

Técnica Industrial 337

Recursos hídricos

RESISTENCIA AL FUEGO

Disponible en las estructuras de edificaciones con instalaciones fotovoltaicas

ANÁLISIS DE SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE LAS CUBIERTAS

Repercusión del método de cálculo de los contrapesos de las instalaciones fotovoltaicas

CÓDICE MADRID I

Un análisis de los mecanismos del primer tratado completo de sistemas mecánicos

ESTACIONES DE INSPECCIÓN TÉCNICA DE VEHÍCULOS

Análisis de la aportación de las estaciones de ITV a la reducción de contaminantes en vehículos automóviles

CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

Aplicación de los métodos de ayuda a la toma de decisión para el análisis temporal de la contaminación ambiental en una ciudad

REPORTAJE

España ante el reto de la gestión sostenible del agua

BARÓMETRO INDUSTRIAL

La situación de la industria en España

ENTREVISTA

Alfredo Berges, presidente de la Asociación Española de Normalización (UNE)

¡COLÉGIATE!

Numerosas ventajas,
¡conócelas!



¡INFÓRMATE!

->En tu Colegio Profesional
->En <https://cogiti.es/colegiacion>

Ventajas de la Colegiación

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

EN PORTADA Recursos hídricos



- 12 España ante el reto de la gestión sostenible del agua.** El agua es un recurso esencial para la vida, la salud, la producción de alimentos y la generación de energía. Sin embargo, su disponibilidad y calidad se ven amenazadas por factores como el crecimiento demográfico, el desarrollo económico, la contaminación y el cambio climático. *Marita Morcillo.*
- 16 ENTREVISTA Irene Bustamante.** Directora del instituto de investigación IMDEA Agua: "Nuestras investigaciones generan conocimiento y aportan soluciones que contribuyen a la sostenibilidad hídrica del planeta". *Marita Morcillo.*
- 19 Desaladoras como alternativa a los recursos hídricos tradicionales.** *Mónica Ramírez.*
- 20 ENTREVISTA Manuel Romero Ortiz.** Consejero delegado de EMASESA (Empresa Metropolitana de Abastecimiento y Saneamiento de Aguas de Sevilla, S.A): "La digitalización ha supuesto un punto de inflexión importantísimo para el control y la mejora de nuestra eficiencia". *Mónica Ramírez.*
- 22 ENTREVISTA Luis Alonso Gómez.** Ingeniero Técnico Industrial, y responsable de Ahorro y Eficiencia Hídrica y jefe de la Oficina de la Sequía en EMASESA Metropolitana: "En relación a la disponibilidad de recursos, el gran avance de los próximos años vendrá de la reutilización de aguas regeneradas". *Mónica Ramírez.*
- 24 ENTREVISTA Carlos Novillo.** Consejero de Medio Ambiente, Agricultura e Interior de la Comunidad de Madrid, y presidente del Canal de Isabel II: "Nuestro plan no pasa por aumentar los recursos existentes, sino por mejorar y optimizar la manera en que se gestionan". *Mónica Ramírez.*
- 26 Consorci d'Aigües de Tarragona (CAT):** el motor de desarrollo que transformó la demarcación de Tarragona. *CAT.*
- 28 ENTREVISTA Ariosto de Haro Yéboles.** Director del I Congreso Internacional de Balsas y Vertederos: "Pretendemos un encuentro que comparta información y novedades sobre el mundo de la impermeabilización". *Mónica Ramírez.*

Foto de portada: Shutterstock.

ACTUALIDAD

- 04 ENTREVISTA Alfredo Berges Valdecantos.** Presidente de la Asociación Española de Normalización, UNE: "Los colegios profesionales tienen una destacada implicación en la elaboración de normas UNE por su gran conocimiento técnico". *Mónica Ramírez.*
- 08 VII Barómetro Industrial: La situación de la industria en España.** Por séptimo año consecutivo, la situación de la industria en España vuelve a ser analizada en una nueva edición del informe del Barómetro Industrial del COGITI – Cátedra Internacional COGITI de Ingeniería y Política Industrial (UCAM), correspondiente a 2023. *Mónica Ramírez.*

88 FERIAS Y CONGRESOS

ARTÍCULOS

- 30 ORIGINAL**
Resistencia al fuego disponible en las estructuras de edificaciones con instalaciones fotovoltaicas
Fire resistance available in building structures with photovoltaic installations
Manuel Fernández Casares y Julián Plácido Pecharromás Sacristán
- 38 ORIGINAL**
Análisis de seguridad estructural de las cubiertas. Repercusión del método de cálculo de los contrapesos de las instalaciones fotovoltaicas
Structural safety analysis of the roofs. Impact of the method of calculating the counterweights of photovoltaic installations
Manuel Fernández Casares y Julián Plácido Pecharromás Sacristán
- 44 ORIGINAL**
Código Madrid I: Un análisis de los mecanismos del primer tratado completo de sistemas mecánicos
Codex Madrid I: A mechanisms analysis of the first complete treatise on mechanical systems
H. Rubio Alonso, A. Bustos Caballero, C. Castejón Sisamón, y J. Meneses Alonso
- 54 ORIGINAL**
Análisis de la aportación de las estaciones de inspección técnica de vehículos a la reducción de contaminantes en vehículos automóviles
Analysis of the contribution of vehicle technical inspection stations to the reduction of pollutants in motor vehicles
Fernando Martín Duarte y Miguel Ángel Sebastián Pérez
- 64 ORIGINAL**
Aplicación de los métodos de ayuda a la toma de decisión para el análisis temporal de la contaminación ambiental en una ciudad
Application of decision-making methods for the temporary analysis of environmental pollution in a city
Emilio José García Vilchez

INGENIERÍA Y HUMANIDADES

- 92 INGENIEROS EN LA HISTORIA Wilhelm Conrad Röntgen,** el ingeniero mecánico que revolucionó la medicina con el descubrimiento de los rayos X
Laura Álvaro

96 Publicaciones

PROFESIÓN

3 **Editorial** Cincuenta aniversario de una ley al servicio de la sociedad
José Antonio Galdón Ruiz

76 **El 74% del sector considera que el debilitamiento de la industria española se debe a cuestiones estructurales.** Según se desprende de la encuesta del Barómetro Industrial 2023 del COGITI, realizada a cerca de 3.000 ingenieros de la rama industrial, la mayoría de los profesionales encuestados considera que la situación actual se debe más a cuestiones estructurales que coyunturales.



77 **La Ingeniería Técnica reclama una Ley de la Ingeniería que ponga orden a la situación actual**
 77 **Cincuenta años de la Ley de Colegios Profesionales al servicio de la sociedad**

78 **El presidente de COGITI recibe el Premio a la Excelencia en Defensa de la Industria**



78 **El Foro de Seguridad Industrial pide actualizar la Ley de Industria**

79 **La Ingeniería Técnica ofrece su colaboración y opinión técnica a diputados y senadores**



79 **El COGITI participa en una jornada de la feria internacional GENERA**

80 **ENTREVISTA Alfonso Castro Rodríguez.** Presidente de la Asociación Estatal de Representantes de Alumnos de Ingenierías en el Ámbito Industrial (AERRAATI): “Es un gran momento para estudiar una ingeniería de la rama industrial, por la alta demanda de nuestros perfiles”. **Mónica Ramírez.**



82 **70 años de historia consolidan a Técnica Industrial como publicación de referencia de la ingeniería e industria españolas**



86 **ENTREVISTA Mónica Ariño Castellano.** Ingeniera Técnica Industrial y responsable local en Derichebourg España: “La principal dificultad con la que me encuentro todos los días es la retención del talento, la regulación gubernamental y la demanda de sostenibilidad”. **Mónica Ramírez.**



95 **UAITIE Plan Estratégico de la Unión de Asociaciones de Ingenieros Técnicos Industriales y Graduados en Ingeniería de la rama industrial de España 2024-2027**



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 Colegios de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de España (COGITI).

**Fundación Técnica Industrial
 Comisión Ejecutiva**

Presidente José Antonio Galdón Ruiz
Vicepresidenta Ana M^a Jáuregui Ramírez
Secretario Jesús E. García Gutiérrez
Tesorero Alejandro Sotodosos Fernández
Interventor Antonio Ruiz Saiz
Vocales Diego Pérez Muñoz y Mar López Almagro
Gerente Santiago Crivillé Andreu

Patronos

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

- A Coruña** Macario Yebra Lemos
- Álava** Alberto Martínez Martínez
- Albacete** Emilio Antonio López Moreno
- Alicante** Antonio Martínez-Canales Murcia
- Almería** Francisco Lores Llamas
- Aragón** Enrique Zaro Giménez
- Ávila** Samuel Gavilán López
- Badajoz** Vicenta Gómez Garrido
- Illes Balears** Sebastián Frongia
- Barcelona** Miquel Darnés i Cirera
- Bizkaia** Alberto García Lizaranzu
- Burgos** Antonio Ruiz Saiz
- Cáceres** Fernando Doncel Blázquez
- Cádiz** Domingo Villero Carro
- Cantabria** Luis Miguel Muñoz González
- Castellón** José Luis Ginés Porcar
- Ciudad Real** José Carlos Pardo García
- Córdoba** Francisco López Castillo
- Garraf i l'Alt Penedès** Mar López Almagro
- Gipuzkoa** Santiago Beasain Biurrarena
- Girona** Jordi Fabrellas Payret
- Granada** Fernando Terrón Bote
- Guadalajara** Juan José Cruz García
- Huelva** Manuel León Gómez
- Jaén** Rafael Fernández Mesa
- La Rioja** Jesús Vellilla García
- Las Palmas** José Antonio Marrero Nieto
- León** José Antonio Cuba Cal
- Lleida** Ramón Grau Lanau
- Lugo** Jorge Rivera Gómez
- Madrid** José Antonio Galdón Ruiz
- Málaga** José B. Zayas López
- Manresa** Jordi Valiente Prat
- Región de Murcia** Miguel Ángel Sola Navarro
- Navarra** Luis Maestu Martínez
- Ourense** Santiago Gómez-Randulfe Álvarez
- Palencia** Jesús de la Fuente Valtierra
- Principado de Asturias** Diego Pérez Muñoz
- Salamanca** José Luis Martín Sánchez
- S. C. Tenerife** Antonio M. Rodríguez Hernández
- Segovia** Gabriel Vallejo Álvarez
- Sevilla** Ana M^a Jáuregui Ramírez
- Soria** Levy Garjo Tarancón
- Tarragona** Joan Gabriel Talam Maigí
- Toledo** Ángel Carrero Romero
- Valencia** Angélica Gómez González
- Valladolid** Rafael Álvarez Palla
- Vigo** Jorge Cerqueiro Pequeño
- Zamora** Jose Luis Hernández Merchán

50 aniversario de una ley al servicio de la sociedad



Foto: Shutterstock.

En el 50 aniversario de la Ley 2/1974, de 13 de febrero, sobre Colegios Profesionales, nos encontramos ante una oportunidad única para valorar la trascendencia de este marco legal en el contexto de la sociedad y la Ingeniería Técnica Industrial en España. Esta ley no solo ha marcado la regulación y el reconocimiento de las profesiones durante cinco décadas, sino que también ha establecido un compromiso inquebrantable con la calidad, la competencia profesional y la defensa de los intereses sociales.

La Constitución Española, en su artículo 36, reconoce y ampara la creación de los Colegios Profesionales, asignándoles un papel indispensable en la ordenación del ejercicio de las profesiones. Este reconocimiento constitucional subraya la importancia de los Colegios no solo como entidades de regulación profesional, sino también como pilares fundamentales en la protección y el avance de los derechos de los ciudadanos. La interacción entre la Ley de Colegios Profesionales y la Constitución ha creado un entorno en el que la ética, la responsabilidad y la excelencia profesional se erigen como principios rectores del ejercicio profesional.

Los Colegios Profesionales, bajo este marco, han ejercido una función dual de suma importancia. Por un lado, garantizan que los profesionales del sector cumplan con los más altos estándares de calidad y competencia, a través de la formación continua y el desarrollo profesional. Por otro lado, actúan como protectores de los intereses de los consumidores y usuarios, asegurando que los servicios prestados cumplan con las expectativas de calidad, seguridad y eficiencia.

Este equilibrio entre la defensa de los intereses profesionales y la protección de los derechos de los ciudadanos es fundamental para entender el papel de los Colegios Profesionales en nuestra sociedad. Más allá de su función reguladora, los Colegios repre-

sentan un compromiso con el bienestar colectivo, la innovación y el progreso sostenible.

A lo largo de estas cinco décadas, la Ley sobre Colegios Profesionales ha sido testigo y protagonista de numerosas transformaciones, adaptándose a las evoluciones sociales, tecnológicas y económicas de nuestro país. Cada modificación legislativa ha reflejado un esfuerzo por mejorar, por responder a los desafíos del momento y por reforzar la contribución de los profesionales a la sociedad.

Mirando hacia el futuro, es crucial que continuemos este proceso de adaptación y mejora. Los retos del siglo XXI, marcados por la digitalización, la sostenibilidad y la globalización, exigen una respuesta firme y coherente por parte de los Colegios Profesionales. En este contexto, la Ley de Colegios Profesionales se presenta como un instrumento clave para fomentar la excelencia, la ética y la innovación entre los profesionales que, sin lugar a duda, son la esencia y el corazón de estas instituciones.

En este aniversario, celebramos tanto la robustez de un marco legal que ha sabido mantenerse relevante y efectivo a lo largo de las décadas, como el espíritu, la habilidad y el compromiso de los profesionales que dan vida a este marco. El futuro de las profesiones y su contribución al bienestar social dependen de esta interacción dinámica entre la estructura organizativa de los Colegios Profesionales y la vocación, la ética y la excelencia de los profesionales que los componen. Juntos, marco legal y profesionales, forjan el camino hacia un desarrollo sostenible y una sociedad más justa y segura.

José Antonio Galdón Ruiz

Presidente del Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España y de la Fundación Técnica Industrial

Alfredo Berges

Presidente de la Asociación Española de Normalización, UNE

“Los colegios profesionales tienen una destacada implicación en la elaboración de normas UNE por su gran conocimiento técnico”

Mónica Ramírez

Alfredo Berges fue nombrado presidente de la Asociación Española de Normalización, UNE, el 20 de diciembre de 2022, en la votación celebrada entre los integrantes de la Junta Directiva de UNE. Berges ocupaba la Vicepresidencia de UNE desde que accedió a esta responsabilidad, en el año 2018, y ha venido participando en su Comisión Permanente.

Además, es presidente del Observatorio de Vigilancia de Mercado de UNE y director general de ANFALUM (Asociación Española de Fabricantes de Iluminación) desde su creación en 1981, y ha desarrollado toda su carrera alrededor de la industria de la iluminación.

Como presidente de UNE desde diciembre de 2022, ¿cuál es su balance de la actividad realizada hasta el momento actual?

En primer lugar, me siento muy honrado por presidir la Asociación Española de Normalización, UNE, cuyos miembros representan a la práctica totalidad del tejido productivo español. En este tiempo, ha podido ratificar la importancia del trabajo que se ha estado realizando en los últimos años desde el organismo español de normalización, para impulsar el progreso compartido de la sociedad sobre la base del modelo de éxito de colaboración público-privada que supone.

Es un balance muy positivo; hemos avanzado notablemente en el desarrollo de normas técnicas y otras actuaciones que ayudan a los sectores económicos españoles a superar con éxito sus grandes desafíos, en el marco de la Estrategia UNE 2025.

Entre otros, hablamos de grandes retos en materia ESG (ambiental, social y buen gobierno), la doble transición ecológica y digital, la competitividad empresarial, la seguridad industrial, la unidad de mercado, la innovación, el acceso a los mercados internacionales o la capa-



Alfredo Berges.

“Las normas UNE dan respuesta eficaz a los grandes desafíos de las organizaciones”

citación de los profesionales españoles.

En 2023 alcanzamos numerosos hitos. Por ejemplo, en septiembre lanzamos una campaña para poner en valor el liderazgo internacional y europeo de la estandarización española, tanto en los órganos de gobierno como en los órganos técnicos de los organismos de normalización internacionales y europeos.

Además, en abril, lanzamos junto con la Federación de Consumidores y Usuarios, CECU, un folleto divulgativo para ayudar a los consumidores a elegir productos y servicios que cumplan las

normas técnicas que garantizan su seguridad.

En julio, UNE, el Centro Español de Metrología (CEM) y la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC) firmamos un protocolo de colaboración para impulsar la infraestructura de la calidad en España.

