asientos para colectividades, mejorando continuamente a través de la innovación y la reinversión en i+D. Desde Ezcaray, controlamos el 100% del proceso de fabricación, desde el diseño, prototipo y molde hasta la muestra física.

Innovamos y reinvertimos año tras

año, lo que nos ha permitido ser Premio Pyme del año de La Rioja en 2018 y una de las 5 empresas finalistas al Premio Nacional Pyme del Año.

Algunas de nuestras últimas innovaciones son las siguientes: tres controles numéricos de la madera (disponemos de un centro dedicado a la fabricación de butacas de madera con toda la tecnología necesaria, donde gracias a la automatización, CNC y a la robótica en el sector de butacas en madera, conseguimos una solución para realizar un amplio rango de tareas con una alta precisión y calidad); la inyección de plásticos con los últimos avances técnicos en maquinaria y tecnología; extrusión-soplado de plástico; inyección de aluminio; corte por láser; encolado de chapa por prensa de alta frecuencia, gracias a la prensa conseguimos diseños curvos con madera, aumentando la productividad, con un mejor acabado y controlando el material; Sistema Uniblock (sistema de tapizado de molde en frío de espuma de poliuretano por el que se envuelve completamente un bastidor de inyección de polipropileno en la espuma de poliuretano. De este modo, creamos asientos, respaldos y cabezales donde la tapicería se une a la espuma sin costuras); y Sistema LYF (última novedad que hemos incorporado en Euro Seating). Es un sistema de laminado 3D, combinación única de técnicas de impresión y modelado con acabado háptico y sensorial. Es un material muy resistente y que se adapta perfectamente a formas complejas, por ejemplo, la parte trasera de un respaldo o el reposabrazos.

¿Cuáles son sus próximos proyectos?

Estamos inmersos en varios proyectos, y muchos de ellos verán la luz a lo largo de los próximos meses. Estamos trabajando para uno de los espacios cerrados más modernos de Rusia: la sala de prensa del Estadio Municipal de Ipurua del SD Eibar o el salón de actos de la sede central de Leroy Merlin. También acabamos de cerrar un proyecto de una importante cadena de cines en Egipto (Zahran Cinema Smouha), un área deportiva en Queretaro (México), un auditorio en Hankasalmi (Finlandia), la Universidad de Filosofía de Sevilla, un planetario en Bucarest (Rumanía), una universidad en Tabuk (Arabia Saudí), la cadena de cines Guzzo en Canadá, el Estadio Santa Cruz (Bolivia) o un centro de entrenamiento de aviación en Bangkok (Tailandia).

¿Qué supone una empresa de la envergadura de Euro Seating para La Rioja, y concretamente para la comarca donde se ubica?

Hemos trabajado muy duro para llegar a donde nos encontramos hoy, con muchas piedras en el camino y lidiando con todos los problemas que se presentan en el día a día. A pesar de las adversidades, continuamos avanzando y trabajando duro para aportar el mejor servicio y la mejor solución, con la capacidad para adaptarnos a cada una de las demandas de los 127 países con los que hoy en día trabajamos e invirtiendo constantemente en diseño y tecnología.

En los últimos años, la industria y la tecnología están en continuo cambio y avance, y tienes la necesidad de adaptarte e ir a la misma velocidad que el mercado o puedes desaparecer. Con la decadencia industrial en Ezcaray, del mueble, sillería, y butacas, Euro Seating adquirió y sumó a su grupo 3 empresas de Ezcaray entre los años 2006 y 2008: Butacas Ezcaray, con 16 personas, la cooperativa San José Artesano, con 23 personas, la cooperativa Industrial, y La Unión, con 7 personas. Contratamos a la totalidad de sus empleados, pagando su deuda, manteniendo su categoría, antigüedad, sueldo y quedando como indefinidos.

Además, se incorporaron 7 personas de la Cooperativa Nuestra Señora de Allende, un referente del mueble que también se vio obligada a cerrar, y profesionales de otros talleres de Ezcaray, que han cerrado o han disminuido su plantilla.

En la actualidad, una empresa como Euro Seating supone un soporte importante para la comunidad de La Rioja, principalmente por la creación de empleo que generamos. Además, gestionamos relaciones con proveedores locales, contribuyendo a la sostenibilidad socioeconómica del sector y de nuestra región. El compromiso, la innovación y la calidad son clave en nuestra andadura, y así lo transmitimos a nuestro entorno. Para un pueblo como Ezcaray, Euro Seating, además de empleo, supone riqueza, relaciones comerciales y grandes oportunidades.

El pensamiento está en que hay que volver a instaurar la cultura del esfuerzo y trabajo, la ilusión por mejorar cada día, la responsabilidad y el compromiso. Si tú quieres puedes, eso sí, tienes que creer en lo que haces y perseverar; trueque, llueva o haga sol.

Análisis Mort

Francisco Flores e Irene Ramírez

“Acelerar y aumentar la contribución de la **energía atómica a la paz, la salud y la prosperidad** en el mundo entero. Con el fin de asegurar que la tecnología nuclear esté disponible con fines pacíficos en todos los ámbitos. Para ello es esencial que todos los materiales radiactivos, así como las instalaciones que los albergan, sean gestionados en condiciones de seguridad y estén debidamente protegidos contra todo acto delictivo o acto no autorizado intencional”. *Estatuto de la OIEA/IAEA*.

La **gestión de activos**, entre ellos los nucleares, incorpora actividades que conviven con diferentes niveles de riesgo interno, externo, individual, social y corporativo.

Cualquier actividad en el entorno nuclear aplica procesos y procedimientos de **mejora continua**, el fortalecimiento de barreras y defensas, una compleja interacción de condiciones latentes y fallos activos/pasivos, con el objetivo de identificar mejoras y, de ello, extraer lecciones aprendidas que se trasladan e implementan en el proceso de gestión global de activos nucleares.

El hecho contrastado de incidencias, incidentes y accidentes obliga a disponer de herramientas para aplicar diferentes técnicas analíticas de investigación y contrastar su calidad.

En el **entorno nuclear** y en sus centrales hay diferentes **técnicas de análisis**: de cambios, de barreras, de tareas, de entrevista, diagramas de eventos y factores causales que estructuran la metodología **Human Performance Enhancement System (HPES)**, otras como el análisis de efectos y modos de fallo, análisis de árbol de fallos, análisis causa efecto, OPIC, AFT y STREAM.

Hay otras herramientas con una presencia minoritaria, como Assessment of Safety Significant Event Team (ASSET) y **Management Oversight and Risk Tree (MORT)**, debido a su complejidad en la aplicación. Estas últimas precisan de un enfoque técnico avanzado, sobre factor humano y organizacional y requieren de formación específica y experiencia en profundidad, además de la necesidad de



Figura 1. Las dos fases de la respuesta a un suceso relacionado con la seguridad física nuclear. OIEA.

un producto comercial (Conger & Elsea) como soporte, percibiendo finalmente estas herramientas como complejas y costosas.