¿Cómo está conformada la base asociativa de UNE y qué papel desempeñan sus miembros?

La base asociativa de UNE está compuesta por 550 miembros que representan a la práctica totalidad del tejido empresarial de nuestro país. Entre ellos figuran las principales asociaciones empresariales (más de 200), primeras empresas de España, pymes, una buena representación de Administraciones públicas de todos los niveles, colegios profesionales, universidades y centros tecnológicos.

Los miembros de nuestra Asociación son el auténtico motor y soporte del sistema de normalización español. Con su pertenencia a UNE, demuestran un compromiso ejemplar con el progreso económico, la seguridad de los ciudadanos, el cuidado del medio ambiente y el mejor uso de la tecnología.

Quisiera destacar el compromiso del Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España (COGITI) con la normalización y con UNE. El COGITI, como miembro de UNE, siempre ha aportado la innovación y el conocimiento generados por sus expertos, los ingenieros técnicos industriales, para impulsar la competitividad de las empresas a través de la normalización.

Por ello, quiero destacar su visión estratégica con el liderazgo de normas técnicas clave para la seguridad industrial en España, que dan respuesta eficaz a los grandes desafíos de la ingeniería y de la sociedad españolas. El catálogo de normas español, que nació vinculado a los sectores industriales, hoy sigue siendo mayoritariamente industrial.

Hay una cuestión que resulta esencial en el funcionamiento de UNE y en el proceso de normalización, como es la participación y el consenso de todos los agentes involucrados en las diferentes normas, ¿cómo se logra este consenso?

Así es; las normas recogen el consenso del mercado sobre las mejores prácticas en aspectos clave para la competitividad de las organizaciones y para los intereses de toda la sociedad, en un proceso que se basa en valores como la transparencia, la apertura y la participación de todas las partes. Este consenso se logra con la creación de Comités Técnicos, que son espacios de colaboración neutrales e inspiradores en los que compartir conocimiento para desarrollar las normas, a través del diálogo y la colaboración conjunta de los sectores económicos y las Administraciones Públicas.

Esta metodología de trabajo convierte a la Asociación en un modelo de éxito de colaboración público-privada, y en uno de los principales generadores de conocimiento en español. Más de 13.000 expertos de 6.000 organizaciones comparten su conocimiento y experiencia en UNE.

¿Cómo es la colaboración de UNE con los colegios profesionales?

Muy estrecha. Los colegios profesionales cuentan con una destacada implicación, por el gran conocimiento técnico de sus expertos en sus ámbitos, tanto en la elaboración de normas técnicas, como en la participación en los Órganos de Gobierno de UNE.

Me gustaría destacar la implicación del COGITI, y en especial de su presidente, José Antonio Galdón, con la normalización. El COGITI, en colaboración con los 49 Colegios Oficiales de Ingenieros Técnicos Industriales, desempeña la secretaría del Subcomité UNE de inspección reglamentaria de instalaciones eléctricas de alta tensión dentro del CTN-UNE 192, liderando dos nuevas Normas UNE que suponen un avance sin precedentes en el ámbito de la inspección reglamentaria de instalaciones eléctricas de alta tensión.

Las Normas UNE 192014-1 y UNE 192014-2 fijan unas reglas comunes para las inspecciones reglamentarias de instalaciones eléctricas de alta tensión que no sean propiedad de entidades de trans-

porte y distribución de energía eléctrica, de manera que todos los actores implicados saben lo que aplica. Precisamente, tuve el honor de ser invitado a presentar la segunda parte de esta norma, en un evento organizado por el COGITI en la sede de COGITIM, en septiembre del año pasado.

En conjunto, cerca de 30 relevantes entidades españolas, públicas y privadas, incluido el Ministerio de Industria y Turismo, participan en este comité, tan relevante para la seguridad en nuestro país. Su trabajo es referente para evitar riesgos en seguridad industrial, y un ejemplo de apoyo a la unidad de mercado al promover la armonización de los criterios y procedimientos técnicos de actuación en todo el territorio nacional, siendo un sólido apoyo para las Administraciones Públicas.

Estas normas reflejan la esencia de la normalización: prevenir y limitar riesgos para protegernos contra posibles accidentes y siniestros en seguridad industrial, en colaboración con las Administraciones Públicas.

Además, el COGITI lidera la secretaría de otros Comités UNE que elaboran normas sobre servicios periciales, forenses y de mediación. Asimismo, participa activamente en otros comités que desarrollan normas en temas como inspección reglamentaria, accidentes graves, instalaciones petrolíferas, combustibles gaseosos, aparatos a presión o de certificación de personas en seguridad industrial.

En conjunto, cerca de 300 expertos de colegios profesionales participan en un centenar de órganos técnicos de normalización que elaboran normas en una gran variedad de temáticas, desde digitalización, hasta sostenibilidad, pasando por industria, telecomunicaciones, ciberseguridad y protección de datos personales, gestión de riesgos o buen gobierno.

En líneas generales, ¿qué aporta la normalización a la sociedad?

La estandarización contribuye al progreso compartido de nuestra sociedad y a la creación de un mundo más seguro, sostenible y competitivo. Aporta seguridad de los productos y confianza en los servicios, unas reglas del juego comunes para todas las partes, oferta y demanda, que contribuye a la generación de una competencia leal que desarrolla una mejor economía.

“La aportación de los estándares al crecimiento económico español se estima en el 1% del PIB”

¿Cómo se ayuda desde UNE al tejido productivo español a superar sus grandes desafíos?

La normalización es una herramienta imprescindible para impulsar la competitividad de las empresas, el crecimiento económico y el acceso a otros mercados. La contribución de las normas al beneficio bruto de las empresas que las aplican supone hasta el 5% de sus ingresos anuales por ventas, según un estudio de ISO. Además, la aportación de los estándares al crecimiento económico español se estima en el 1% del PIB, según otro estudio del Instituto de Estudios Económicos (IEE).

En este marco, los estándares dan respuesta eficaz a los grandes retos de las organizaciones, en línea con la Estrategia UNE 2025, que marca con claridad hacia dónde vamos a dirigir nuestros esfuerzos y capacidades estos años. Por ello, entre otras prioridades, pretendemos hacer de España un país más resiliente, acelerar el acceso al mercado de los resultados de la innovación o fortalecer el comercio internacional, en particular el Mercado Interior de la UE, en línea con la nueva Estrategia Europea de Normalización.

¿Y en lo que respecta a las Administraciones Públicas?

UNE mantiene una estrecha y fructífera relación con las Administraciones Públicas españolas, basada en la confianza. Cabe destacar la especial relación con el Ministerio de Industria y Turismo, que forma parte de la Junta Directiva y de la Comisión Permanente de la Asociación.

Cada vez más Administraciones participan en la normalización y en los órganos de gobierno de UNE. Las normas técnicas son aliadas estratégicas de las Administraciones Públi-

cas en el despliegue de sus políticas en el desarrollo de la reglamentación; de hecho, 10.000 normas UNE están citadas en la legislación nacional.

Asimismo, tenemos vigentes numerosos convenios, como el firmado el año pasado con la Secretaría General Técnica del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda, para mejorar el uso de las normas técnicas en las disposiciones legislativas y apoyar las políticas públicas del Ministerio cuando sea necesario.

Usted también es presidente del Observatorio de Vigilancia de Mercado de UNE, ¿cuál es su composición y cuáles son sus principales objetivos?

La vigilancia de mercado es prioritaria para garantizar que los productos y los servicios puestos a disposición de los consumidores y usuarios cumplen los requisitos de seguridad y calidad. Con este foco, los miembros de UNE, junto con diferentes departamentos de la Administración Pública española y otras entidades interesadas, motivados por la publicación del Reglamento (EU) 2019/1020 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de junio de 2019, relativo a la vigilancia del mercado y la conformidad de los productos, constituyeron en 2020 el Observatorio de Vigilancia de Mercado, que se integra en UNE como una Comisión Consultiva de su Junta Directiva.

Su objetivo es fortalecer la colaboración público-privada en este ámbito e impulsar el cumplimiento de las normas técnicas y la legislación. Pretende sensibilizar sobre la comercialización de productos y servicios inseguros, que provocan un perjuicio a la economía y a los consumidores, y suponen una competencia desleal.

El Observatorio acaba de publicar su tercer informe anual, en el que recoge los datos relativos a las actuaciones llevadas a cabo durante 2022 en materia de vigilancia de mercado.

¿Se podría afirmar que España en la actualidad es un referente internacional en estandarización?

Absolutamente. La normalización española ha experimentado una destacada evolución en los últimos años,

hasta gozar hoy de una extraordinaria reputación e influencia mundial. España dispone de uno de los más potentes organismos de normalización del mundo, y es un referente internacional en estandarización.

De hecho, varios españoles ocupan puestos de responsabilidad en los órganos de gobierno de los organismos internacionales y europeos de normalización, con Javier García, director general de UNE y vicepresidente de ISO, a la cabeza. Además, los expertos de nuestro país lideran más de 150 presidencias y secretarías de órganos técnicos en ISO, IEC, CEN y CENELEC y ETSI.

En este contexto, España lidera la estandarización en campos como el turismo, sanidad, energías renovables, ciudades inteligentes, calzado, cosmética, bombas de calor, productos eléctricos y electrónicos o construcción sostenible. Además, cada vez son más numerosas las normas españolas UNE que sirven de base para la elaboración de estándares globales.

Las entidades españolas son cada vez más conscientes de la importancia de liderar las normas internacionales y europeas, lo que tiene un efecto directo a la hora de incrementar el comercio internacional, impulsar la competitividad del tejido productivo español y mejorar la Marca España.

En este sentido, UNE es un actor global activo que trabaja para que las organizaciones españolas sean protagonistas en los procesos europeos e internacionales de normalización.

“Las Normas UNE de inspección reglamentaria, lideradas por COGITI, son un gran avance”

¿Cuáles piensa que serán los campos de progreso más destacados de la normalización en el futuro?

Sin duda, aquellos que den respuesta a los grandes retos para el desa-

rollo de la sociedad, las empresas y la industria. Entre ellos, podemos destacar los desafíos de competitividad, digitalización de la industria y de la economía, en general, la doble transición verde y digital, la sostenibilidad o el buen gobierno corporativo.

¿Cómo es la participación de UNE en proyectos de cooperación internacional?

UNE desarrolla una intensa actividad en proyectos de cooperación internacional, a través de los cuales buscamos promover la aplicación de nuestras normas en otros países, y armonizar la normativa y procesos con los organismos que componen la infraestructura de la calidad de esos países. El objetivo es contribuir a aumentar la capacidad de exportación e internacionalización de las empresas españolas, apoyando a los sectores a trasladar sus intereses a esos mercados de su interés.

UNE trabaja con diversas entidades multilaterales como la Comisión Europea, el Banco Mundial, el Banco Interamericano de Desarrollo, ONU, y agencias como AECID, FIIAPP, PTB, SIDA, para capacitar a estos países en la infraestructura de la calidad, en especial en la aplicación de normas. Algunos ejemplos de regiones y países donde trabajamos son Latinoamérica, África, Asia central, Balcanes, países candidatos a formar parte de la UE, Indonesia o Arabia Saudí.

Estos proyectos dan soporte a la implementación de los acuerdos de libre comercio de la UE, trasladando el modelo regulatorio europeo a dichos países.

Por último, ¿cuáles son sus próximos proyectos?

Mi misión principal, contribuir a sensibilizar a los actores empresariales, industriales y a las AAPP sobre el papel clave de la normalización. Además, queremos seguir concienciando a la sociedad sobre el papel de la normalización y de cómo las normas, a pesar de su carácter técnico, tienen un impacto enorme en el día a día de las personas. Sin normas no podemos avanzar, ni entendernos entre nosotros. Son fundamentales para el progreso compartido.

Plan Ingenia el futuro

Ahora más que nunca, la unión hace la fuerza



FORMACIÓN online de COGITI



INFORMACIÓN ACTUALIZADA



PORTAL DE LICITACIONES EUROPEAS



ACREDITACIÓN DPC Ingenieros



SOFTWARE TÉCNICO



WEBINAR Y TV EDUCATIVA



NORMAS UNE PARA FABRICACIÓN EPIS (descarga gratuita)



ACTUACIONES SOLIDARIAS COLEGIOS



REVISTA TÉCNICA INDUSTRIAL en abierto



YOUNG ENGINEERS



CUESTIONARIO



CLUB COGITI

VII Barómetro Industrial: La situación de la industria en España

Por séptimo año consecutivo, la situación de la industria en España vuelve a ser analizada en una nueva edición del informe del Barómetro Industrial del COGITI – Cátedra Internacional COGITI de Ingeniería y Política Industrial (UCAM), correspondiente a 2023



Mónica Ramírez

Como cada año, fiel a su cita, llega una nueva edición del Barómetro Industrial, que tiene como objetivo conocer la percepción del colectivo sobre el sector industrial. El Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España (COGITI) puso en marcha esta iniciativa en 2017 y, poco después, decidía hacerlo en colaboración con el Consejo General de Economistas de España (CGE), cuyo Servicio de Estudios (Cátedra ECCGE) ha elaborado el informe "Una perspectiva económica de la situación de la industria en España (2023)", incluida, como es habitual, en el informe nacional del Barómetro, que cuenta también con la colaboración de la Fundación Caja de Ingenieros.

A través de este informe, se pretende ofrecer datos relevantes y que sean de interés en la toma de decisiones, tanto para los representantes del ámbito público como para el sector privado. La finalidad

es realizar un estudio sociológico completamente independiente, elaborado por la citada institución, en colaboración con los 49 colegios profesionales distribuidos por toda la geografía española.

A través de las respuestas ofrecidas por los ingenieros técnicos industriales y graduados en Ingeniería de la rama industrial, que representan proporcionalmente a la práctica totalidad de los ámbitos productivos, se valora la situación sectorial en nuestro país, a nivel nacional, y se compara al mismo tiempo con la apreciación que estos profesionales tienen del contexto de su región.

También aportan su visión sobre la situación en la que se encuentran las empresas del ámbito industrial, así como de los profesionales que trabajan en ellas (trabajadores autónomos y por cuenta ajena), y las perspectivas que muestran ante la evolución de la economía, en general, y del sector industrial, en particular.

Las respuestas se obtienen mediante la realización de una encuesta por vía telemática, y los resultados del año en curso se comparan con los del año anterior. La encuesta on line se realizó entre octubre y diciembre de 2023, y a ella contestaron un total de 2.935 ingenieros de la rama industrial, con una media de edad entre 45 y 54 años (38,33%), de los cuales el 90% eran hombres, frente a un 10% de mujeres. Hay un alto porcentaje de empleabilidad (90%) y la gran mayoría son trabajadores por cuenta ajena (60,10%), seguidos de trabajadores por cuenta propia (30%) y funcionarios (9,90%). La mayor parte de los encuestados trabaja en el sector de servicios de Ingeniería (45%), seguido del sector industrial (20,92%).

Situación actual de la industria en España

En líneas generales, las respuestas de los

ingenieros encuestados son algo más positivas en 2023 que en 2022, y la diferencia es mayor si las comparamos con las de los años 2020 y 2021, que estuvieron plenamente marcados por la pandemia del Covid-19, y que afectó de forma muy considerable, como no podía ser de otra manera, tanto a la situación económica como social y laboral de nuestro país.

Con respecto a la opinión de los encuestados sobre la situación actual de la industria en España, la respuesta mayoritaria corresponde a la escala intermedia, con un 50,94%, mientras que el 29,20% considera que es mala o muy mala, y el 19,87 opina que es buena o muy buena. Estas respuestas son algo más positivas que en 2022, cuando el 31,60% consideraba la situación mala o muy mala, y el 16,8% opinaba que era buena o muy buena. Por su parte, la opción intermedia se situó en el 51,60%. En 2021 las respuestas fueron todavía más negativas: el 40% consideraba la situación mala o muy mala, y el 11% opinaba que era buena o muy buena.

En cuanto a la situación de la industria en sus respectivas regiones, el 30,43% la califica como mala o muy mala (frente al 32,57% de 2022), mientras que el 38,30% se decanta por el nivel intermedio (40,49% en 2022), y el 31,28% restante considera que es buena o muy buena (27% en 2022, y 22% en 2021).

Un año más cabe destacar que existe un cierto descontento con las Administraciones nacional y regional, en lo que respecta a las medidas tomadas para desarrollar y fomentar el sector industrial. Un 47,62% considera que los incentivos a la industria promovidos en su región son insuficientes, y alcanza el 53,73% de descontento cuando se traslada esta misma pregunta al ámbito nacional. Estos datos reflejan una desconfianza algo menor que respecto a 2022, que fueron del 51,59% y del 55% respectivamente.

En cuanto a la evolución de la situación del sector industrial en los próximos 6 meses en España, el 41,29% marca la opción intermedia, siendo la respuesta mayoritaria, aunque seguida de cerca por el 38,3% que piensa que es mala o muy mala. En la parte positiva (buena o muy buena) se sitúan el 20,41% de los ingenieros encuestados. Estos datos son sensiblemente superiores a los de 2022: la perspectiva era mala o muy mala para el 47% de los encuestados, seguida de la opción intermedia (37,2%), y en la parte positiva se situaban el 15,8% de los ingenieros encuestados.

En cuanto a las actuaciones llevadas a

cabo por la Administración de España en materia económica, los Ingenieros Técnicos Industriales lo tienen claro: un 75% de los encuestados considera que no son suficientes o apropiadas. Un porcentaje muy similar al de 2022, con el 74%.

Situación laboral

El Barómetro Industrial 2023 refleja también la valoración que realizan los trabajadores sobre la empresa donde trabajan. De forma mayoritaria, el 80,66% de los trabajadores por cuenta ajena considera que su situación laboral en la empresa donde trabaja es buena o muy buena (en 2022 este porcentaje fue del 70%), frente al 2,33% que la considera mala o muy mala (en 2022 suponía el 7%, es decir, 5 puntos más). Por su parte, el 94% ve bastante o muy probable la posibilidad de mantener su puesto de trabajo actual, un porcentaje prácticamente similar al de 2022 (93,19%), y notablemente superior al de 2021 (74%) y 2020 (67,71%), estos últimos en plena pandemia global por el Covid-19.

En el caso de los trabajadores por cuenta propia (empresario o autónomo), casi la mitad, el 47,74%, piensa que la situación económica actual de su empresa es buena o muy buena, lo que supone 7 puntos más

que en 2022 (40,75%), y 10 puntos más que en 2021 (37,55%); un porcentaje considerablemente superior a los que la consideran mala o muy mala, en concreto el 8,29%, y casi cuatro puntos porcentuales menos que en 2022 (12%). Por su parte, la opción intermedia se sitúa en el 44%, ligeramente inferior a la del 2022 (47%).

En cuanto a la evolución económica de su empresa en los próximos años, casi la mitad, el 49%, opina que será buena o muy buena, el 39% la sitúa en una escala intermedia, y el 10,55% considera que será mala o muy mala. Estos datos mejoran con respecto a los de 2022: 45% para la opción de buena o muy buena, 39,81% para la escala intermedia, y el 14,52% en las opciones de mala o muy mala.

Temas de actualidad

El Barómetro Industrial cuenta también con un bloque de preguntas dedicadas a diferentes temas de actualidad, cuyas conclusiones son especialmente relevantes y significativas en el contexto económico y productivo actual.

Desaceleración de la industria

Sin duda, uno de los asuntos que más preocupa es la amenaza de “desaceleración



intensa de la industria” en la eurozona, de la que advierten los expertos, y el debilitamiento de la demanda en la industria española, en cuyo caso, casi el 74% de los profesionales del sector considera que se trata de una situación estructural, frente al 26,17% que opina que se debe a una situación coyuntural.

Pérdida de competitividad

En lo que concierne al tema de la pérdida del peso de la industria en el PIB español, todavía alejado del 20% que la Unión Europea había fijado para 2020, más de la mitad de los encuestados considera que se debe a la pérdida de competitividad de la industria española (53,12%), seguido del 30,26% que cree que se debe a la falta de inversión en el sector industrial (I+D+i).

Sector energético

El 81,57% de los ingenieros encuestados piensa que se debería generar un tejido industrial manufacturero en torno al sector energético, y que como primera medida se podría incentivar el acceso a las materias primas necesarias.

Ley de Industria

Casi el 76% de los encuestados considera que el sector industrial podría ser un eje estratégico en lo que respecta a la “España vaciada”, con la gestión y utilización de los recursos naturales de la zona como primera medida a aplicar. Además, el 80% de los ingenieros considera necesaria una nueva Ley de Industria, que debiera contener programas específicos industriales en “zonas de reto demográfico”, y una mayor homogeneidad en las definiciones, procedimientos y trámites de los diferentes reglamentos de Seguridad Industrial (así lo opina el 83%).

Adaptación tecnológica y energética

En relación al reto de la adaptación tecnológica y energética de las empresas del sector industrial, para la descarbonización de la industria, la mitad de los ingenieros encuestados (50,52%) cree que la “gran industria” está preparada o muy preparada para afrontar este desafío, y esta percepción disminuye hasta el 24% en el caso de las pymes.

Inteligencia Artificial

También se les pregunta sobre la Inteligencia Artificial, y más de la mitad de los encuestados (56,39%) considera que supondrá un avance para el sector, mientras

que un 29% opina que puede conllevar la pérdida de puestos de trabajo.

Ciberseguridad

En materia de ciberseguridad, el 75% de los ingenieros considera que es un tema importante a la hora de hacer frente a las amenazas de los avances tecnológicos, y casi la mitad de ellos sitúa el nivel de integración actual de la misma en el sector industrial en una opción intermedia (46,35%).

Conflicto palestino-israelí

Sobre el momento actual del conflicto palestino-israelí, más de la mitad de los ingenieros encuestados (55%) cree que supondrá un freno al tejido industrial en España, por la inestabilidad y el alza de precios del sector energético, y el 17,48% considera que conllevará también un freno a las exportaciones globales, frente al 16% que cree que no tendrá efectos, y un 11,58% que piensa que incluso podría ser una oportunidad.

Inversiones extranjeras

Otro asunto sobre el que se les pregunta se refiere a las inversiones extranjeras en las industrias de sectores estratégicos

de nuestro país. El 41% piensa que habría que endurecer el control de dichas inversiones, prácticamente un porcentaje similar a los que lo consideran adecuado. Por su parte, el 17,89% cree que es excesivo.

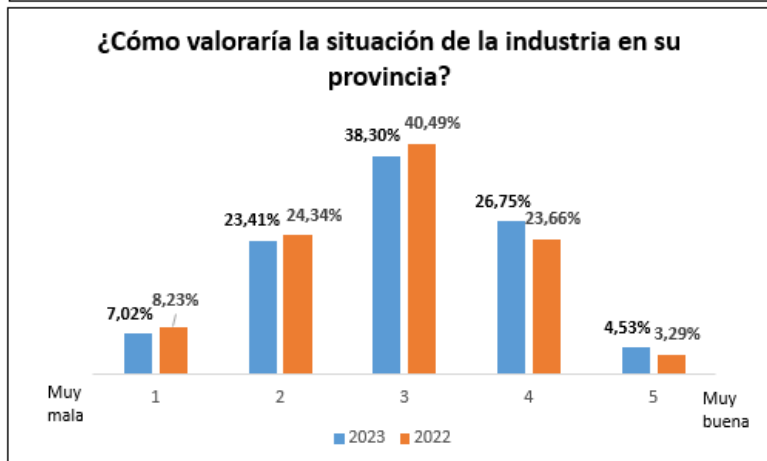
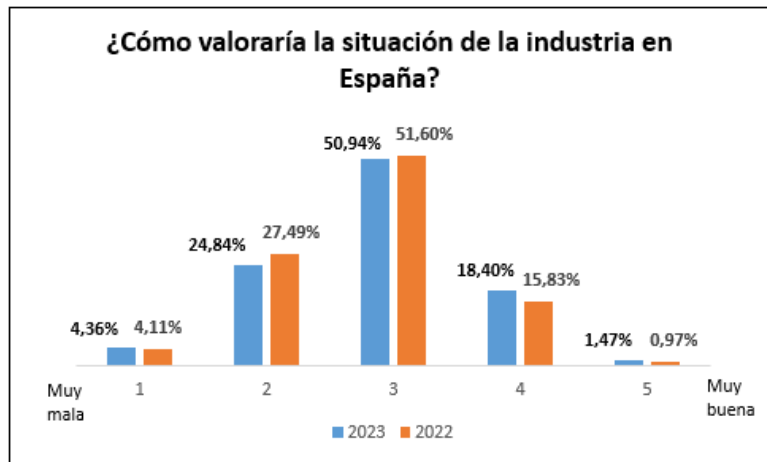
Inflación y tipos de interés

El 42,53% opina que su empresa ha disminuido los márgenes de explotación y los resultados netos a causa de la inflación y la subida de los tipos de interés, y el 43,24% lo sitúa en una opción intermedia. En cuanto al encarecimiento del crédito, el 64% de los ingenieros encuestados considera que afectará negativamente a la situación de su empresa y en el comportamiento y/o crecimiento de la economía española.

Sostenibilidad

El 70% de los encuestados cree que ha aumentado la concienciación sobre sostenibilidad en su empresa en los últimos años, y este mismo porcentaje afirma que en su empresa se están llevando a cabo prácticas y políticas sostenibles.


Puede descargar el informe nacional del VII Barómetro Industrial en la página web www.cogiti.es.








Nuevos Cursos Técnicos online

Formación práctica e integral dirigida a una puesta al día a "tu propio ritmo" en el Curso que elijas

-  Modalidad: *E-learning*

-  Duración: hasta 6 meses

-  Precio: 5 cursos por 900 € (**40% menos** sobre precio individual por programa)

-  Certificado LA LEY Formación (Certificada en ISO 9001 y 14001)

Para ti

que eres o aspiras a ser.....

un profesional que quieres estar al día en las últimas novedades

Estos Cursos te permitirán una formación donde tú decidirás con autonomía total el "cómo" y el "cuándo" para seguir profundizando y actualizándote en aquellas materias que posibiliten una mejora constante en tu desempeño profesional.

BENEFICIOS:

- > **5 cursos a elegir** del catálogo publicado bajo la categoría "Cursos Técnicos".
- > **6 meses como plazo máximo para iniciar los cursos.** Podrás iniciar los 5 en la primera semana o ir seleccionando e inscribiendo a los alumnos cuando lo desees dentro de los 6 meses posteriores a la compra del producto.
- > Cada uno de los cursos técnicos tiene un plazo de **2 meses para completarse.** Una vez que el alumno se inscribe, dispone de 2 meses para finalizar el curso.
- > **Precio de la Tarifa Plana: 5 cursos por 900€ (40% menos sobre el precio individual por programa)**

Los Cursos Técnicos SE ADAPTAN A TI.... ¿Cómo?

- Ofreciéndote un **amplio y variado catálogo de Cursos online** a elegir sobre **Derecho, Empresa, Igualdad y Habilidades.**
- **Podrás comenzar tu Curso cuando lo decidas** y organizar tu seguimiento adaptado a "tus tiempos" y a "tus necesidades".
- Facilitándote una **gran variedad de Recursos Formativos** que formarán parte de nuestra «Carpeta de Soluciones» que te acompañará en tu desempeño al finalizar tu Curso.
- Y, con un **constante apoyo del Equipo Académico** que te atenderá en todas tus dudas y te guiará en el seguimiento del Curso para que nuestra Formación se quede contigo.



INFÓRMATE AHORA

Alicia Calderón
 669 814 158
 alicia.calderon@aranzadilaley.es

Conoce **nuestra oferta formativa** con los 25 títulos disponibles

España ante el reto de la gestión sostenible del agua

El agua es un recurso esencial para la vida, la salud, la producción de alimentos y la generación de energía. Sin embargo, su disponibilidad y calidad se ven amenazadas por factores como el crecimiento demográfico, el desarrollo económico, la contaminación y el cambio climático. Según la ONU, más de 2.000 millones de personas viven en países con estrés hídrico y se prevé que para 2050 esta cifra aumente a 5.700 millones.



Planta desalinizadora de agua marina, ubicada en el Polígono Industrial del Puerto de Sagunto (Valencia). Foto: Shutterstock.

Marita Morcillo

El estrés hídrico se produce cuando la demanda supera la cantidad o la calidad del recurso y en España lo sufren 14 de las 17 comunidades autónomas. Ante este escenario, se hace necesario adoptar medidas urgentes para garantizar una gestión eficiente, equitativa y sostenible del agua, que permita satisfacer las necesidades actuales y futuras de la población y los ecosistemas.

Actualmente, nuestro país tiene una reserva hídrica de 28.095 hectómetros cúbicos, lo que representa el 50,1% de su capacidad, según los

últimos datos publicados por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Las zonas del sur y del noreste, incluidas las provincias de Alicante, Murcia y Albacete son las más afectadas por la sequía. Esta coyuntura coloca a España en el tercer puesto de los países europeos con mayor estrés hídrico.

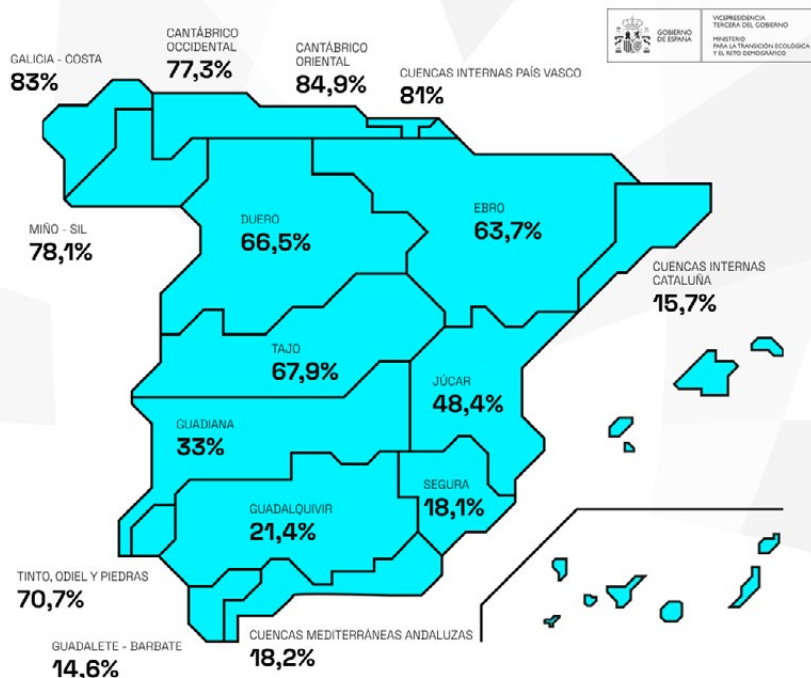
Una de las situaciones más críticas se vive en Cataluña. Las cuencas internas de la región están por debajo del 16% de su capacidad, lo que ha obligado a la Generalitat a activar el estado de emergencia con severas restricciones de agua que alcanzan a

más de 200 municipios.

El bajo nivel de los embalses españoles es preocupante no solo para el abastecimiento humano, sino para sectores productivos como la industria, el turismo y la agricultura. Esta última es posiblemente la más afectada por la sequía, ya que es la responsable del 80% del consumo de agua.

Según el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPPC), la región mediterránea es especialmente sensible a los efectos del cambio climático, provocando deterioro de los ecosistemas fluviales, disminución de la seguridad hídrica e intensificación

Reserva hídrica



Estado de los embalses españoles. Fuente: Miteco.

de los episodios de lluvias torrenciales y sequías. Algunos expertos calculan que las precipitaciones en España podrían disminuir entre un 5% y un 10% para finales del siglo XXI.

Para dar respuesta a los retos que plantea el cambio climático en la gestión del agua, el 19 de julio de 2022, el Consejo de Ministros aprobó una serie de orientaciones estratégicas previstas en la Ley 7/2021, de 20 de mayo de Cambio Climático y Transición Energética. Estas orientaciones diseñan las bases para transformar el actual sistema de gestión del agua hacia la consecución de una serie de objetivos ambientales relacionados con la calidad del agua y la biodiversidad.

Entre las líneas de actuación previstas se encuentra la aprobación del nuevo ciclo de planificación hidrológica

España ocupa el tercer puesto de los países europeos con mayor estrés hídrico

ca 2022-2027, una herramienta clave para abordar la gestión del agua en España, en línea con los principios y estrategias del Pacto Verde Europeo y con los objetivos de adaptación al cambio climático. Los objetivos que se plantean en este tercer ciclo, con una inversión prevista de 21.000 millones de euros, son reducir las presiones que soportan las masas de agua, mejorar los sistemas de depuración, fomentar el ahorro de agua y la reutilización, y atender las demandas de agua para que sean compatibles con su buen estado, permitiendo asegurar la calidad y cantidad del recurso.