En otros países encontramos SOL-VE (Alemania), PRCAP y CERCA (Hungria), AEB (Suecia), y PSA basada en análisis metodológico STUK (Finlandia).

“En principio la investigación necesita más cabezas que medios”, Severo Ochoa (1905-1993).

Las instalaciones **nucleares se diseñan, construyen y operan de tal manera que resulten seguras**. La seguridad física nuclear es una responsabilidad que incumbe a cada Estado –seguridad física nuclear– todos los materiales nucleares y radiactivos han de ser gestionados en condiciones de seguridad y protegidos contra todo acto delictivo o acto no autorizado intencional. Son instalaciones con sistemas tecnológicos de alta complejidad en las cuales pueden ocurrir, eventualmente, sucesos accidentales aleatorios con consecuencias radiológicas.

Hay **interrelación entre la seguridad física nuclear, la radiológica y la respuesta a una emergencia**, que con los diferentes actores que intervienen, permiten disponer de una monitorización y trazabilidad de sucesos e incidentes que otras actividades industriales con otros tipos de riesgos no consideran. En España está el Plan Estatal de Protección Civil ante el Riesgo Radiológico (BOE nº 279 de 21/11/2015).

Ante **actos delictivos o actos no autorizados intencionados** se dispone internacionalmente de la base de datos Geiger, una plataforma analítica que recopila **información policial sobre incidentes con material radiológico y nuclear**. Se utiliza para analizar pautas y tendencias, riesgos y amenazas, rutas y métodos y puntos débiles y vulnerabilidades.

Veamos de forma genérica las medidas que adoptar desde la detección hasta el **examen forense**, que puede dar lugar a la **incoación de una acción judicial** (Fig. 1):

Hablemos de la **escena del delito radiológico**. Aunque es similar a la escena de otros delitos, los factores a controlar son otros:

- El **tiempo de permanencia** en las zonas de control de peligros potenciales.
- La **distancia entre** las pruebas contaminadas por **radionucleidos y la persona** que las recoge.
- El **blindaje radiológico** entre las pruebas y la persona que las recoge.
- La **contaminación** por radionucleidos.
- La **exposición** individual a la radiación.
- El grado en que se aplique cada uno de estos factores dependerá del material radiactivo que esté presente; puede contener materiales nucleares u otros materiales radiactivos ya sean intactos o dispersos (Fig. 2):

La investigación es un proceso iterativo; el examen forense combinado

con otros aspectos puede proporcionar información vinculante. Sin embargo, un factor peculiar puede ser la necesidad de un conocimiento especializado de las propiedades químicas, físicas e isotópicas de los materiales y sus diferentes procesos.

Hay que tener en cuenta **aspectos importantes de la protección** de los actuantes, público en general, comunicación nacional e internacional. Por tanto, se necesita una estructura de mando integrada (**mando, control, coordinación y comunicación**).

La gestión de la **escena del delito radiológico** es compleja. Se requiere coordinación e importancia de las funciones y responsabilidades que se aplican a las escenas de delitos radiológicos:

- La realización de reconocimientos del lugar y la evaluación de los peligros radiológicos.
- El establecimiento, mantenimiento y control de las zonas de control de peligros potenciales.
- La protección del personal contra los peligros radiológicos.
- La reducción del riesgo de radiación.
- La identificación y recogida de los elementos de prueba que contengan materiales nucleares u otros materiales radiactivos, su embalaje y almacenamiento y su transporte a los laboratorios forenses.
- La monitorización y descontaminación del personal, el equipo y las zonas, según sea necesario.
- La descontaminación de las pruebas contaminadas por radionucleidos de un modo que no comprometa su valor para la investigación criminal del caso.
- La contención y el tratamiento de los líquidos residuales, como las soluciones descontaminantes, de un modo que reduzca al mínimo las emisiones al medio ambiente.

En numerosas ocasiones, las **metodologías empleadas** en la identificación de las causas raíces (HPES, ACR) **no permite detectar los problemas latentes en las organizaciones**. Estas metodologías permiten identificar causas y erradicar problemas identificados siempre y cuando se traten de problemas ejecutivos de la organización. Es corriente identificar sucesos recurrentes o repetitivos pese a haber analizado las causas y emitir sus acciones. Esto es debido en su gran mayoría a sucesos en los que las causas realmente recaen



Figura 2. Valoración del material nuclear/radioactivo.

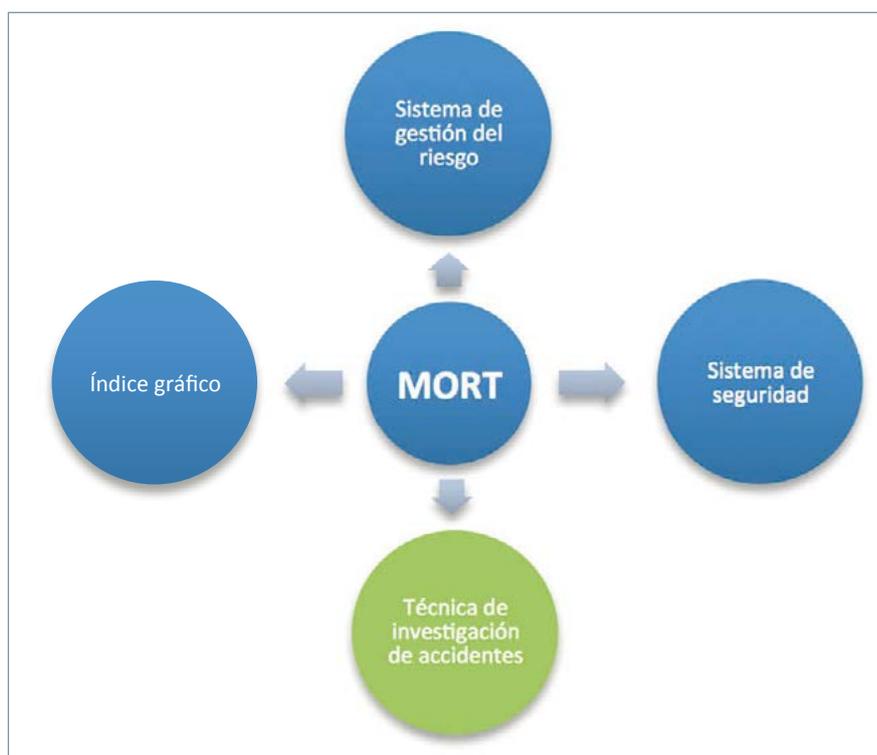


Figura 3. Principales funcionalidades del análisis MORT.

en un escalón más profundo, los factores organizativos y cultura de seguridad de una empresa.

La tendencia actual es que las empresas se decanten por **la seguridad como objetivo principal**. Para ello, es necesario un buen análisis de sucesos que ponga en **evidencia las grietas organizacionales** y que fortalezca a esta, nutriéndose de la mejora continua. Eso permite una organización con unos cimientos saneados y que se encuentra alineado con sus propios objetivos.