Esta nueva estrategia tendrá que hacer frente no solo a los graves problemas de escasez de precipitaciones y bajo nivel de la reserva hídrica, sino a otros grandes retos como el de la sobreexplotación y el mal estado de las infraestructuras hidráulicas. Esto último genera pérdidas de agua y aumenta el riesgo de roturas y averías. Sólo el 17% de estas infraestructuras tiene menos de 10 años y un 26% tiene más de 40. El envejecimiento de las redes provoca pérdidas de agua cuyos datos son alarmantes. Se cal-

cula que el 15% del agua se pierde por fugas de cañerías. Ceuta, Melilla, Canarias, Extremadura, La Rioja, Castilla-La Mancha, Aragón y Cantabria son las regiones que presentan las infraestructuras más envejecidas, llegando a tener hasta un 24% de pérdidas.

Ante esta situación, según la Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento (AEAS), es indispensable acometer tanto la renovación de infraestructuras como la construcción de otras nuevas.

Consciente de esta necesidad, en el marco de los Planes Hidrológicos 2022-2027, el Gobierno de España prevé una inversión de 11.839 millones para impulsar la desalación y la reutilización, así como la eficiencia en el uso del recurso, a través de la mejora de las conducciones e infraestructuras de regulación. A esta dotación se suman, además, 3.060 millones del PERTE de digitalización del agua, que impulsa el uso de nuevas tecnologías y supondrá un avance cualitativo en la gestión del agua y las sequías.

Sin embargo, AEAS considera que la inversión prevista —tanto en presupuestos generales, como en el plan de recuperación europeo o los planes locales de inversión— continúa siendo insuficiente para aumentar la resiliencia de las infraestructuras del agua urbana. Además, AEAS indica que la media anual de inversión real no alcanza el 50% de lo necesario. Según la asociación, el agua urbana necesita una inversión anual de 2.500 millones de euros adicionales, hasta alcanzar los 4.900 millones de euros al año “para garantizar la calidad, la sostenibilidad de los servicios y afrontar los retos futuros como el cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), la lucha contra el cambio climático y la protección de las siguientes generaciones”.

Plantas de desalación y reutilización

Por otro lado, una de las soluciones que el sector plantea para hacer frente a la escasez de agua y mejorar la gestión de los recursos hídricos es aumentar la inversión en más plantas de desalación y reutilización. En este sentido, la Asociación Española de Desalación y Reutilización de Agua



La inclusión de sistemas en la nube, en las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR), beneficiará el control del proceso y mejorará la calidad del agua. (Crédito: <https://transact-ecsel.eu>).

(AEDyR) afirma que estos elementos son claves en el Plan Hidrológico Nacional español como soluciones para reducir los déficits hídricos históricos, optimizar el uso del agua y fortalecer la seguridad hídrica a largo plazo. La desalación permitiría aprovechar fuentes alternativas de agua, mientras que aportaría recursos hídricos adicionales. Recursos hídricos que podrían ser aprovechados por la industria o la agricultura.

Un ejemplo de éxito de esta actividad en España es el caso de la Región de Murcia. Con una larga trayectoria de más de 20 años en la reutilización de agua regenerada, esta comunidad autónoma es un referente europeo en la materia. Desde 2002 la Entidad Regional de Saneamiento y Depuración de la Región de Murcia (Esamur) gestiona una red de 100 depuradoras y 56 estaciones de bombeo repartidas por los 45 municipios. Gracias a esta medida, las depuradoras de la región ponen a disposición de las comunidades de regantes 121 hm³ de agua cada año. Como consecuencia, según informan desde el Gobierno murciano, en la región se regenera el 99% de las aguas residuales y se reutiliza un 98%, frente al 9% de media en España y el 5% de reutilización en la Unión Europea.

Una iniciativa similar la encontra-

mos en Tarragona, donde hace 10 años la empresa AITASA (Aguas Residuales de Tarragona) alcanzó un acuerdo con ACA (Agència Catalana de l'Aigua) para suministrar agua depurada a la industria química. El proyecto les ha permitido alcanzar cerca de 6 hm³/año de suministro de agua regenerada.

Este último proyecto es, a su vez, un claro ejemplo de la importancia de acometer acuerdos entre las empresas y el sector público en materia de gestión de agua. La colaboración público-privada se presenta como una herramienta clave para movilizar recursos, innovación y conocimiento, y mejorar la calidad y la eficacia de los servicios de agua.

Los beneficios de esta colaboración en la gestión del agua son múltiples. Por un lado, permite al sector público acceder a financiación, tecnología y experiencia del sector privado, lo que se traduce en una mayor capacidad de inversión, innovación y eficiencia. Por otro lado, permite al sector privado participar en proyectos rentables, estables y de largo plazo, que generan valor social y ambiental. Además, favorece la transparencia, la rendición de cuentas y la participación de los usuarios y las comunidades en la gestión del agua.

En España, la colaboración públi-

co-privada en la gestión del agua tiene una larga tradición, especialmente en el ámbito urbano, donde el 70% de la población es atendida por empresas gestoras de los servicios de agua, ya sean públicas, mixtas o privadas.

Un ejemplo de colaboración público-privada es el Consorcio Promedio, creado por la Diputación de Badajoz. Este modelo ofrece servicios de abastecimiento y saneamiento a más de 50 municipios de la provincia, con un control público y una gestión eficiente y sostenible.

El Consorcio Promedio apuesta por la innovación y la digitalización del ciclo del agua, con proyectos como el PERTE, Aqua Pública Europea, contadores inteligentes o sistemas de detección de vertidos. También afronta los retos de la depuración de aguas residuales y la aplicación de las energías renovables, con inversiones en tecnologías alternativas y adaptadas a la realidad de cada población.

Sin embargo, la colaboración público-privada en la gestión del agua también se enfrenta a desafíos y limitaciones, como la complejidad de los procesos de licitación y contratación, la falta de consenso político y social o la necesidad de garantizar la equidad y la accesibilidad de los servicios de agua. Por ello, es fundamental establecer un marco regulatorio claro y

estable, que defina los objetivos, las condiciones y los mecanismos de evaluación y seguimiento de los proyectos, así como fomentar el diálogo, la transparencia y la confianza entre los actores públicos y privados.

Innovación e investigación para una gestión sostenible del agua

La escasez de recursos hídricos, la sobreexplotación, el cambio climático, la contaminación, la modernización de las infraestructuras o la calidad del agua son grandes desafíos que hay que afrontar lo antes posible. En este sentido, la investigación y la innovación son esenciales para afrontar dichos retos, y para avanzar hacia un modelo de gestión más inteligente y sostenible. Existen numerosos proyectos de investigación e innovación, tanto nacionales como internacionales, que abordan diferentes aspectos de la gestión del agua.

Algunos de estos proyectos buscan reducir el consumo y el desperdicio de agua mediante el uso de sensores, datos, inteligencia artificial y otras herramientas que permiten optimizar el riego, el control de fugas, la reutilización y el tratamiento de aguas residuales. Otras iniciativas pretenden proteger el medio ambiente y la salud humana mediante la eliminación o la reducción de contaminantes como fármacos, pesticidas o microplásticos, que pueden afectar a los ecosistemas acuáticos y a la calidad del agua potable.

A continuación, recopilamos cuatro proyectos que buscan mejorar la eficiencia, la seguridad, la calidad y la sostenibilidad de este recurso vital.

Proyecto TRANSACT: inteligencia artificial en la gestión de los recursos hídricos

El proyecto TRANSACT es una iniciativa europea que busca aplicar la inteligencia artificial a la gestión de los recursos hídricos, especialmente en las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR). El proyecto cuenta con la participación de 30 socios, entre ellos Depuración de Aguas del Mediterráneo (DAM), una empresa especializada en depuración de aguas. El objetivo del proyecto es mejorar la eficiencia, la seguridad y la calidad del tratamiento de aguas residuales, mediante la digitalización

y el uso de soluciones basadas en la nube. Algunas de las aplicaciones que se desarrollarán son la detección de vertidos industriales, el análisis comparativo de las EDAR y el mantenimiento predictivo.

Proyecto para eliminar el boro del agua marina

Por su parte, la Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT), en colaboración con dos empresas, ha desarrollado dos tecnologías que contribuyen a eliminar el boro del agua marina desalinizada, ya que se trata de un elemento fitotóxico, especialmente para cultivos leñosos, como los cítricos.

El boro es un nutriente esencial para el crecimiento de las plantas, pero en exceso puede causar daños irreversibles en los cultivos. El agua marina desalinizada, que se utiliza cada vez más en el Campo de Cartagena debido a la escasez de otros recursos hídricos, contiene niveles elevados de boro que pueden afectar a la producción y la calidad de las cosechas.

Para solucionar este problema, la UPCT ha desarrollado dos sistemas innovadores que se han probado con éxito en una explotación comercial de pomelo de Torre Pacheco. Uno de ellos es una técnica para eliminar el boro del agua marina desalinizada antes de aplicarla al riego, y el otro es un sistema de riego inteligente que permite mezclar el agua marina desalinizada con otros recursos convencionales, como las aguas de pozo y aguas del Trasvase Tajo Segura, y optimizar tanto la cantidad de agua como la de fertilizantes.

Proyecto Smart-Hydro

Smart-Hydro es un proyecto financiado por el Gobierno español, que busca mejorar la gestión y el consumo de agua en el ámbito rural mediante el uso de las TICs y la investigación multidisciplinar. El proyecto desarrolla un sistema inteligente que usa sensores y datos abiertos para generar recomendaciones en tiempo real sobre el uso eficiente del agua. Smart-Hydro se prueba en una finca experimental de Madrid, donde se estudia el comportamiento del agua de riego y su impacto en el medio ambiente. El proyecto cuenta con la colaboración

de empresas y centros de investigación especializados en el sector del agua, entre los que se encuentra IMDEA Agua, que aportan su visión y su conocimiento.

Según el investigador Francisco Carreño, vinculado al IMDEA Agua y profesor de la Universidad Rey Juan Carlos, Smart-Hydro plantea un nuevo enfoque para la modernización de la tecnología en la gestión de recursos naturales, que no sólo busca asegurar la disponibilidad de agua para un uso determinado, sino también proteger la calidad del recurso y la conservación de los ecosistemas acuáticos asociados.

Proyecto LIFE iIMPACT

El proyecto LIFE iIMPACT es una iniciativa europea que busca mejorar la calidad del agua mediante el uso de microorganismos autóctonos. El proyecto se desarrolla en España y Portugal, y tiene como objetivo demostrar la eficacia de los biofiltros, unas estructuras que albergan microorganismos capaces de degradar contaminantes orgánicos e inorgánicos presentes en el agua. El proyecto también pretende sensibilizar y capacitar a los actores implicados en la gestión del agua, así como difundir los resultados y las buenas prácticas.

A modo de conclusión, se puede afirmar que la gestión sostenible del agua implica la colaboración entre los diferentes actores involucrados, como el sector público, el sector privado y la comunidad científica, para crear soluciones innovadoras y adaptadas a cada contexto. La investigación y la innovación son elementos clave para impulsar la transformación del sector del agua, mediante el desarrollo de nuevas tecnologías, procesos y servicios que mejoren la eficiencia, la seguridad y la sostenibilidad del recurso.

Numerosos proyectos de investigación e innovación abordan diferentes aspectos de la gestión del agua

Irene Bustamante

Directora del instituto de investigación IMDEA Agua

“Nuestras investigaciones generan conocimiento y aportan soluciones que contribuyan a la sostenibilidad hídrica del planeta”

Marita Morcillo

Irene Bustamante fue nombrada directora de IMDEA Agua el 18 de noviembre de 2022, tras ocupar el puesto de directora adjunta desde el año 2007. Es doctora en Geología por la Universidad Complutense de Madrid (UCM), y profesora del Departamento de Geología, Geografía y Medio Ambiente de la Universidad de Alcalá. Durante su trayectoria, ha formado parte de más de 80 proyectos de investigación, y su nombre figura en más de 200 publicaciones en revistas, monografías, libros, tres patentes y un software. En esta entrevista, Bustamante nos cuenta cuáles son los principales objetivos y logros de IMDEA Agua, qué proyectos está desarrollando actualmente y cómo ve el futuro del agua en un contexto de cambio climático y creciente demanda.



Irene Bustamante.

¿Qué es IMDEA Agua? ¿Cuál es su principal actividad?

IMDEA Agua es un instituto de investigación fundado por iniciativa de la Comunidad de Madrid, constituida como Fundación del Sector Público, que tiene como fin la realización de investigaciones relevantes en todos los aspectos relacionados con el agua, con el propósito de generar conocimiento para aportar soluciones que contribuyan a la sostenibilidad hídrica del planeta.

La principal actividad de IMDEA Agua es realizar investigaciones científicas y tecnológicas que contribuyan a la mejora ambiental, a la economía circular y al cumplimiento de la normativa de este ámbito.

¿Cuáles son los principales objetivos y la misión de IMDEA Agua?

Nuestro principal objetivo es ser un referente de producción científica y técnica en el sector del agua, a través de la atracción de talento y la internacionalización, creando un modelo eficiente de desarrollo de ciencia y tecnología en colaboración con el sector productivo y

“Uno de los principales retos de IMDEA Agua es la atracción y retención del talento”

con equipos multidisciplinares, que nos lleven a encontrar soluciones innovadoras para su implementación.

La organización se fundó en 2007. ¿Cuáles han sido sus principales logros desde entonces?

En el año 2007 arrancamos con 3 personas en plantilla con perfil técnico y administrativo, mientras que el personal investigador pertenecía a otras entidades de investigación (universidades), y estaba vinculado al instituto mediante convenio. Durante estos años, la plantilla ha pasado a contar con 32 investigadores, 11 técnicos de laboratorio, y 9

personas dedicadas a la administración y gestión del centro.

En estos años se han publicado 850 trabajos, de los que más de 300 están en revistas revisadas por pares (SCI), se han realizado 97 Proyectos de I+D+i (convocatorias competitivas) y contratos internacionales (Banco Mundial, CDTI, KISR, Parlamento Europeo, DG En., etc.), se han concedido 10 patentes y propiedades intelectuales, y hemos aparecido en los medios de comunicación en más de 1.000 ocasiones.

Además, desde el julio de 2010 tenemos el sello en Excelencia en Investigación en Recursos Humanos HR de la Comisión Europea, convirtiéndonos en la primera institución española (y la undécima en Europa) en obtener esta importante distinción oficial. Este reconocimiento se complementa con el Sello de Excelencia 400+ otorgado por el Club de Excelencia en Gestión EFQM.

¿Cuáles son sus principales líneas de investigación?

El programa científico del Instituto está basado en el desarrollo de cuatro líneas estratégicas fundamentales para la gestión integral del agua: 1) Gestión Sostenible de las Masas de agua, 2) Calidad y Contaminación, 3) Tratamiento y Reutilización del agua, y 4) Análisis Económico e Institucional. En torno a estas líneas estratégicas se conforman 5 grupos de investigación (disponible en el portal agua.imdea.org/investigación), que conjuntamente dan soluciones a los problemas demandados por la sociedad a través de los proyectos.

¿En qué proyectos está trabajando actualmente el centro? ¿En qué consisten?

Ahora mismo tenemos 19 proyectos y contratos activos, entre los que destacan los siguientes: Ligado a la línea estratégica Gestión Sostenible de las

Masas de Agua Water4All (UE), aborda los desafíos del agua para hacer frente al cambio climático, ayuda a alcanzar los ODS e impulsa la competitividad y el crecimiento de la UE; ECORISK2050 (UE) evalúa el impacto del cambio climático global en la entrada de sustancias químicas procedentes de la agricultura y los entornos urbanos, e identifica posibles estrategias de adaptación y mitigación; y en Nat4Health (AEI) se determina el riesgo para la salud humana asociado a los contaminantes de preocupación emergente en escenarios agrícolas y ganaderos, así como los procesos de atenuación natural que podrían amortiguar la propagación de dicha contaminación.

Bajo la línea de Calidad y Contaminación están PAPPILLONS (UE), en el que se evalúa el uso, el destino medioambiental y los riesgos de los plásticos y los microplásticos en la agricultura europea; Emerging (AEI), que estudia la interacción entre micronanoplásticos, las bacterias y genes resistentes a antibióticos, así como la eficiencia de su eliminación de las aguas residuales mediante sistemas híbridos basados en membranas; Addiplas (AEI), en el que se evalúan la liberación de aditivos químicos de los micronanoplásticos, su destino y su impacto sobre la salud del suelo; y μ NanoCare (AEI), en el que se estudia la interacción entre los micronanoplásticos, bacterias y genes resistentes a antibióticos, así como la eficiencia de su eliminación de las aguas residuales mediante sistemas híbridos basados en membranas.