La introducción de la herramienta de análisis MORT y su utilización en ciertas incidencias permite **detectar esas vulnerabilidades de las direcciones que son translucidas u ocultas**. Para erradicar este tipo de problemáticas, es necesario

utilizar herramientas más pragmáticas como el análisis MORT.

El MORT permite la **mejora del programa** de análisis de sucesos empleado por la mayoría de los organismos, de modo que se contemple no únicamente la realización de un **análisis de causa** con motivo de un incidente o suceso, sino otras situaciones que resultaran de interés investigar como pudieran ser **tendencias adversas**, o cuestiones que puedan surgir de los **procesos de autoevaluación** (Fig. 3).

El proyecto para la Comisión de Energía Atómica (AEC) creó el análisis MORT con el objetivo de suministrar a la industria nuclear un sistema de gestión del riesgo eficaz que derivara en una política de seguridad integrada en la empresa.

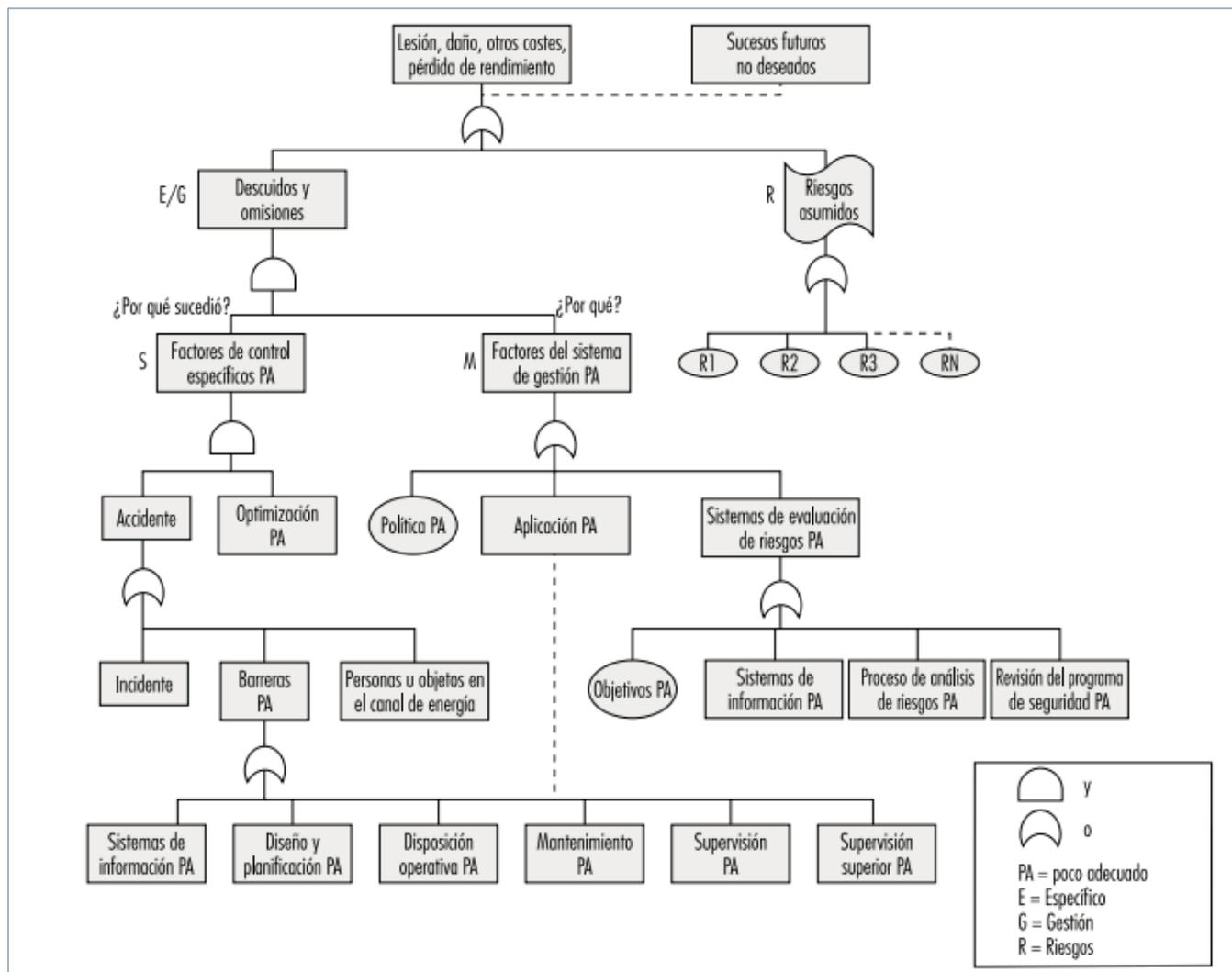


Figura 4. Extracto del árbol de análisis MORT.

En el documento final SAN 821-2 *Management Oversight and Risk Tree (MORT)* se establecen los **principios básicos de cualquier sistema de seguridad**, para que las empresas gestionen el riesgo de la forma más adecuada. El lema que se aplica es *“Cuando un accidente ocurre es porque el sistema falla, no porque las personas comentan errores”*.

Los **factores organizacionales y humanos** son aspectos que **no son analizados con suficiente detalle** en la mayoría de las organizaciones. Tanto las investigaciones como los análisis frecuentemente fallan en establecer las causas raíces y, en consecuencia, no identifican adecuadamente las acciones de mejora. **Una investigación** debe ser una **oportunidad de aprendizaje**, pero no logrará serlo a menos que se identifiquen adecuadamente los factores humanos que contribuyen a un incidente o

suceso. Sin embargo, para los análisis MORT la dirección es el aspecto más básico y fundamental de la seguridad, y así: **dirección = seguridad** (Fig. 4).

Navegando por las ramas del árbol se pueden observar los aspectos básicos que no pueden faltar en ninguna política de seguridad:

- Métodos, criterios y análisis.
- Línea de responsabilidad.
- Responsabilidad de plantilla.
- Flujo de información.
- Guías y directrices.
- Ayuda y entrenamiento de la dirección.
- Presupuestos.
- Retrasos (riesgos asumidos).
- Responsabilidad.
- Ejemplo y liderazgo.

El **MORT** sigue un procedimiento analítico para la planificación, organizando y haciendo una investigación integral de

accidentes, basada en el diagrama de árbol lógico, que tiene tres ramas principales:

1. **Factores S**, los descuidos específicos y omisiones atribuidas al accidente analizado.
2. **Factores R o riesgos asumidos**, que son riesgos conocidos todavía debido a diferentes razones no están controladas.
2. **Factores M**, que son características generales del sistema de gestión que contribuyen al contratiempo.

Mediante análisis MORT, los investigadores identifican deficiencias en factores de control y fallas de los sistemas organizacionales que pueden causar muchas fallas latentes, incluido el mantenimiento, problemas, capacitación y procedimientos inadecuados, que son propensos a causar accidentes. Por tanto, estos factores pueden ser evalua-



Figura 5. FODA de la herramienta de análisis MORT.

dos y analizados para identificar razones subyacentes para cada factor causal del accidente. Básicamente, MORT es una lista de verificación gráfica con preguntas genéricas que los investigadores intentan responder utilizando los datos disponibles. Esto les permite centrarse en posibles factores causales clave.

Cuando las ramas del diagrama MORT se elaboran en detalle, hay elementos de campos tan diferentes como el análisis de riesgos, el análisis de factores humanos, los sistemas de información de seguridad y el **análisis organizacional**. En total, el diagrama MORT cubre, aproximadamente, 1.500 eventos básicos.

Sin embargo, el análisis MORT tiene sus ventajas y sus dificultades, que se muestran resumidas en el análisis FODA siguiente (Fig. 5):

“Durante mucho tiempo, se ha afirmado que la mayoría de los accidentes se de-

ben a errores humanos, y esto es cierto en un sentido, pero no es muy útil. Es como decir que las caídas son debidas a la gravedad.” Trevor Kletz, *Learning from accidents* (1922-2013).

En definitiva, mientras las herramientas más conocidas y utilizadas como el ACR y el HPES se enfocan en causas identificadas en la parte ejecutiva de la organización, la herramienta de análisis MORT permite identificar que los fallos humanos son el efecto o síntoma de problemas más profundos (causas raíces), no son aleatorios, están sistemáticamente vinculados a las características de las herramientas, tareas y ambiente operativo de las personas y no son nunca la conclusión de la investigación, son un paso intermedio. Por tanto, permite identificar con imparcialidad dónde están las debilidades en las direcciones y así identificar el causante real de un suceso radiológico.

En organizaciones en las que se premie la organización bien estructurada con objetivos claros y realistas, líneas de responsabilidad y autoridad bien definidas y enfocadas hacia la mejora continua, la metodología de análisis MORT es, por tanto, la más adecuada.

Bibliografía

- IAEA. Generic Procedures for Assessment and Response during a Radiological Emergency. IAEA-TECDOC-1162, IAEA, Viena (2000).
- IAEA. Nuclear Security Systems and Measures for Major Public Events. IAEA Nuclear Security Series No. 18, IAEA, Viena (2012).
- OIEA. Gestión de la escena de un delito radiológico Series n° 22-G, Viena (2019).
- NUREG-1513. Integrated Safety Analysis Guidance Document. NRC Washington (2001).

Francisco Flores e Irene Ramírez son ingenieros técnicos industriales y forman parte del Grupo de análisis MORT y ACR Human Reliability, de Enginyers Lleida (Col·legi d'Enginyers Graduats i d'Enginyers Tècnics Industrials de Lleida).



BARCELONA

>> Advanced Factories: la transición de la robótica a la inteligencia artificial en la industria

Advanced Factories abrió sus puertas del 3 al 5 de marzo en el Centro de Convenciones Internacional de Barcelona (CCIB) a los profesionales del sector industrial; miles de congresistas y profesionales que buscan descubrir y debatir sobre Inteligencia Artificial, conectividad, automatización industrial y robótica.

De la mano de más de 350 firmas líderes en el sector, como ABB, Accenture, Amada, Delta, HP, Igus, Infaimon, Bosch Rexroth, Seidor, AUSAPE, Siemens, Schunk, Tecnalia, T-Systems, o Universal Robots, entre otras, los profesionales procedentes del sector de la automoción, siderurgia, industria alimentaria, ferroviario, textil o aeronáutica, han podido descubrir las últimas soluciones y equipos para diseñar fábricas avanzadas y conectadas. Todo ello junto a los más de 260 expertos que participaron en el Industry 4.0 Congress, con más de 120 conferencias vertebradas en torno a la innovación en nuevos equipos industriales y procesos de automatización y producción, tecnologías digitales aplicadas a la industria y customización de producto, sin perder de vista la apuesta por la sostenibilidad.

Las necesidades del sector industrial se han visto incrementadas con el desarrollo de la conectividad, la transformación digital y el auge de la Industria 4.0 en los últimos años, lo que ha favorecido la aparición de nuevas formas de negocio, y con ellas, empresas emergentes cuyo eje principal son las nuevas tecnologías.

“Es el momento de que las plantas industriales acojan con los brazos abiertos todas estas tecnologías, así como lo hicieron en la pasada década con los sistemas de automatización”, apuntaba el director de Advanced Factories, Albert Planas. En esta década que estamos iniciando, “la robótica dará paso a la Inteligencia Artificial como instrumento de mejora de la competitividad industrial”, añadía, apoyado por un sinfín de innovaciones que se han dado cita en Advanced Factories, con las últimas soluciones y tecnologías que están transformando las fábricas.

La industria 4.0 es un concepto que ha llegado para quedarse, desde robótica a inteligencia artificial, y por ello es im-

portante que las empresas sean conscientes de los cambios a los que deberán hacer frente en un entorno cada vez más complejo. En este sentido, Alfons Cornella, fundador del Institute of Next, destacó que la clave está en ver “la capacidad de adaptación y de aplicación que tenemos para la tecnología. Las estructuras empresariales deben cambiar ya para que los equipos respondan más rápido, es necesario contar con equipos empoderados y autodirigidos capaces de aplicar esta tecnología de forma eficiente. Pasar del modelo burocrático que es muy lento para responder a los problemas al modelo de equipos pequeños”.

BARCELONA

>> Expoquimia presentará las últimas innovaciones para una química sostenible

La 19ª edición de Expoquimia, el Encuentro Internacional de la Química, dará a conocer los principales avances desarrollados por las empresas líderes del sector para una química más sostenible y respetuosa con el medio ambiente. Organizado por Fira de Barcelona, Expoquimia tendrá lugar del 2 al 5 de junio en los pabellones 2 y 3 del recinto de Gran Vía, con la participación prevista de más de 300 expositores.

Expoquimia 2020 reunirá a una amplia muestra representativa del sector químico español, uno de los más dinámicos y productivos de la economía española. Así, y con el impulso de la Federación Empresarial de la Industria Química Española (FEIQUE), el salón presentará la contribución del sector a la Agenda 2030 y a los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas en el espacio Smart Chemistry Smart Future, que contará con la participación de entidades y empresas como AEQT, Air Liquide, BASF, Bondalti, Carburos Metálicos, Cepsa, ChemMed, Covestro, Ercros, Grupo IQE, Inovyn, Panreac AppliChem, Quimacova, Quimidroga, Repsol, Siemens, Solutex, Ainia, Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial – CDTI, Foro Química y Sociedad, SusChem España y ChemSpain.