Asociados a la línea de Tratamiento y Reutilización del agua, se está realizando el proyecto TRINEFLEX (UE), en el que se impulsa la evolución de las industrias hacia los objetivos de cero emisiones para 2050; el proyecto NYMPHE (UE), que desarrolla estrategias de biorremediación para diferentes sitios contaminados de la UE; BEER4ALL (AEI) desarrolla y valida tratamientos de agua residuales de la industria cervecera para la generación de compuestos de alto valor añadido; Mobimet (AEI) desarrolla una solución descentralizada sostenible para el tratamiento de aguas residuales, en una plataforma móvil para producir agua para riego; Bioarbio (CM), en el que se ha desarrollado un proceso de regeneración y reutilización de aguas procedentes de la industria cervecera, para la producción de bio-

masa; y MicroTech (AEI), que estudia el uso de biofiltros electroactivos para el tratamiento de aguas contaminadas de origen industrial.

En la línea de Análisis Económico e Institucional, estamos desarrollando tres contratos con la UE. El primero de apoyo a la estrategia común de implementación de la Directiva Marco del Agua para el programa de trabajo 2021-2024. El segundo de actualización de planes hidrológicos de cuenca y programas asociados de medidas para las 4 cuencas hidrográficas de Bulgaria, y un tercero dentro del programa "El agua para el pacto verde: aplicación y desarrollo de las políticas marinas y de agua de la UE", en el que proporcionamos asistencia a la Comisión en estos asuntos.

Además de la investigación, ¿qué otros servicios ofrece el instituto?

Todas nuestras actividades, de una forma u otra están ligadas a la investiga-

"España es una de las potencias mundiales en desalación y reutilización del agua"

ción, bien como proyectos, y contratos, bien como servicios a la sociedad. En este último caso, contribuimos a mejorar la comunicación a un público general, formando y concienciando sobre temas relacionados con el agua. Esto lo hacemos implicando a la sociedad en las actividades de IMDEA Agua mediante la participación en eventos, tales como la Semana de la Ciencia, La Noche Europea de los Investigadores, el Día de la Mujer y la Niña en la Ciencia, etc.

Además, tenemos una fuerte vinculación con la industria del sector para resolver conjuntamente problemas con soluciones innovadoras que beneficien a la sociedad. También participamos en temas de formación con Universidades e Institutos de Formación Profesional y Secundaria, y contribuimos a la formación de investigadores a través de la realización de tesis Doctorales en nuestra institución.

¿Cómo se asegura IMDEA Agua que sus investigaciones sean relevantes y útiles a la sociedad?

En IMDEA Agua tenemos implantado un proceso de Vigilancia Estratégica, que representa el faro de nuestro ecosistema, tanto a nivel interno como externo. El fin es detectar aquellos temas prioritarios que necesiten respuesta, tanto en aspectos científico-tecnológicos como económicos, sociales o legales. Ejemplo de ello es que intentamos disponer en nuestros laboratorios de equipamiento de última generación, que nos permita desarrollar métodos analíticos eficientes. Disponemos de plantas pilotos versátiles para realizar distintas experimentaciones y validaciones de nuevas tecnologías, y nuestro principal activo es que disponemos de personal altamente cualificado para realizar toda la investigación que se lleva a cabo en la entidad.

¿Cuál ha sido la contribución de las investigaciones de IMDEA Agua en la mejora del tratamiento del agua?

Las contribuciones de IMDEA Agua en la mejora del tratamiento del agua podemos medirlas de muchas formas, pero por ser breve, voy a indicarles cuáles han sido nuestras patentes relacionadas con este tema: "Proceso de transformación de membranas de poliamida con enrollamiento en espiral", que han agotado su vida útil en membranas de utilidad industrial; "Método de desalación y tratamiento de aguas residuales en un reactor de celda de desalinización microbiana (MDC) Monitor-Cianomod, Plataforma software de monitorización de afloramiento de algas y cianobacterias"; "Método de degradación de microcistinas en medios acuosos"; "Sistema bioelectroquímico para depurar aguas residuales con cátodo de esferas conductoras flotantes", y "Procedimiento para la eliminación bacteriana de nitrato en aguas residuales y sistema biológico electrogénico".

¿Cuáles son los principales retos y dificultades a los que se enfrenta la investigación referida al agua?

Los principales problemas a los que se enfrenta la investigación en España, tanto en el ámbito del agua, como en el resto de los campos del conocimiento, es la falta de financiación, tanto desde instituciones públicas como privadas, y la fuga de talento.

Aunque se está realizando un esfuerzo a nivel nacional en fomentar la colaboración público-privada, esto no

está permeando en las empresas, que aún no tienen impreso en su ADN los beneficios que les supondría colaborar con centros de investigación, que disponen tanto de personal formado y especializado, como de medios materiales, para encontrar soluciones creativas que transformen procesos productivos en otros más eficientes y sostenibles.

Otro reto es la atracción y retención de talento. Los centros públicos de investigación están sujetos a regulaciones públicas (con todas sus ventajas y desventajas), que no permiten ofrecer condiciones laborales atractivas a su personal, lo que provoca el abandono del mismo ante mejoras salariales.

¿Cuál es la calidad del agua que bebemos en España? ¿Cuáles son los problemas más comunes detectados en el agua de nuestro país y cómo se puede luchar contra ellos?

El agua que bebemos en España es de buena calidad, estando regulada, al igual que en el resto de países de la UE, por el Real Decreto 3/2023, de 10 de enero, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro. Este RD corresponde a la transposición de la Directiva (UE) 2020/2184, y tal como se recoge en el apartado III de su preámbulo, tiene una doble finalidad; por una parte, establece el marco jurídico para proteger la salud humana de los efectos adversos de cualquier contaminación del agua de consumo, al garantizar que sea salubre y limpia. Por otra, facilita el acceso a la misma siguiendo lo indicado por Naciones Unidas en el derecho humano al agua y saneamiento en el Reino de España.

Los principales problemas que tenemos en nuestro país son la falta del recurso y la contaminación. La falta de recurso no es un problema nuevo, aunque el cambio climático y el aumento de la población (censada y flotante), y por ende de la demanda, han aumentado el estrés hídrico. Ya no podemos suministrarnos únicamente con recursos convencionales como antaño, sino que debemos recurrir a otros como son la desalación y la reutilización. En este sentido, España es una de las potencias mundiales en estas tecnologías, y de entre las 20 empresas más grandes del mundo en desalación, 8 son españolas.

En cuanto a la contaminación del agua, el que ésta se produzca, implica

una pérdida del recurso, por lo que su protección es vital. La contaminación no sólo se produce por actividades ligadas al ciclo urbano del agua, que quizá es en lo que todos pensamos, sino también a las actividades agrícolas y ganaderas. En este sentido, en 2022 se realizó una actualización de la anterior legislación sobre protección de las aguas contra la contaminación difusa producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias (RD 47/2022) para alcanzar los objetivos ambientales fijados a través de los planes de cuenca, y la Unión Europea.

Con respecto a la contaminación producida por vertidos de aguas residuales urbanas, con la legislación actual (Directiva 91/271 CEE) se ha logrado reducir la contaminación notablemente (el 98% de las aguas residuales de la UE se recogen adecuadamente y el 92% se tratan correctamente), pero para seguir avanzando, esta directiva se encuentra en proceso de revisión para incluir, entre otras cosas, la protección de la salud humana y la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

Usted ha sido una voz notable en la lucha por la igualdad de género en el sector del agua y de la investigación. ¿Cuál es la situación y el papel de la mujer en este sector? ¿Cómo se puede atraer el talento femenino?

Si echamos un ojo a los ODS, vemos que el 5 habla de lograr la igualdad entre los géneros y empoderar a todas las mujeres y las niñas, y en sus "Metas", la 5.5 es asegurar la participación plena y efectiva de las mujeres y la igualdad de oportunidades de liderazgo a todos los niveles decisivos en la vida política, económica y pública. Ocho años después, apenas el 15,4% de los indicadores del Objetivo 5, de los que se disponen datos van por buen camino. Al ritmo actual, y a nivel mundial, se calcula que se tardará 286 años en subsanar las lagunas de protección jurídica y eliminar las leyes discriminatorias, 140 años en que las mujeres estén representadas en igualdad en puestos de poder y liderazgo en el lugar de trabajo, y 47 años en lograr la igualdad de representación en los parlamentos nacionales.

A nivel nacional, y según datos del INE, la proporción de mujeres en car-

gos de responsabilidad representa el 34%, pero no hay desagregados datos por sectores, por lo que no sabemos los números en el sector del agua, que a simple vista está fuertemente masculinizado.

En IMDEA Agua, la presencia de mujeres con liderazgo en la entidad ha pasado de un 14% en sus inicios a un 42% en la actualidad, y en 2022 se aprobó y registró el Plan de Igualdad.

Sólo se puede atraer talento femenino si la entidad está concienciada con la igualdad y equidad entre sexos, y esto sólo se consigue con numerosas acciones en el tiempo, tales como formación básica en igualdad a diferentes colectivos, lenguaje inclusivo, conciliación en los puestos de trabajo con la vida familiar, integración de dimensión de género en los contenidos de investigación u otras actividades, corresponsabilidad, tolerancia cero con el machismo en cualquiera de sus dimensiones, etc. ¡No es tarea fácil!, pero sólo hay que querer.

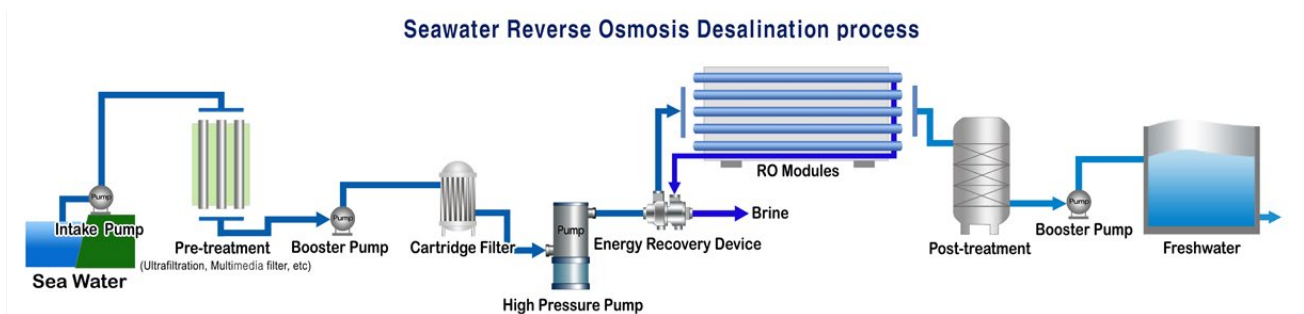
Además, y así figura en nuestro Plan de Igualdad, en todos y cada uno de los ámbitos en que se desarrolla la actividad de IMDEA Agua, desde la selección a la promoción, pasando por la política salarial, la formación, las condiciones de trabajo y empleo, la salud laboral, la ordenación del tiempo de trabajo y la conciliación, asumimos el principio de igualdad de oportunidades entre mujeres y hombres, atendiendo de forma especial a la discriminación indirecta, entendiendo por ésta "la situación en que una disposición, criterio o práctica aparentemente neutros, pone a una persona de un sexo en desventaja particular respecto de personas del otro sexo".

¿Cuáles son los planes de futuro de IMDEA Agua?

Los principales retos que nos ponemos, que forman parte de nuestra "Visión", y que ya se han ido comentando son ser reconocidos con una institución de referencia en el sector del agua, servir de apoyo a la innovación en el sector del agua, disponer de un sistema de gestión eficiente, el compromiso con la sociedad como eje central de nuestras actividades de investigación para minimizar el impacto ambiental, promover la economía circular y contribuir a los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Desaladoras como alternativa a los recursos hídricos tradicionales

Las plantas desaladoras, también denominadas IDAM (Instalaciones de Desalación de Agua Marina), proporcionan agua apta para el consumo humano en numerosos puntos de la geografía mundial. España es uno de los países del mundo que más agua desalada produce. Actualmente ocupa el cuarto país en cuanto a capacidad instalada, sólo por detrás de Arabia Saudí, Estados Unidos y Emiratos Árabes Unidos.



Proceso de ósmosis inversa de agua de mar en una planta desalinizadora. Foto: Shutterstock.

Mónica Ramírez

La ingeniería supera barreras y genera avances realmente importantes para el desarrollo y el bienestar de la sociedad. Obtener agua potable a partir de un recurso natural tan abundante, como es el agua de mar, es posible gracias al ingenio del ser humano para adaptarse a las nuevas necesidades y a los retos que se ponen por delante.

La desalación de agua para abastecimiento en España comenzó en las Islas Canarias, cuando en 1964 se instaló la primera planta desaladora en Lanzarote. En la actualidad, en España se producen alrededor de 5 millones de m³/día de agua desalada para abastecimiento, riego y uso industrial, en las más de 900 plantas desaladoras con producciones superiores a los 100 m³/día que hay en nuestro país, según los últimos datos de los que dispone la Asociación Española de Desalación y Reutilización (AEDyR).

Esta asociación recuerda, además, que "las empresas españolas son pioneras y líderes mundiales en la exportación de tecnología y know-how de desalación y reutilización. Cinco de ellas están en el ranking de las 20 empresas del mundo con mayor capacidad de desalación instalada, incluso una en primer lugar. De hecho, han sido empresas españolas las responsables del diseño de la construcción, y de

la operación y mantenimiento de las primeras plantas desaladoras en países que son considerados, a priori, como referentes de la tecnología (Israel, Emiratos Árabes Unidos, Chile, Australia...)".

El 9% del agua potable que se consume en España procede de plantas desaladoras, y hay lugares como Lanzarote y Fuerteventura donde su dependencia de este tipo de instalaciones es muy elevada. El agua desalada que se produce se destina tanto al consumo humano como a usos industriales o a la agricultura, a la que se dedica el 21%.

En la actualidad, entre las plantas desaladoras más grandes de España se encuentran las siguientes:

- Torrevieja (Alicante). Con una producción de 80 hm³ /año, es la mayor de las plantas desaladoras en España, y contribuye al abastecimiento de 140.000 habitantes y 8.000 hectáreas de agricultura
- El Atabal (Málaga). Produce 76 hm³ /año, y es una de las mayores plantas desaladoras de España y del mundo con una gran calidad del agua.
- Valdelentisco (Murcia), con una capacidad de producción hasta 70 hm³ /año. El agua producida alcanza 7.577 hectáreas de regadío y abastece a 60.000 personas.

- Águilas/Guadalestín (Murcia). Capacidad para producir 70 hm³/año y podría suministrar agua potable hasta 130.000 personas.

- Carboneras (Almería). Produce 42 hm³ /año y beneficia a 200.000 personas. Garantiza el agua a una de las provincias más secas de España, y asegura el riego a más de 7.000 hectáreas de regadío.

- Campo de Dalías (Almería). Produce 30,1 hm³ /año, una cifra equivalente al abastecimiento de 300.000 habitantes.

- Sagunto (Valencia). Produce 25,6 hm³/ año.

- Moncofa (Castellón), con una capacidad de producción hasta 19,8 hm³/año.

- De La Marina Baja (Alicante). Produce 18hm³/año.

- Del Bajo Almanzora (Almería). Produce 15 hm³/año y garantiza el agua a 140.000 habitantes. Además, beneficia a más de 24.000 hectáreas de regadío.

- Oropesa (Castellón). Produce 13,5 hm³ /año, y abastece a unas 150.000 personas.

- Marbella (Málaga). Suministra agua de calidad para la Costa del Sol.

- De L'Eliana (Valencia). Ofrece agua de gran calidad en el litoral mediterráneo.

Dentro de las tecnologías de desalinización o desalación, existen diferentes métodos para minimizar los niveles de salinidad en el agua.

Manuel Romero Ortiz

Consejero delegado de EMASESA (Empresa Metropolitana de Abastecimiento y Saneamiento de Aguas de Sevilla, S.A)

“La digitalización ha supuesto un punto de inflexión importantísimo para el control y la mejora de nuestra eficiencia”

Mónica Ramírez

Manuel Romero es ingeniero y, desde 2023, consejero delegado de EMASESA. Su incorporación a la empresa pública metropolitana de abastecimiento y saneamiento de aguas de la ciudad de Sevilla y 11 municipios más de su área metropolitana, se produce en un momento delicado, ya que uno de los principales retos a los que se enfrenta es la gestión de la sequía que azota la región. A largo de esta entrevista conocemos cuáles son las principales claves y las innovaciones tecnológicas que se llevan a cabo en materia de gestión del ciclo integral del agua.