En esta misma línea, hacia una química más sostenible y segura, el salón concederá un especial protagonismo a los nuevos materiales y a la biotecnología. Así, en el espacio Mat 20-30, se presentarán los materiales que pueden ser aplicados para desarrollar soluciones alternativas a los materiales tradicionales potenciando los nuevos materiales básicos, las solucio-



nes verdes y los materiales funcionales, y en Expoquimia BIO se ofrecerá a las empresas biotecnológicas y a las industrias una zona para fomentar la colaboración entre ellas, fortaleciendo el establecimiento de nuevos procesos que ayuden a mejorar los mismos reduciendo consumos y potenciando la eficiencia.

HANNOVER

>> Automatización Industrial, exposición clave en Hannover Messe

La Feria anual de Hannover se celebra en Alemania desde hace 60 años y es el principal mercado para tecnologías punteras, materiales e ideas. La exposición reúne ocho importantes ferias en un solo lugar y permite, por tanto, la interacción e integración entre distintas industrias y ámbitos de aplicación. Hannover Messe ofrece automatización de procesos industriales, producción y automatización de edificios, una amplia gama de tecnologías energéticas, software industrial y de servicios, entre muchas otras áreas.

Como impulso clave para la Industria 4.0, la automatización industrial, los robots, cobots y brazos, sus componentes y tecnologías formarán una parte central de Hannover Messe 2020, que se celebra del 13 al 17 de julio. La zona "Automation, Motion & Drives" en los halls 3 a 13 cubre todo el espectro de la automatización inteligente y digital; desde la tecnología de fluidos y transmisión inteligente de energía, sistemas de accionamiento y tracción, robótica, sensores y tecnología de control hasta las soluciones de automatización industrial completas.



MADRID

>> Próxima cita con ChemPlastExpo

ChemPlastExpo es la feria industrial que reúne en Madrid las más innovadoras soluciones en materiales, tecnologías, procesos y maquinaria para la industria química y de la transformación del plástico. Con esta feria los profesionales del sector disponen de 3 días en los que el visitante que busca conocimiento, innovación y competencias para crecer profe-

sionalmente se acerca al expositor capaz de ofrecerle exactamente esas soluciones. La feria tendrá lugar del 5 al 7 de mayo en IFEMA.

Junto al espacio expositivo de ChemPlast se desarrollará también el Congreso de Química Aplicada e Industria 4.0, y también el Congreso Europeo de Ingeniería del Plástico, dos eventos en los que se podrá encontrar, como uno de los temas principales, la implantación de la denominada Industria 4.0 en ambos sectores.

ChemPlast contará también con otros eventos que hacen de CPe una cita ineludible para cualquier profesional del sector de la química y la transformación del plástico. ChemPlast-Expo 2019 cerró sus puertas con más de 8.000 visitantes.

ÁMSTERDAM

>> Integrated Systems Europe (ISE), la mayor feria mundial de integración IT/AV

El RAI Amsterdam Convention Centre acogió del 11 al 14 de febrero la feria Integrated Systems Europe (ISE). Se trata del certamen mundial más importante y creciente de los últimos quince años en el ámbito dedicado a la integración de sistemas y la tecnología audiovisual, que a partir de su siguiente edición, en 2021, llegará a España y más concretamente, a Barcelona.

Más de 200 empresas expusieron en ISE por primera vez este año, donde se aseguraron de que los asistentes tuvieran una selección actualizada de nuevas soluciones para explorar. Los expositores abarcan una amplia gama de tecnologías, mercados y soluciones.

A lo largo de quince pabellones y seis zonas tecnológicas (Audio & Live Events, Digital Signage & Dooh, Education Technology, Residential, Smart Building y Unified Communications), los expositores mostraron sus últimas novedades. Este año se han visto muchos monitores, pantallas y digital signage, así como altavoces y sistemas de control, y una gran cantidad de accesorios para el hogar inteligente. Un total de 34 empresas españolas asistieron a ISE 2020.

El evento se ha celebrado con normalidad, si bien ha disminuido la cifra de visitantes, que ha rondado los 52.000, 30.000 menos que en la edición anterior. Ha sido la última convocatoria de Integrated Systems Europe en el recinto ferial de Ámsterdam, ya que el año que viene se celebrará en Fira de Barcelona.



El autómatas ajedrecista de Leonardo Torres Quevedo, precursor de la inteligencia artificial

A principios del siglo XX, en la llamada Edad de Plata de la ciencia española, encontramos una figura que supo combinar como ninguna otra sus aptitudes de inventor y sus virtudes como científico. Sus trabajos alcanzaron gran repercusión internacional y son recordados como precursores de la inteligencia artificial en los inicios del siglo XX. Este insigne ingeniero es **Leonardo Torres Quevedo**

Rosa Lerma

“Los humanos tienen sueños. Hasta los perros tienen sueños, pero no tú. Tú eres solo una máquina. Una imitación de la vida. ¿Puede un robot escribir una sinfonía? ¿Puede un robot convertir un lienzo en una obra maestra?”. El detective Del Spooner, interpretado por Will Smith en la película *Yo, robot* (2004), le decía estas palabras a Sonny, robot y principal sospechoso del asesinato de su creador. Muy astutamente, Sonny le respondía: “¿Podría usted?”. Este film distópico, dirigido por Alex Proyas, reflejaba, como tantas otras producciones literarias y audiovisuales, uno de los mayores miedos que la humanidad tiene en cuanto a la convivencia con las máquinas se refiere, la humanización y rebelión.

Algunos estudios confirman que probablemente seamos una de las últimas generaciones más inteligentes que sus propias máquinas. Estamos viviendo el crecimiento de una inteligencia exponencial que supondrá un cambio social nunca antes experimentado. El deep learning o el machine learning son conceptos a la orden del día que demuestran que la Inteligencia Artificial está más viva que nunca, como se ha reflejado a lo largo de este número de la revista.

Ni el mismísimo John McCarthy, cuando acuñó el concepto en el año 1956, podría imaginar hasta dónde ha llegado y llegará esta creación. Tampoco lo podría imaginar el ingeniero español Leonardo Torres Quevedo, quien incluyó, entre sus muchas áreas de trabajo, a la cibernética, la madre de la IA (1852-1936). Hijo del Ingeniero de Caminos Luis Torres Vildósola y Urquijo, supo combinar desde joven sus dotes de inventor con sus virtudes como científico. Así lo demuestran creaciones como el Telekino, un sistema de control remoto y el autómatas ajedrecista, una máquina capaz de jugar al ajedrez de manera autónoma.

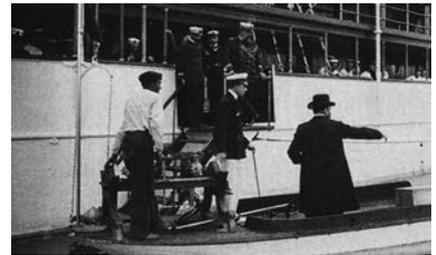


Detalle del Telekino, en el Museo Torres Quevedo de la Universidad Politécnica de Madrid.

Durante la que fue llamada Edad de Plata de la ciencia española y gracias a la herencia recibida por parte de las hermanas Barrenechea, este cántabro con raíces bilbaínas pudo dedicar tiempo a sus ingenios sin preocupaciones económicas. Siguiendo los pasos de su padre ingresó en la Escuela Oficial del Cuerpo de Ingenieros de Caminos en 1871, para graduarse, cuarto de su promoción, en 1876. Tras terminar sus estudios, Torres Quevedo comenzó a trabajar para la empresa de ferrocarriles en la que estaba empleado su padre. Poco tiempo después decidió dejar el puesto para viajar por Europa y, así, conocer de primera mano los avances tecnológicos y científicos que se estaban desarrollando fuera del país, especialmente en el área de la electricidad.

Transbordadores y funiculares

A su vuelta, instaló su residencia temporalmente en Santander y, posteriormente en Madrid, ciudades que eligió para invertir su tiempo y recursos en investigación. Una de las principales áreas de trabajo en la que se implicó en este periodo estuvo relacionada con los transbordadores y funiculares para el transporte de personas, presentando su primera patente en Suiza en el año 1890. A pesar de ser rechazado, Torres Quevedo no cesó en su empeño y, fruto de su persistencia, 17 años después nació el



Demostración del Telekino en el puerto de Bilbao (año 1906).

tranvía aéreo del monte Ulía, el primero apto para el transporte público de personas que permitía acceso a la montaña y se convirtió en atracción turística.

El éxito de este proyecto radica en el hecho de que logró un alto nivel de seguridad, liberando un punto fijo de apoyo del cable por el que discurre la barquilla y reemplazándolo por una polea con pesos asegurando, así, la tensión correcta en dichos cables a lo largo de todo el trayecto. Dichos cables eran múltiples por lo que, en caso de rotura de uno de ellos, la tensión se distribuía equitativamente entre el resto.

Aunque la inauguración del Parque de Atracciones del Monte Igueldo en 1912 dejase al invento de Torres Quevedo en un segundo plano, hasta el punto de llegar a su desaparición, sirvió como precedente de lo que sería la culminación de 20 años de investigación, el Spanish Aerocar, situado en las cataratas del Río Niágara. En agosto de 1916 se inauguraba oficialmente el que, a día de hoy, es el teleférico en funcionamiento más antiguo del mundo y que transporta hasta 35 pasajeros de una zona a otra del río, ambas en territorio canadiense, cruzando la frontera estadounidense y canadiense cuatro veces en un viaje completo.

El Spanish Aerocar recorre 539 metros de distancia a una velocidad de 7 km/h, suspendido en seis cables de acero entrelazados a una altura máxima de



Leonardo Torres Quevedo.



Vista general y detalle del segundo prototipo del Ajedrecista autómatas. Museo Torres Quevedo de la UPM.

61 metros de altura, y propulsado por un motor eléctrico de 50 caballos.

Cabe destacar que, además de sus fondos propios, el Estado español apostó firmemente por las investigaciones de Torres Quevedo, creando y financiando en 1901 el Laboratorio de Mecánica Aplicada, más tarde de Automática, del cual fue nombrado director. Ese mismo año tomó posesión como académico en la Real Academia de Ciencias Exactas, la cual presidiría años más tarde, desde 1928 hasta 1934.

Globo dirigible

Pero Torres Quevedo no solo destacó por sus proyectos en el área de la Mecánica Aplicada, sino que también lo hizo en el de la aeronáutica con el globo dirigible Astra-Torres, cuya novedad respecto al invento de Zeppelin residía en su maleabilidad. Hasta el año 1902 existían dos tipos de dirigibles, los rígidos y los flexibles. Los primeros, conocidos por el nombre de su inventor, Zeppelin, estaban compuestos de un armazón metálico cubierto de tela y lleno de gas; mientras que los segundos carecían de ningún esqueleto interior.

Torres Quevedo quiso aprovechar las ventajas de los globos dirigibles flexibles, como la capacidad de disminuir su volumen en caso de maniobra para evitar cualquier tipo de colisión, sin



Spanish Aerocar, en la actualidad. Marriott Niagara Falls.

perder la estabilidad y calidad de vuelo que ofrecían los rígidos. Así, logró crear un modelo con una armadura flexible, conformada por telas y cuerdas que se mantenían tirantes gracias a la presión del gas del globo. Esta novedad impedía que el mismo se deformase a causa del peso de los pasajeros o los motores y, a la vez, podía ser deshinchado y reducir su volumen en caso de ser necesario o al llegar a tierra firme. Las innumerables ventajas del Astra-Torres no tardaron en ser valoradas por los ejércitos francés e inglés, quienes contaron con varios prototipos durante la Primera Guerra Mundial.

Tanto en España como en Francia premiaron en repetidas ocasiones las aportaciones que Torres Quevedo hizo a la comunidad científica. Entre los reconocimientos a su carrera profesional se encuentra el Premio Echegaray, medalla que le entregó el Rey Alfonso XIII; o el nombramiento como Doctor Honoris Causa por la Sorbona de París en 1922. Tan solo cinco años después, la Academia de Ciencias de París eligió al ingeniero cántabro como uno de los doce miembros "Asociados Extranjeros" con 34 votos frente a los cuatro de Rutherford o los dos de Ramón y Cajal. Por aquel entonces, Torres Quevedo se encontraba prácticamente retirado, aunque no cesó en su labor como inventor hasta casi sus últimos días.

De este periodo son algunos de sus creaciones consideradas como menores, como la máquina de escribir, el puntero proyectable o el proyector didáctico. En plena Guerra Civil, el 18 de diciembre de 1936, España diría adiós a uno de los científicos más importantes de nuestro país, considerado un adelantado a su

tiempo. Aunque algunos de sus proyectos inspiraron a la hora de plantear y generar tecnologías tan actuales como lo es la Inteligencia Artificial, su figura no tardó en caer en el olvido. Sin embargo, el legado de su obra hoy está más vivo que nunca.

El Ajedrecista autómatas

Como precursor de la actual Inteligencia Artificial, Leonardo Torres Quevedo también trabajó en el área de la cibernética hasta conseguir la automatización del ajedrez. Para ello, diseñó dos máquinas a lo largo de su vida. La primera nació como modelo experimental en 1912 pero, tras el éxito cosechado en su presentación en La Sorbona de París en 1914, decidió proyectar una nueva versión y mejorar, así, los pequeños fallos detectados en la primera creación.

El primer ajedrecista autómatas contaba con una especie de brazos articulados que movían las piezas blancas, bando elegido por Torres Quevedo para su autómatas, gracias a un complicado mecanismo compuesto de ejes, tambores, trenes epicicloidales y lanzaderas. Aunque solo jugaba finales de torre y rey contra rey, y no siempre llegaba al mate en el número mínimo de movimientos, a causa del algoritmo simple que evaluaba las posiciones, lo hacía con una exactitud total, sin el más mínimo error. El ingeniero cántabro había 'programado' la mejor respuesta a cada jugada que se pudiera dar en este tipo de final, por lo que el autómatas estaba preparado para ganar siempre.