Desde hace unos meses, es el consejero delegado de EMASESA, empresa con más de 40 años de experiencia en la gestión del ciclo integral del agua. ¿Cuáles son los principales objetivos y líneas de actuación de su gestión?

Como en el conjunto de España, la situación de sequía pertinaz nos marca de manera muy influyente los objetivos y líneas de actuación, ya que la escasez del recurso y la necesidad de alterar lo menos posible la vida de los usuarios y la actividad económica consume la mayor parte de nuestros esfuerzos.

La necesidad de buscar la eficiencia en el uso los recursos naturales y de los medios económicos y humanos de la sociedad es quizás el principal objetivo que me marco en la gestión, por su perentoriedad, pero no debemos olvidarnos de que estamos en un proceso de transformación integral de la empresa, en el triple aspecto tecnológico, cultural y de los procesos, y eso requiere de una atención especial por mi parte al alineamiento de toda la empresa.

Nuestro plan estratégico Plan EMASESA 2030, que ahora estamos procediendo a su revisión bienal, nos marca las líneas principales de acción, en torno a 10 ejes de actuación, y que buscan la máxima atención al usuario y la satisfacción de nuestros accionistas, que son los ayuntamientos de los municipios que abastecemos.

¿Y los retos y dificultades primordiales con los que se encuentran a la hora de gestionar con un enfoque eficiente y sostenible?



Manuel Romero Ortiz.

Somos conscientes de la importancia que tienen los operadores del ciclo urbano del agua, ya no sólo a la hora de ser eficientes en su gestión, sino también en la transformación los entornos urbanos en sistemas más sostenibles, más resilientes frente a los efectos del cambio climático.

En este sentido, aumentar la eficiencia hídrica es crucial para afrontar estos nuevos escenarios climáticos y se sustenta sobre dos elementos clave: una mayor sensibilización de los usuarios y la ciudadanía, y el desarrollo tecnológico y la innovación, especialmente la digitalización del sector, que van a permitir importantes cambios en los modelos de gestión. La digitalización ha supuesto un punto de inflexión importantísimo tanto para el control y mejora de nuestra eficiencia como para la gestión de nuestros activos.

Esto nos ha permitido alcanzar un nivel de eficiencia muy elevado, con un consumo doméstico a día de hoy de 105 litros por habitante y día, lo que representa una reducción del 40% en los últimos 30 años. Asimismo, la dotación bruta del sistema en su conjunto, es decir, suma de consumo doméstico, consumo industrial, consumo de operación y pérdidas de red, es de 185 litros por habitante y día,

muy por debajo de los 250l/h d que establece el plan hidrológico de la demarcación. Por otra parte, las pérdidas en la red de distribución se sitúan en el 11%, uno de ellos mejores indicadores a nivel nacional, y que se ha reducido en un 72% desde inicios de los 90 del siglo pasado.

EMASESA además, da un paso más allá, y emplea herramientas que nos permiten medir nuestro nivel de sostenibilidad y eficiencia, y actuar y mejorar aquellos aspectos que son necesarios. En este sentido, destaca el cálculo de la huella hídrica y la huella del agua, o la declaración anual EMAS, implantados desde hace tiempo.

En líneas generales, ¿qué innovaciones tecnológicas se están aplicando en este sentido?

Hemos hecho una apuesta fuerte por la digitalización, y actualmente tenemos en marcha un ambicioso plan de transformación digital: el embalse digital 5.0. Se trata de un proyecto estratégico para EMASESA, que afecta al ciclo de gestión integral del agua, y que supone una profunda transformación digital. Buena parte de las actuaciones que se engloban en el marco del Embalse Digital 5.0 configuran la propuesta que EMASESA ha presentado en su día a la Primera Fase del PERTE. Esta propuesta ha obtenido la máxima puntuación de las 30 propuestas aprobadas a nivel nacional, y engloba actuaciones por un importe de casi 15 M€, para los que se ha conseguido una financiación de más de 7,5 M€ en la convocatoria.

En lo que a la Segunda Fase del PERTE se refiere, EMASESA ha planteado dos nuevos proyectos. “CReANdO”, para convertir residuos en activos naturales desde la operación inteligente de sistemas de saneamiento y vertido a DPH, para un ciclo del agua circular. Proyecto orientado a la gestión eficiente de los sistemas de saneamiento, al cumplimiento de los objetivos del nuevo Reglamento del DPH, aprobado mediante Real Decreto 665/2023, y a la consecución de nuestra neutralidad energética.

“GIRALDA”: gestión inteligente resiliente y avanzada para la digitalización del agua, para el

diseño e implantación de nuevas capacidades digitales para la resiliencia de las infraestructuras de abastecimiento de agua ante las nuevas amenazas que impone el cambio climático sobre la calidad y disponibilidad del recurso, las enfermedades emergentes y los riesgos derivados de la digitalización de infraestructuras esenciales.

¿Qué papel juega el concepto de economía circular en determinados proyectos que se estén llevando a cabo?

Para nosotros, el compromiso ambiental es un eje vertebrador en el desarrollo de nuestra actividad; de hecho, vamos más allá del cumplimiento normativo. En este sentido, debo reseñar el proyecto MITLOP, porque quizás sea el exponente más gráfico que tenemos en materia de circularidad. Hablamos de una solución innovadora, reciclable, que integra tratamientos avanzados para la higienización de lodos de EDAR (hidrólisis térmica) y el compostaje avanzado, con un balance energético neutro y un impacto por olor nulo, y que ya funciona en la EDAR Ranilla y en el Complejo Ambiental Copero.

Y es que los lodos de EDAR suponen nuestro principal residuo (70.000 Tn/año aprox), y desde hace más de 30 años, EMASESA ha ido adaptando sus procesos para darle una segunda vida, mediante la aplicación directa a suelos agrícolas y/o su estabilización mediante compostaje.

La neutralidad energética que nos permite alcanzar este modelo, además de reducir nuestra huella de carbono y contribuir a la mitigación del cambio climático, tiene un importante impacto en lo económico, y también contribuye a nuestra autonomía, ya que la autosuficiencia nos blindamos frente a posibles oscilaciones del mercado eléctrico ante un proceso (la depuración), que es el que mayor demanda energética tiene de todo el ciclo (en torno al 50-60% del total).

¿Qué campañas de concienciación a la ciudadanía se han desarrollado desde EMASESA? ¿A día de hoy ya se han podido medir los resultados?

Desde el inicio de nuestra actividad, en 1974, hemos convivido con la continua aparición de episodios de sequía, por lo tanto, las campañas de concienciación son algo recurrente para nosotros. En esta sequía en concreto nos centramos en el Objetivo 90, una campaña que anima a reducir el consumo a 90 litros por habitante y día, y que comenzó a principios de 2022. Esta campaña aún está en activo y va ajustando sus mensajes y tono en función de los estados marcados en nuestro Plan de Emergencia ante situaciones de

sequía (PEM) prealerta, alerta y emergencia, y cuyo lema actual es "No hay agua que perder".

Esta campaña se desarrolla en un escenario de cambio climático que ha derivado en una situación de sequía estructural, por lo tanto, se pretende que su calado sea más profundo y duradero. Por ello, incluye por primera vez un enfoque colectivo que incluye a todos los agentes sociales, y que trata de consolidar alianzas con grupos de interés: ayuntamientos, empresas públicas, comercios, hoteles y hostelería, pequeños y grandes consumidores, ciudadanía, etc.

La verdad es que el esfuerzo de la ciudadanía y de la propia EMASESA ajustando fugas e invirtiendo en infraestructuras más eficientes están dando sus frutos. Desde la entrada en escasez, en 2021, se ha reducido el consumo un 10%, cerrando 2023 en un consumo de unos 105 litros/habitante y día. Una reducción del 40% respecto a 1991 que evidencia la concienciación de la población de Sevilla y su área metropolitana en el consumo responsable del agua.

En 1999, se creó el Centro de Formación del Agua, y en 2017 se sumó la Cátedra del Agua, en colaboración con la Universidad de Sevilla. ¿Cómo están funcionando?

En EMASESA estamos especialmente orgullosos de nuestra formación. Tanto la interna, que permite el constante reciclaje del equipo, como la externa, que incide en la profesionalización del sector y la capacitación de personas en situación de desempleo.

Nuestro Centro de Formación del Agua supone un referente tanto en dotación de recursos como en las enseñanzas que promueve. Y la Cátedra del Agua nos permite colaborar con la Universidad de Sevilla y establecer sinergias muy enriquecedoras.

Los datos hablan por sí mismos. Durante 2023 han finalizado el Máster del Agua 36 titulados, 28 alumnos han cursado la FP Dual de técnico de grado medio en redes y estaciones de tratamiento de aguas, una ratio de formación interna ofertada de 50 horas/trabajador/año, y hemos desarrollado más de 600 eventos formativos, en modalidad presencial, online y mixta, en los que han participado más de 15.000 personas. Para la obtención de estos resultados es preciso destacar el esfuerzo realizado en la digitalización de la formación y la incorporación de elementos multimedia.

En el ámbito específico de la ingeniería y los ingenieros, ¿qué pueden aportar en materia de sostenibilidad y eficiencia de los recursos hídricos?

Yo diría que su papel es crucial en estas materias. La gestión del agua afecta a todos

los sectores, tanto sociales como económicos, no hay más que ver cómo ha afectado la sequía al PIB andaluz. Por ello, desde la ingeniería se tienen que desarrollar soluciones y modelos de gestión que nos permitan anticiparnos a distintos escenarios y también armonizar todos los usos del agua, desde las ciudades y sus zonas comerciales e industriales, a la agricultura.

La planificación hidrológica es un pilar fundamental para garantizar la prestación del servicio a medio y largo plazo. ¿Cómo se acomete desde EMASESA, teniendo en cuenta que uno de los eventos climáticos más destacados en su región es la sequía?

Si algo ha definido nuestra estrategia en este último episodio de escasez que estamos sufriendo, ha sido la anticipación, dibujar todos los escenarios y la ruta a seguir cuando había agua de sobra en los embalses. Es la única manera de no caer en la improvisación y de hacer las cosas bien.

Como ya he comentado, contamos con un Plan de Emergencia ante Situaciones de Sequía que recoge los pasos a dar en función del índice de agua embalsada en nuestro sistema. Pero no nos quedamos ahí, con nuestro plan de renovación de las infraestructuras, por un lado, y nuestra apuesta por la digitalización, por otro, ganamos en eficiencia y reducimos nuestro ya de por sí bajo porcentaje de fugas.

Gracias a la digitalización de los procesos, por ejemplo, podemos identificar las necesidades de consumo en tiempo real. En los núcleos urbanos se han desarrollado ampliamente redes de distribución sectorizadas, lo que permite detectar fugas y pérdidas con mayor rapidez al conocer el balance hídrico por sector. El siguiente paso viene de la mano de la telelectura de cada usuario, que ya permite identificar hábitos de consumo anómalos, de forma que los usuarios dispongan de herramientas que les permitan corregirlos y optimizarlos.

Respecto a la disponibilidad de recursos, el gran avance de los próximos años serán las aguas regeneradas. Actualmente, nos encontramos en un proceso de transposición de la normativa europea y de integración en los planes hidrológicos que, esperemos, permitan que el uso de aguas regeneradas sea una realidad a medio plazo. En este sentido, en los últimos años se ha avanzado mucho en los procesos de depuración; de hecho, la calidad de esta agua tratada es muy alta, y el objetivo ahora es aumentar el desarrollo tecnológico para abaratar la producción, principal obstáculo para el uso de estos recursos.

Luis Alonso Gómez

Ingeniero Técnico Industrial, y responsable de Ahorro y Eficiencia Hídrica y jefe de la Oficina de la Sequía en EMASESA Metropolitana (Empresa Metropolitana de Abastecimiento y Saneamiento de Aguas de Sevilla, S.A.)

“En relación a la disponibilidad de recursos, el gran avance de los próximos años vendrá de la reutilización de aguas regeneradas”

Mónica Ramírez

La escasez de recursos hídricos se ha convertido en algo habitual, últimamente, en algunas zonas geográficas de nuestro país, como es el caso de Andalucía, y especialmente en Sevilla, donde las Administraciones y los profesionales que se dedican a la gestión del agua, han tenido que evolucionar y adaptarse en tiempo récord a la nueva realidad hídrica, en la que la disponibilidad de este recurso natural y básico para la vida parece apuntar a que será todavía más escaso en el futuro, por lo que es fundamental aumentar la eficiencia de los sistemas actuales.

La ingeniería es una profesión puntera, basada en la innovación y las nuevas tecnologías, y a la vista de este panorama, resulta imprescindible para buscar soluciones que permitan a la sociedad mantener los niveles de desarrollo y bienestar que necesita.

Luis Alonso Gómez, Ingeniero Técnico Industrial, es el responsable de Ahorro y Eficiencia Hídrica y jefe de la Oficina de la Sequía en EMASESA Metropolitana, sociedad anónima de capital 100% público, que gestiona el ciclo integral del agua en la ciudad de Sevilla y en otros 11 municipios más de su área metropolitana.

Hablemos de su trabajo en EMASESA Metropolitana, ¿cuáles son sus principales funciones y responsabilidades?

Pertenezco al equipo del Departamento de Eficiencia de los Recursos, concretamente, ejerzo como responsable del equipo de Ahorro y Eficiencia Hídrica. Desde esta área desarrollamos varias líneas de trabajo complementarias entre sí, y que podemos desglosar en tres grandes bloques: la supervisión y análisis del balance hídrico en el ciclo integral del agua que realiza EMASESA; el cálculo de la huella hídrica y del agua de la empresa; y el desarrollo y elaboración de la planificación hidrológica. Mi labor como responsable



Luis Alonso Gómez.

es la de coordinar y supervisar estos trabajos, así como la de impulsar nuevos proyectos que nos permitan cumplir con las líneas estratégicas de la empresa en lo que respecta a la sostenibilidad y el uso eficiente de los recursos.

¿Cuál es la situación actual de los recursos hídricos en la región o área de influencia sobre la que trabaja EMASESA?

El sistema de abastecimiento de Sevilla y su área metropolitana se encuentra en escasez por sequía desde noviembre de 2021. Desde entonces, la situación no se ha revertido y sigue empeorando, encontrándonos a 1 de febrero con autonomía para algo más de un año. Esto se debe a una sequía que dura más de 5 años, que nos ha llevado a estar en situación de emergencia, y que, si las precipitaciones de los próximos meses no lo remedian, provocará que a final del verano, el sistema se encuentre en mínimos históricos. No obstante, el problema no es solo de

cantidad, la calidad del agua embalsada empeora conforme descende el nivel de la lámina de agua, lo que está suponiendo un reto para los procesos de potabilización y distribución.

Por último, pero no menos importante, debemos tener presente la afección de estos episodios en los ecosistemas, que en nuestra cuenca están muy modificados por la actividad antrópica. Es necesario establecer estrategias que permitan controlar y preservar las condiciones actuales de nuestro entorno, ya que cualquier deterioro puede tener consecuencias difícilmente reversibles que nos condicionarían la sostenibilidad del sistema.

Hace unos meses, pronunció una “lección inaugural”, en una jornada organizada por el Colegio de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de Sevilla (COGITISE), en la que habló sobre “La Ingeniería ante el reto de una nueva realidad hídrica”, ¿qué puede aportar la ingeniería y los ingenieros en este ámbito?

Desde la ingeniería, y los ingenieros, debemos analizar, identificar y diseñar soluciones que den respuesta a los problemas que actualmente tenemos en cuanto a la gestión de los recursos hídricos en nuestro país. Como comentaba anteriormente, debemos abordar todas las vertientes del reto que tenemos delante para encontrar soluciones que nos permitan, a todos, mantener las actuales condiciones socioeconómicas. La gestión del agua alcanza a todos y cada uno de los sectores económicos de un país y, por ello, es necesario desarrollar soluciones técnicas y modelos de gestión que permitan compatibilizar todos los usos, desde las ciudades y sus zonas industriales, hasta la agricultura. Esto es de especial importancia en España, por dos motivos, la cada vez más real reducción de recursos disponibles y el problema del reparto demográfico.

fico. Aquí, la ingeniería debe ser el motor desde el que se desarrollen las soluciones técnicas que permitan afrontar estos dos grandes retos sin dejar a nadie atrás.