El segundo ajedrecista, creado junto con su hijo Gonzalo Torres Polanco en 1919, destacado ajedrecista madrileño, tuvo todavía más impacto para el públi-

co que presenció su presentación. En este prototipo sustituyó los brazos que manejaban las piezas por electroimanes situados debajo del tablero, por lo que parecía que las mismas se desplazaban solas, algo impensable para la época. Además, el autómatas era capaz de avisar, a través de una bombilla que se iluminaba, si había un jaque o si se había realizado alguna jugada ilegal. El ajedrecista estaba programado para rechazar dichas ilegalidades durante la partida, tanto, que a la tercera jugada ilegal que detectase se apagaba y dejaba de funcionar.

En este sentido, uno de los mayores logros de Torres Quevedo fue el lograr que el automatizar el juego de ajedrez fuese un reto para el resto de investigadores y científicos que dedicaron su vida a la cibernética o a la IA. Este desafío tecnológico no sería conseguido hasta el año 1997, cuando la supercomputadora Deep Blue, creada y desarrollada por la marca estadounidense IBM, gana 6 partidas consecutivas al ajedrecista campeón del mundo, Gary Kasparov.

Telekino, el primer aparato de mando a distancia

El mando a distancia como lo conocemos actualmente tiene que agradecer a Leonardo Torres Quevedo sus investigaciones en este campo. El Telekino, nombre con el que fue bautizado este sistema de control remoto, nació en 1903



Dirigible Astra Torres de la Royal Navy.

Uno de los mayores logros de Torres Quevedo fue lograr que automatizar el juego de ajedrez fuese un reto para los científicos

El Telekino fue el primer aparato de radio dirección del mundo, y Torres Quevedo pionero en el campo del control a distancia

con la motivación de manejar dirigibles sin que nadie corriese peligro pero, finalmente, decidió experimentar con embar-

caciones marítimas. Este fue el primer aparato de radio dirección del mundo, convirtiendo así a Torres Quevedo en pionero a nivel mundial en el campo del control a distancia.

El ingeniero cántabro transformó un receptor de telégrafos de sistema morse para enviar directrices, mediante ondas hertzianas, a una estación receptora que estaba unida a dos termo-motores, uno para mover la hélice y otro el timón. Tras varias pruebas, en 1906 presentó oficialmente su Telekino, en el puerto de Bilbao, maniobrando un bote a distancia ante el rey Alfonso XIII y una gran multitud de personas, quienes quedaron impresionados.

Más de 100 años después, en el año 2007, el Telekino de Torres Quevedo sería valorado como hito para la historia de la ingeniería a escala mundial al ser reconocido como milestone por el Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). Se trataba de la primera creación española que entraba a formar parte de esta lista, en la que encontramos inventos de Benjamin Franklin, Alessandro Volta y Guglielmo Marconi, entre otros.

Este y otros prototipos del inventor siguen vivos gracias al museo dedicado a su persona, ubicado en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Madrid.

Ensayos sobre Automática

De las manos y el intelecto de este ingeniero cántabro nació la que sería una de las obras cumbre de la Historia de la Ciencia y de la Técnica española: los *Ensayos sobre Automática. Su definición. Extensión teórica de sus aplicaciones*. En ella, publicada en la Revista de la Real Academia de las Ciencias de Madrid, Torres Quevedo adelanta sistemas para realizar operaciones aritméticas mediante procesos digitales, introduciendo la idea de los circuitos de conmutación mediante relés, única posibilidad en aquella época; y desarrolla un procedimiento original para comparar dos cantidades.

En esta obra científica expone los principios de una nueva disciplina, la Automática. Dentro de esta materia innovadora estudia, como él mismo dice, “los procedimientos que pueden aplicarse a la construcción de autómatas dotados de una vida de relación más o menos complicada”, es decir, intenta crear máquinas capaces de simular y re-crear el pensamiento y la acción humana.

Describe dos tipos de autómatas: aquellos que según “las circunstancias que regulen su acción actúen de un

modo continuo”, y aquellos que lo hagan de manera brusca o intermitente. Los que se encuentren dentro del primer grupo, se desarrollarían dentro de un método analógico; mientras que los que se engloban en el segundo, es decir, su variación fuese intermitente, hablaríamos de sistemas digitales, numéricos o discretos.

Con la publicación de este ensayo da una vuelta de rosca a la idea, ya planteada por el científico y matemático británico Charles Babbage, de crear una “máquina pensante” utilizando medios únicamente mecánicos. Así, Torres Quevedo resuelve el problema de una manera sencilla pero revolucionaria, utilizando medios electrotécnicos. La descripción que el ingeniero hace de estos autómatas es clara: serían aparatos sensibles a las circunstancias externas, es decir, tendrían sentidos; serían capaces de ejecutar operaciones, poseerían miembros, dispondrían de la energía necesaria y, además, tendrían capacidad de discernimiento entre diferentes opciones (objeto principal de la Automática). En este sentido, sus palabras suenan a actualidad, pero no se debe olvidar que este ensayo fue presentado en el año 1914.

ESCUELA DE FOMENTO INDUSTRIAL E.F.I.

Presentación

La Escuela de Fomento Industrial (E.F.I.) nace en el Patronato de la Fundación Técnica Industrial como idea de fomento del motor principal de la economía de un Estado, “la industria”, sin la cual no es posible el desarrollo económico.

Fines y objetivos

El objeto y finalidad es impartir en los Colegios Oficiales de Ingenieros Técnicos Industriales del territorio nacional, unos cursos presenciales de desarrollo directivo en la industria, impartidos por profesionales de esta formación específica en dirección empresarial.

La E.F.I. pretende ser un apoyo y una ayuda a los directivos y técnicos de nuestra industria.

¿Qué ofrecemos?

Se trata de cursos eminentemente prácticos, dirigidos a quienes trabajan en la dirección y “staff” de las pequeñas y medianas industrias y empresas de nuestro territorio estatal, para dotarles de las herramientas necesarias con el fin de desarrollar, con mayor eficacia y precisión, su labor, mejorando procesos productivos, de gestión, estrategias, logística, suministros...

Son cursos a unos costes muy reducidos en comparación a los impartidos por centros universitarios y escuelas de negocios.

FUNDACIÓN TÉCNICA INDUSTRIAL

Avda. Pablo Iglesias 2, 2º - 28003 Madrid

☎ 91 554 18 06 - 💻 91 553 75 66

✉ fundacion@fundaciontindustrial.es

Cursos de la E.F.I.

Desarrollo directivo: Bloque 1º

- Lean Manufacturing
Toyota Production System (Curso 16 h.)
- Ingeniería de Procesos
Métodos y Tiempos (Curso 8 h.)
- Gestión y Control de Costes (Curso 8 h.)

Desarrollo directivo: Bloque 2º

- Estrategia y Planificación de Operaciones (Curso 20 h.)
- Logística y Supply Chain Management (Curso 24 h.)
- Gestión de Proyectos (Curso 12 h.)