¿Qué medidas e innovaciones tecnológicas se están llevando a cabo en la actualidad para afrontar la escasez de recursos hídricos y los episodios de sequía que se están viviendo en ciertas regiones de España?

La escasez y la sequía se afrontan antes de que lleguen, con agua y con la certeza de que la sequía llega, fomentando la reducción de la demanda y promoviendo la utilización de nuevas fuentes de recursos.

En este momento, la digitalización de los procesos es el gran avance que nos permite identificar las necesidades de consumo en tiempo real. En los núcleos urbanos, se han desarrollado ampliamente redes de distribución sectorizadas, lo que permite detectar fugas y pérdidas con mayor rapidez al conocer el balance hídrico por sector. En este momento, el siguiente paso viene de la mano de la telelectura de cada usuario y del desarrollo de softwares que permitan identificar hábitos de consumo anómalos, de forma que los usuarios dispongan de herramientas que les permitan optimizarlos. Pero no podemos olvidar a los pequeños núcleos de población, donde es necesario avanzar en la sectorización y el control. Respecto a los consumos de regadío, no es mi campo, pero soy conocedor del esfuerzo que están realizando dentro del sector para modernizar los sistemas de regadío, utilizando sistemas de distribución y control que adaptan el riego a las necesidades de la planta en cada momento. De nuevo, la sensorización, el control, la automatización y el telemando son los ejes para la optimización de los recursos disponibles.

Respecto a la disponibilidad de recursos, el gran avance de los próximos años vendrá de la reutilización de aguas regeneradas. Estamos en un proceso de transposición de la normativa europea, y de integración en los planes hidrológicos que deben permitir que el uso de aguas regeneradas sea una realidad en el medio plazo. En este sentido, en los últimos años se ha avanzado mucho en los procesos de depuración, de forma que la calidad del agua obtenida es extremadamente alta. El objetivo es aumentar el desarrollo tecnológico para reducir los costes de producción, principal escollo para el uso de estos recursos.

¿Qué importancia tiene, por tanto, en la actualidad, la reutilización del agua?

Como comentaba, es la gran vía de desarrollo para los próximos años. El desarrollo actual de la reutilización es escaso, por ejemplo, en la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir solo hay planificados el uso de 20 hm³ de aguas regeneradas. No obstante, todos los actores son conscientes de esta necesidad y, pese a que queda mucho por recorrer, se trabaja para establecer las bases de un sistema que permita fomentar el uso de las aguas regeneradas; es tarea de todos (administraciones y empresas del sector) que en unos años hablemos del éxito español en la gestión de la reutilización de aguas.

¿Cómo pueden contribuir también los ciudadanos a paliar esta situación?

Vamos a tener más herramientas que nos darán a conocer nuestros hábitos de consumo y para acceder a cualquier tipo de información. Nuestra responsabilidad como usuarios es interesarnos por los datos que tenemos a disposición, exigir información de calidad y ser conscientes de que el recurso es escaso.

La ciudadanía sevillana es un ejemplo de concienciación y uso responsable. Desde la última gran sequía hemos pasado de 175 litros/habitante y día en 1991, a los 116 en 2020; se trata de uno de los datos de consumo más bajos del país. Pero eso no ha sido todo, desde la entrada en escasez en 2021 se ha reducido el consumo un 10% adicional, situándonos en 2023 en un consumo de 104 litros/habitante y día. Una reducción del 40% respecto a 1991, es decir, los recursos necesarios durante 3 años en la década de los 90, hoy sirven para abastecer durante 5 años, esa es la fórmula para superar las sequías desde la gestión de la demanda.

¿Cómo cree que se realizará la gestión de recursos hídricos y la planificación hidrológica en el futuro? ¿Cuáles piensa que serán las principales claves a tener en cuenta?

Se realizará bien, adaptada a los tiempos y la realidad de cada momento. En España tenemos una larga tradición en la gestión de los recursos hídricos; es un caso de éxito que se utiliza como referencia en el resto del continente. Ejemplo de ello son los organismos de cuenca creados en 1926 con una visión territorial y no política, cuyo concepto fue utilizada en el 2000 por la Di-

rectiva Marco del Agua de la UE para definir las demarcaciones hidrográficas como la unidad de gestión de los recursos hídricos.

Las principales líneas de trabajo son las que venimos comentado: promover políticas y medidas para el uso eficiente de los recursos para reducir la demanda y determinar un marco normativo que permita un desarrollo adecuado del uso de aguas regeneradas. A esto debemos incluir el papel que la desalación debe tomar en nuestro país.

Por último, y debido a la vulnerabilidad de nuestro territorio ante el cambio climático, no debemos olvidar que dentro de los objetivos de la planificación hidrológica está la protección de los recursos disponibles y del medio ambiente, elementos clave para poder seguir disponiendo de un sistema sostenible y estable en el tiempo, que nos permita mantener nuestra calidad de vida actual.

Ante este panorama, ¿considera que habrá una mayor demanda de ingenieros especializados en este ámbito, como “profesionales del agua”?

Por supuesto, el cambio hacia sistemas más eficientes y autónomos solo es posible gracias a la implantación de nuevas y mejores tecnologías que requerirán de profesionales especializados, que sean capaces de diseñarlas, implementarlas, explotarlas y mantenerlas de manera específica dentro del ciclo integral del agua.

En ese caso, ¿qué formación específica cree que van a necesitar?

Es fundamental conocer el ciclo integral del agua en su generalidad; a partir de aquí, hay campo de trabajo en todas las ramas de la Ingeniería Técnica Industrial que requerirán de especialización, por ejemplo, equipos y software de automatización y control para cantidad y calidad del agua, desarrollo y gestión de software para la gestión de la demanda, procesos de potabilización y depuración de aguas, especialización en sistemas de bombeo y regulación de caudales, autoabastecimiento energético, etc.

Dada la multitud de procesos y actividades que hay alrededor de la gestión del agua, existe un amplio abanico de sectores donde poder especializarse. Como ingenieros, tenemos un bonito futuro por delante en el sector del agua.

Carlos Novillo

Consejero de Medio Ambiente, Agricultura e Interior de la Comunidad de Madrid, y presidente del Canal de Isabel II

“Nuestro plan no pasa por aumentar los recursos existentes, sino por mejorar y optimizar la manera en que se gestionan”

Mónica Ramírez

El pasado mes septiembre, Carlos Novillo Píris, consejero de Medio Ambiente, Agricultura e Interior de la Comunidad de Madrid, asumía la presidencia de la empresa pública Canal de Isabel II, que desde hace más de 170 años gestiona el ciclo integral del agua en la región, con una población cercana a los 7 millones de habitantes.

El Canal de Isabel II cuenta actualmente con 13 embalses, que tienen una capacidad máxima de almacenamiento de 944 millones de m³. Para asegurar el abastecimiento de agua en la Comunidad de Madrid, el Canal cuenta con 33 grandes depósitos y 288 de menor tamaño, así como con 141 estaciones de bombeo de agua potable, que permiten el abastecimiento a las zonas más altas de la Comunidad. En la actualidad, la red de distribución está formada por más de 17.000 kilómetros de conducciones. Además, el Canal de Isabel II cuenta con 30 plantas de reutilización y una red de agua regenerada de 615 kilómetros.

Entre sus principales objetivos destaca el de realizar una gestión sostenible, optimizando el consumo de recursos naturales, energéticos y de materias primas, así como la adopción de medidas preventivas para evitar cualquier tipo de contaminación y contribuir a la conservación del medioambiente. Economía circular, valorización de residuos y cuidado de las masas de agua son los tres pilares sobre los que el Canal basa su actuación a nivel ambiental.

¿Cuáles son los principales retos contemplados en el Plan Estratégico 2018-2030 de Canal de Isabel II?

El Plan Estratégico es la hoja de ruta que viene marcando nuestra actividad desde el año 2018, y sienta las bases para hacer de Canal una empresa pública ejemplar y eficaz en la gestión, entendida en su más amplia acepción. Es un plan a medio plazo que nos está permitiendo afrontar los nuevos retos de modernización y sostenibilidad, que está impulsando los avances tecnológicos y que, por supuesto, refuerza la excelencia en el servicio que prestamos a más de seis millo-



Carlos Novillo.

nes y medio de madrileños. En su elaboración participaron todos los grupos de interés y órganos de gobierno de la compañía, y sus diez líneas principales de actuación nos están ayudando en la consolidación de Canal como una empresa puntera a nivel mundial, en lo que respecta a la gestión del ciclo completo del agua.

¿Y las principales innovaciones tecnológicas que se están llevando a cabo en la gestión del ciclo del agua en la Comunidad de Madrid?

En el presente, son muchos los proyectos tecnológicos innovadores que estamos desarrollando en Canal de Isabel II. Uno de los ejemplos principales lo encontramos en la telelectura de contadores. Para el año 2026, el 100 % de los contadores de agua de la Comunidad de Madrid dispondrán de telelectura. A día de hoy, unos 400.000 equipos ya disponen de esta tecnología, con la que hemos pasado de realizar una lectura cada dos meses a realizar una cada sesenta minutos, lo que supone multiplicar por 1.440 la información disponible. Esta información

nos está permitiendo, por ejemplo, alertar personalmente a aquellos usuarios que tienen consumos anómalos, normalmente debido a fugas interiores en sus viviendas.

No hay que olvidar que Canal lleva innovando desde su nacimiento, hace más de 170 años. Hoy, además de en la telelectura de contadores, esa innovación se traduce en multitud de iniciativas que optimizan nuestra gestión, como el uso de drones autodirigidos para inspeccionar las redes de alcantarillado; la modelización matemática en tres dimensiones, que usamos con fines predictivos y para dimensionar mejor las infraestructuras; o la utilización de imágenes satelitales e inteligencia artificial para medir la calidad del agua en nuestros embalses.

¿En qué situación se encuentran los recursos hídricos de la región en estos momentos?

Están al 81 % de su capacidad máxima, por encima de los valores medios de los últimos 30 años.

¿Qué previsiones hay en este sentido para los próximos meses y qué medidas se estudian para contrarrestar la falta de lluvias en la región?

La situación hidrológica que tenemos en la Comunidad de Madrid es buena, de absoluta normalidad. En cualquier caso, gestionamos un bien muy valioso, y no podemos confiarnos. En Canal trabajamos cada día como si fuera el primero de la próxima sequía, independientemente de que ahora estemos lejos de ese punto. Nuestra máxima es hacer la gestión más eficiente posible siempre.

Por otra parte, la regeneración de aguas residuales constituye también un componente esencial de la gestión integral de este recurso natural, y contribuye al incremento neto de disponibilidad de agua en la región. ¿Cómo se lleva a cabo la producción del agua regenerada? ¿Qué usos se le dan principalmente?

La regeneración de aguas residuales

para su posterior reutilización es una de las grandes apuestas de Canal de Isabel II, en pos de la máxima optimización de los recursos. Durante el proceso habitual de depuración, se eliminan desperdicios, grasas flotantes y, en general, todos los elementos gruesos que pueda contener el agua, además de la materia orgánica. Pero, además, en 33 de nuestras depuradoras podemos darle al agua ya depurada un tratamiento adicional de regeneración, para que pueda emplearse en usos no relacionados con el consumo humano.

En la Comunidad de Madrid, 26 municipios, en los que viven 5,3 millones de habitantes, cuentan con redes de agua regenerada. Esta se reutiliza para balear las calles, regar parques, jardines y campos de golf, también para usos industriales.

Los datos hablan por sí mismos: desde que Canal comenzó a producir agua regenerada, en 2007, hemos podido ahorrar más de 193 millones de metros cúbicos de agua que no ha sido necesario extraer de los embalses. Solo en 2023, el volumen de agua reutilizada fue equivalente al 3,45 % del consumo total de agua potable en la región, un volumen similar al consumo registrado en 2023 en todos los hogares de las ciudades de Getafe y Alcorcón.

¿Qué otras actuaciones se han puesto en marcha en lo que respecta a la economía circular?

Nuestras depuradoras de aguas constituyen uno de los mayores exponentes de la economía circular y del aprovechamiento de residuos. Donde otros verían desechos

o desperdicios, nosotros vemos oportunidades. Estas instalaciones, además de tratar el agua residual para devolverla a los ríos en óptimas condiciones, también recuperan recursos de gran valor para la sociedad. Combustibles, fertilizantes, compost y electricidad, además del agua regenerada, son algunos de los productos reciclados que brindan las depuradoras.

En el Canal de Isabel II cuentan con instalaciones que permiten generar energía renovable, y alcanzar un alto grado de autosuficiencia eléctrica, ¿qué objetivos se persiguen en materia de generación de energía?

En el terreno energético, aspiramos a convertirnos en la primera empresa europea del sector capaz de producir tanta energía eléctrica como consume, y hacerlo únicamente a partir de fuentes de energía limpias, renovables o de alta eficiencia. Nuestro objetivo es alcanzar este hito antes de 2030.

Desde hace décadas, Canal se ha ido dotando de instalaciones para la generación de energía eléctrica, a través de procesos sinérgicos con la gestión del agua: centrales hidroeléctricas, microturbinas en la red de abastecimiento, motogeneradores que generan electricidad con el biogás que se produce en las depuradoras, plantas de cogeneración, etc. A todo ello hay que añadir ahora el Plan Solar, con el que estamos instalando nuevas plantas solares fotovoltaicas.

Con todo, somos la empresa con mayor potencia instalada en generación de energía eléctrica de la Comunidad de Madrid, con más de 110 megavatios. En los últimos años hemos producido, de media, en torno al 70 % de la energía que hemos consumido

anualmente. Como digo, el objetivo es llegar al 100 % en los próximos cursos.

Desde su punto de vista de ingeniero, ¿qué papel desempeñan estos profesionales en la gestión de los recursos hídricos y del ciclo del agua?

Es evidente que los buenos ingenieros han formado parte de la historia de Canal desde sus mismos inicios, cuando en tiempos de Isabel II se acometió el proyecto de traída de aguas a Madrid. Pero hoy nuestra empresa es mucho más que eso: son más de 3.000 profesionales de distintas áreas del conocimiento que, con sus respectivos cometidos, contribuyen a hacer de Canal una empresa de referencia y que es orgullo de todos los madrileños.

¿Cómo cree que evolucionará esta gestión del agua en el futuro?

Los retos a los que tiene que enfrentarse ahora el sector del agua son incluso más complicados y complejos que los del pasado. Los nuevos patrones climáticos dibujan un escenario de menos precipitaciones y aportaciones a los embalses, combinado con un aumento poblacional.

En este contexto, nuestro plan no pasa por aumentar los recursos existentes, sino por mejorar y optimizar la manera en que se gestionan. Esta optimización que ya estamos llevando a cabo permitirá que, ante un previsible descenso de las precipitaciones, se pueda suministrar un mayor volumen de agua.

Esta estrategia, por supuesto, tendrá que ir de la mano de la digitalización y de los avances tecnológicos futuros, de la sostenibilidad y la ciberseguridad en todos los procesos relacionados con nuestra gestión.



Carlos Novillo visita las instalaciones de Canal, en la planta flotante fotovoltaica de Torrelaguna.

Consorci d'Aigües de Tarragona (CAT): el motor de desarrollo que transformó la demarcación de Tarragona

Hace 35 años que la puesta en marcha de un nuevo ente cambió el transcurso de la historia reciente de la provincia de Tarragona. La constitución, en 1985, y posterior puesta en marcha del Consorci d'Aigües de Tarragona, en 1989, supuso un antes y un después en el desarrollo socioeconómico de la demarcación tarraconense.

Consorci d'Aigües de Tarragona (CAT)

Tres décadas y media han pasado ya desde que parte de dicho territorio se conectara a un mismo sistema de abastecimiento hidráulico que tiene su corazón en las Terres de l'Ebre, y que cuenta con un sistema de distribución que se despliega cruzando, prácticamente, toda la provincia. Una red que une y da servicio a cerca de 30 industrias y unos 70 municipios, con un abastecimiento que cubre al 85% de la población (más de 800.000 habitantes y cerca de 1,5 millones en época estival), que han visto variar el color de sus paisajes y han podido prosperar con la llegada de un recurso, el agua, que se distribuye con la máxima eficiencia y sostenibilidad.

Si bien es cierto que los fundamentos del CAT se basan en la captación, potabilización y distribución de agua potable en lo que se denomina abastecimiento en alta, sus objetivos van un paso más allá. En ese sentido, sus valores pasan por ofrecer un servicio de calidad a sus consorciados, una gestión ética y transparente, así como el respeto constante al medioambiente. Por motivos como estos, el Consorci se ha convertido, prácticamente desde su nacimiento, en un agente activo y clave para el territorio en el cual opera, impulsando constantemente medidas para adaptarse al presente con la mirada puesta, permanentemente, en el futuro.