Área de ingeniería forense

- Actuación pericial (Curso 16 h.)
- Valoración de industrias (Curso 24 h.)
- Reconstrucción de accidentes (Curso 32 h.)

Área de liderazgo y competitividad

- Liderazgo en la industria (Seminario 4 h.)
- Competencias del liderazgo (Curso 8 h.)
- Liderazgo entornos industriales (Curso 8 h.)

Área de gestión empresarial

- Growth engine (Curso 60 h.)

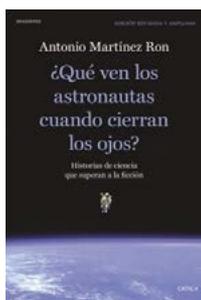
¿Qué ven los astronautas cuando cierran los ojos? Historias de ciencia que superan a la ficción

Antonio Martínez Ron

Editorial Crítica. 376 págs.

ISBN 9788491991533

En la primera noche de viaje hacia la Luna, Buzz Aldrin notó que sucedía algo extraño cuando cerraba los ojos. Primero pensó que estaba en su cabeza, pero más adelante descubrió que también le sucedía a sus compañeros. Ninguno de los astronautas del Apolo 11 estaba preparado para aquella alteración de la vista, un fenómeno que hasta entonces nadie había experimentado. Con este inquietante planteamiento arranca esta selección de reportajes y relatos escritos por el perio-



dista científico Antonio Martínez Ron en los últimos años. Por sus páginas aparecen físicos que provocan auroras boreales, patólogos que roban cerebros y soldados que se lanzan

en pijama desde el límite de la estratosfera. Historias que podrían aparecer en una obra de ciencia ficción, pero que tienen el valor añadido de que sucedieron de verdad. Un recordatorio de que el mundo es mucho más raro y fascinante de lo que pensamos y de que la ciencia es la mayor fuente de sucesos extraordinarios.

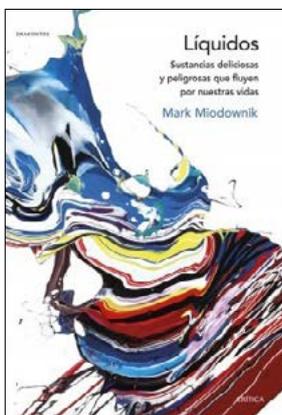
A través de este proyecto, que llega a realizarse gracias a la recaudación de fondos a mediante un crowdfunding, Martínez Ron confirma que es posible contar historias emocionantes y rigurosas. Esta recopilación de algunas de las historias que más impacto han tenido en el portal Fogonazos.es a lo largo de los últimos 10 años, no compone un libro sobre Física y supernovas, sino que nos hace recordar que pueden suceder las cosas más rocambolescas e inimaginables a nuestro alrededor, con tramas que superan la mejor ficción literaria.

Líquidos. Sustancias deliciosas y peligrosas que fluyen por nuestras vidas

Mark Miodownik

Editorial Crítica. 256 págs.

ISBN 9788491991816



“En el caso de los líquidos, el placer y la sospecha van de la mano. Son equívocos por naturaleza: no son gases ni sólidos, sino algo intermedio, algo inescrutable y misterioso”. Bajo esta premisa, Mark Miodownik, reconocido como uno de los científicos más influyentes por The Times, realiza en este libro un viaje fascinante a través del mundo de los líquidos. Si, esas sustancias que nos rodean cotidianamente pero que, si los observamos detenidamente, pueden revelarse como sorprendentes o siniestras.

Estructurado a partir de un trayecto en avión, en el cual nos podemos encontrar con sustancias como el agua, el pegamento, el café o el vino; nos enseña que hay líquidos que pueden provocar, a la vez, destrucción y fascinación.

Miodownik, maestro de la divulgación científica, da vida a lo cotidiano analizando instrumentos básicos como lo puede ser el bolígrafo, invento de Lászlo Biró, el queroseño de Abraham Gesner, pasando por la vanguardista investigación de las carreteras autorreparables. Desvela por qué los líquidos pueden fluir tanto colina abajo como hacia arriba por el interior de los árboles, por qué el aceite es pegajoso, cómo las olas del mar viajan tan lejos y cómo preparar la perfecta taza de té.

Al finalizar este camino de la mano de Miodownik habremos entendido, por fin, la naturaleza de esos elementos de los que dependemos, pero cuya naturaleza nos es desconocida.

PYTHON 3

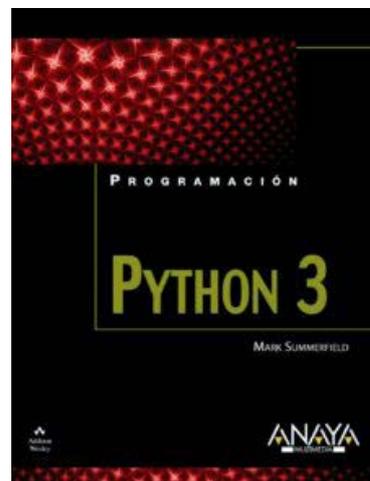
Mark Summerfield

Editorial Anaya. 512 págs.

ISBN 9788441526136

Python 3 es, hasta la fecha, la mejor versión de este lenguaje: es más potente, práctico, consistente y expresivo que cualquier versión anterior. Ahora, el destacado programador de Python, Mark Summerfield, nos demuestra cómo codificar aprovechando todas las características y estilos de esta nueva versión. En este libro se reúnen todos los conocimientos necesarios para escribir cualquier programa, utilizar cualquier biblioteca Python 3 estándar o de un tercero, y crear nuevos módulos de bibliotecas propias.

Este manual trata áreas tan interesantes como la creación de paquetes y módulos a medida, la escritura y lectura de archivos binarios, de texto y XML, la creación de aplicaciones GUI útiles y eficientes o técnicas de programación avanzada, como generadores, decoradores de clase, y función y administradores de contexto.





COGITI

Formación

e-learning



Campus Virtual: Oferta formativa - Selección de cursos

Diseño y Cálculo de Estructuras EAE

Perfeccionamiento en Cálculo de instalaciones de Baja Tensión

Diseño de instalación de evaluación de humos UNE 23585

Introducción al Lean Manufacturing

Herramientas de Gestión Empresarial

Proyecto de reforma de y completado de vehículos

Eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior

Aplicación práctica del Documento Básico de Seguridad contra incendios y del Documento de Seguridad de Utilización del C.T.E.

Eficiencia Energética en Redes Eléctricas de B.T, Arranque de Motores Asíncronos

Instalaciones solares fotovoltaicas

Autocad Práctico y 3D Con REVIT

Acústica industrial

PLCs, programación lineal y estructurada (Step7 Siemens)

Diseño y cálculo de estructuras de hormigón con CYPECAD

Diseño y cálculo de instalaciones de energía solar térmica

Fabricación Aditiva (Impresión 3D)

Autómatas programables PLC en aplicaciones de automatización industrial

Hidráulica aplicada. Conducciones y estaciones de bombeo

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