Llega el agua: una perspectiva histórica

Si hablamos de la Ley 18/1981, es posible que (a priori) no se conozca de memoria su contenido, pero grosso modo se podría afirmar que ese es el texto que da vida y sentido al CAT, y que constituye su origen. La Ley del 81 de "Actuaciones en materia de aguas en Tarragona" fue la materialización de un importante proceso de negociación, y posterior acuerdo sociopolítico para conseguir una concesión de agua que, por primera vez, no suponía detracción directa de un caudal fluvial. Dicho acuerdo



ETAP de l'Ampolla (comarca del Bajo Ebro). (Fuente: CAT).

se fundamenta en la autorización de disponer de un tercio del agua recuperada de los canales de riego de las comunidades de regantes del Delta de l'Ebre, con una concesión máxima permitida de hasta 4m³ por segundo.

La aprobación de dicha disposición legal no surgió, ni mucho menos, por casualidad, sino que se impulsó ante un escenario complejo. Cuando la década de los años 70 llegaba a su fin, la falta de agua amenazaba directamente el desarrollo económico de la provincia de Tarragona, especialmente su desarrollo turístico, poblacional e industrial, con una sobreexplotación de sus recursos subterráneos, llegando a salinizarlos por completo debido a la intrusión marina. Es, precisamente, en ese contexto que nace el Consorci d'Aigües de Tarragona, como respuesta a la creciente demanda de una gestión integral del agua en la región. Su origen fue posible gracias al consenso entre entidades, agentes y organizaciones de distinta naturaleza, que consiguieron impulsar un proyecto territorial y transversal que, desde entonces, ha garantizado un abastecimiento sostenible de agua en alta, y ha convertido al ente en todo un referente en la gestión hídrica en España.

Arterias que nutren el territorio

Cerca de 400 kilómetros separan Londres de París en línea recta. Puede parecer una distancia abismal, o por lo menos considerable, pero lo cierto es que la red del Consorci ya supera esa longitud. Como si de un reloj suizo se tratara, la infraestructura que permite captar, potabilizar y distribuir el agua se mantiene operativa los 365 días del año, las 24 horas del día. Ahora bien, ¿dónde empieza todo?

La zona cero, el corazón que suministra agua desde Alcanar (comarca del Montsià) hasta Cunit (comarca Bajo Penedés), se ubica a escasos kilómetros de Tortosa (comarca del Bajo Ebro). Concretamente, el punto de captación se encuentra en la pedanía de Tortosa, Campredó. Allí, en uno de los márgenes del Ebro se ubica la EB 0, la estación de bombeo donde todo empieza. Desde esas instalaciones, el "agua cruda" (sin tratamiento alguno) se impulsa hasta la segunda parada del trayecto: la Estación de Tratamiento de Agua Potable de l'Ampolla (comarca del Bajo Ebro), con una capacidad de tratamiento de 4 m³/s.

Antes de que ese preciado, y cada vez

más escaso, recurso llegue a las casas e industrias de los consorciados, el agua proveniente del último tramo del Ebro se almacena en un depósito y desde allí, todas y cada una de las gotas de H₂O emprenden un viaje que incluye depósitos reguladores, estaciones de bombeo y controles de calidad en línea, que asegurarán la calidad del agua potable que reciben los consorciados.

El proceso de potabilización del CAT se inicia con el tratamiento que permite regular el pH con el uso de CO₂, y aplicar una desinfección con ozono, en la etapa que se denomina preozonización. Seguidamente, el líquido fluye hasta la cámara de distribución, donde se le añade cloruro de hierro, producto que actúa como coagulante. Las partículas en suspensión se agrupan y, con la posterior adición de floculante, forman copos sólidos que, después de pasar por los floculadores, llegan a la zona de decantadores donde son separados del agua. El proceso sigue, con los filtros de arena, postozonización y una filtración con carbón activo.

A todo este trayecto, recientemente se ha incorporado una nueva desinfección por luz ultravioleta. Unas instalaciones inauguradas hace aproximadamente un año que, por dimensiones, son únicas en Cataluña. Esta novedad no solo permite reforzar la garantía de calidad del producto distribuido, sino que supone la incorporación de una nueva fase en el proceso de potabilización que no genera subproductos, y que constituye una tercera y última barrera física para asegurar la calidad del agua, libre de cualquier microorganismo patógeno que pudiese comprometer la calidad.

Hablamos, pues, de un fascinante proceso que culmina en el Laboratorio de Calidad del Agua, ubicado dentro del mismo recinto de l'Ampolla. Cerca de una veintena de profesionales de distintos perfiles científico-técnicos se aseguran y certifican, día tras día, que el producto suministrado cuenta con las garantías sanitarias requeridas. Por ello, el CAT cuenta con certificaciones como la ISO 22000, relativa a la inocuidad alimentaria, que avala que cada gota de agua tratada por el Consorci es apta para el consumo humano, junto con la ISO 17025 de competencia técnica del laboratorio. El control es continuo cada día del año, llegando a registrar unos 130 resultados analíticos al día, lo que supone miles y miles de datos y validaciones anuales. Un trabajo bien ejecutado que tiene sus frutos. Prueba de ello son los recientes resultados preliminares promovidos por la Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento (AEAS), que señalan que el agua suministrada por el CAT está

libre de microplásticos.

La innovación como aliada

Sin duda, una de las joyas de la corona del CAT es su avanzado sistema de gestión de la red, reconocido como pionero en Europa. En pocos años, se ha desplegado fibra óptica a lo largo de más de 85 kilómetros de su tubería principal. Una tecnología vanguardista que permite una supervisión y control en tiempo real del estado estructural de la tubería de hormigón, pretensado con camisa de chapa y que, debido a su constitución y edad, puede comprometer el servicio. Este enfoque proactivo no solo asegura una distribución eficiente del agua, sino que también optimiza la respuesta ante posibles incidencias y sirve de aliado para anticiparse a posibles episodios que pongan en riesgo la actividad, garantizando así la continuidad y fiabilidad del servicio.

Tanto es así que, entre los años 2012 y 2022, el ente ha conseguido reducir en un 70% el índice de agua no registrada. Asimismo, la Universitat Politècnica de Catalunya ha determinado en el 99,3% la eficiencia hidráulica de la infraestructura del Consorci. Una cifra que, en palabras de los mismos estudiosos, es "difícil de superar e incluso de mantener".

En el contexto de la creciente conciencia ambiental, el CAT ha liderado diversos proyectos innovadores destinados a optimizar la eficiencia energética en sus operaciones, como el proyecto SAOOEC (Sistema Automático de Operación y Optimización Energética del CAT). Desde la implementación de sistemas de energía renovable hasta la incorporación de tecnologías de bajo consumo, el Consorci ha demostrado un compromiso sólido con la sostenibilidad.

Entre los proyectos más destacados se encuentra la construcción de dos importantes parques fotovoltaicos para el autoconsumo en sus oficinas centrales de Tarragona, y en la Estación de Tratamiento de Agua Potable en l'Ampolla. La iniciativa prevé la instalación de dos parques con una potencia "pic total" de más de 4.000 kWp, más de 8.500 módulos solares que, en cifras globales, permitirá cubrir un 10% del total de la energía que el CAT necesita para llevar a cabo su tarea. Con propuestas como esta, la organización reduce, ejercicio tras ejercicio, su impacto ambiental y la emisión de miles de toneladas de CO₂.

Un presente futurista

Mirando hacia el futuro, el CAT se embarca en emocionantes proyectos que consolidarán su posición como motor de desarrollo.

Recientemente, su Asamblea General ha aprobado, para el presente año, un plan de inversiones que supera los 14 millones de euros. Entre los capítulos más destacados de dicho plan, se encuentra la ampliación de la estación potabilizadora y la de su laboratorio.

El Consorci d'Aigües de Tarragona también destinará cerca de 4 millones de euros más a su particular proceso de digitalización, cuyo presupuesto global asciende a más de 23 millones de euros, de los cuales ya se han ejecutado, aproximadamente, la mitad de las acciones previstas, y en importe supera ya más del 80%. Un proceso que tiene que catapultar, definitivamente, al CAT como una industria 4.0, plenamente preparada para el futuro. Para conseguirlo, ya se han puesto en marcha herramientas como "Sagedcat", un portal que centraliza todos los datos referentes a la organización y que, incluso, incorpora la inteligencia artificial para calcular hipotéticos escenarios futuros con predicciones de la calidad del agua para una optimización de los procesos de potabilización y gran parte de los procesos de trabajo.

En resumen, el Consorcio de Aguas de Tarragona ha evolucionado más allá de su papel inicial como entidad de gestión hídrica, para convertirse en un catalizador del desarrollo en las Terres de l'Ebre y el Camp de Tarragona. Su historia, sistema de gestión avanzado, proyectos innovadores y visión de futuro destacan la importancia de esta institución en la configuración del futuro sostenible de la región. Con el CAT a la vanguardia, las perspectivas para el desarrollo integral, especialmente en términos de eficiencia y responsabilidad con el entorno, se presentan prometedoras para las generaciones venideras.



Estación de Tratamiento de Agua Potable, ETAP. (Fuente: CAT).

Ariosto de Haro Yéboles

Director del I Congreso Internacional de Balsas y Vertederos

“Pretendemos un encuentro que comparta información y novedades sobre el mundo de la impermeabilización”

Mónica Ramírez

Los próximos días 23 y 24 de mayo, la ciudad de Orihuela (Alicante) acogerá el I Congreso Internacional de Balsas y Vertederos, un evento completamente pionero en nuestro país, en el que los expertos participantes expondrán las principales innovaciones tecnológicas en estas materias. Las novedades normativas y tecnológicas en impermeabilización, detección de fugas, patologías y autosuficiencia hídrica y energética serán los asuntos más reseñables en torno a los cuales girará la temática del Congreso.

La participación en el mismo es gratuita, previa inscripción, hasta completar aforo, y se podrá seguir tanto de forma telemática (por streaming) como presencial. El Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Alicante es uno de los organizadores del Congreso, junto al Colegio Oficial de Geólogos, el Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Agrícolas, el Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas, la Escuela Politécnica Superior de Orihuela-Universidad Miguel Hernández, y el laboratorio Laborcontrol.

Ariosto de Haro, director del I Congreso Internacional de Balsas y Vertederos, explica a lo largo de esta entrevista las principales claves de este innovador encuentro.

¿Cómo surgió la iniciativa de llevar a cabo el I Congreso Internacional de Balsas y vertederos?

Consideramos que el mundo de la impermeabilización es de suma importancia para nuestro día a día, cuando abrimos un grifo, comemos cualquier alimento que ha requerido agricultura o ganadería, y cuando tiramos la basura. Al final del día, esa bolsa llega a un vertedero, que, si no está bien impermeabilizado, contamina el acuífero que utilizamos para beber o regar.

No existe un punto de encuentro en la comunidad hispanohablante que comparta información y novedades relacionadas



Ariosto de Haro Yéboles.

con el mundo de la impermeabilización y represente a administraciones, fabricantes, instaladores, ingenierías, control de calidad, investigación, etc. Ante estas necesidades surgió la idea de unir a varios colegios profesionales y otros expertos relacionados con los materiales geosintéticos, para crear un congreso internacional de habla hispana (500 millones de personas), que permitiera explicar las bondades de los productos empleados y códigos de buena ejecución de una obra de impermeabilización.

¿Qué entidades e instituciones son las organizadoras del evento?

Hemos conseguido unir a cuatro colegios profesionales (Geólogos, Ingenieros Técnicos Industriales, Ingenieros Técnicos Agrícolas, e Ingenieros Técnicos de Obras Públicas), una Universidad (Escuela Politécnica Superior de Orihuela) y un laboratorio (Laborcontrol), que, junto

al Ayuntamiento de Orihuela, coorganizan el Congreso.

¿Con qué otros apoyos cuenta el Congreso?

Cuenta con el apoyo de la Diputación de Alicante, de la Universidad de Alicante, de las Consellerías de Agricultura y Medio Ambiente de la Generalitat Valenciana, de los ministerios del MAPA y de MITECO, del CEDEX, AERYD, BALTEN, etc. Asimismo, patrocinan 15 empresas privadas de diferentes sectores.

La primera jornada, el día 23 de mayo, estará dedicada a las “balsas de riego”. ¿Cuáles serán los aspectos y las claves más destacadas que se tratarán en esta materia?

Se abordarán las novedades normativas referentes a balsas, y de la nueva guía de cómo y cuándo reimpermeabilizar una balsa, cuándo termina su vida útil y cuándo puede ser peligrosa. También se abordarán diferentes aspectos relacionados con ingeniería geológica, control de calidad, proyectos y dirección de obra, patologías, etc. Además, se intentarán resolver dudas que pueden tener los usuarios (principalmente comunidades de regantes), acerca de qué tipo de lámina se ajusta más a sus prestaciones técnicas y económicas (PVC, EPDM, TPO, PEAD, etc.).

Uno de los temas sobre los que se hablará tiene que ver con las “cubiertas flotantes”, ¿en qué consisten exactamente y cuál es su importancia?

Un experto nos explicará en qué consisten y cómo se construyen las cubiertas flotantes. Entendemos que el agua es un tesoro que no podemos dejar que se evapore hasta un 20% al año en el sur de España. Las balsas deberían cubrirse porque es rentable (se amortizan en una media de 4 años, se evitan gastos en costosos filtros, energía de bombeo, etc.), ecológico (el agua no pierde su ca-

lidad, se evitan productos antialgas, ahogamientos, reduce el consumo de agua, etc.), y nos permite aprovechar su superficie para adherirles placas fotovoltaicas flexibles como lo explicará el autor de la patente.

¿También se hablará sobre “Ingeniería Ambiental y Energías Renovables”, en lo que respecta a las hidrosiembras y la energía fotovoltaica flotante. ¿Qué puede avanzarnos sobre ello?

Efectivamente, se abordará un tema de actualidad y muy relacionado con los colegiados de la rama industrial, como es la fotovoltaica flotante, con 3 ponencias con diferentes tecnologías, y con el objetivo de que una comunidad de regantes consiga disminuir o evitar el coste energético del bombeo, mediante la llamada “batería virtual”, en caso de conexión a red o mediante autoconsumo. El CEO del departamento de fotovoltaica de Iberdrola Renovables presentará una ponencia explicando los requisitos administrativos y su experiencia en el sector.

En cuanto a evitar la erosión de laderas, se presentarán dos ponencias, una mediante materiales geosintéticos y la otra nos informará de un sistema patentado de hidrosiembra mediante raíces de plantas tipo c-4, que no requiere mantenimiento.

La segunda jornada, el día 24, estará centrada en la temática sobre vertederos y las “balsas de residuos”. En este sentido, se hablará además de vertederos, sobre balsas mineras, de residuos agrícolas-ganaderos o depuradoras, entre otras, ¿cuáles son las principales innovaciones tecnológicas que se aplican en este ámbito?

Efectivamente, el viernes se tratará un tema de suma importancia a nivel ambiental como son los residuos. Nuestro progreso lleva aparejado un volumen importante y diverso de residuos, y a veces no se le da la importancia que requiere su almacenamiento. La innovación tecnológica de la química del carbono en los últimos años ha supuesto un avance espectacular en la fabricación de materiales geosintéticos, que con una correcta instalación y un control de calidad adecuado pueden garantizar una impermeabilización segura de grandes superficies (km2). Se explicarán las nuevas normativas españolas y comunitarias, sistemas para evitar olores, posibles usos de los lodos de lixiviados, depuradoras ecológicas por métodos de aireación, compor-

tamiento real de los geodrenes ante la presión en vertederos, gestión de biogás en vertederos, etc.

¿Qué otros temas se tratarán en la segunda jornada?

Un tema muy interesante es la detección de fugas de vertidos. La normativa europea obliga a que demuestres que no contaminas. Hemos planteado desde el Congreso dos sistemas independientes (uno de ellos mediante el empleo de fibra óptica), explicadas por los autores de ambas patentes, cuyo objetivo es detectar cualquier vertido al acuífero mediante una alerta a tiempo real.

¿A qué público va dirigido el Congreso?
A cualquier persona, entidad o empre-

sa que requiera de informarse en algún aspecto relacionado con la impermeabilización de balsas o vertederos, tales como comunidades de regantes, ingenierías, fabricantes, instaladores, gestoras de residuos, empresas de solar flotante, laboratorios, constructoras, administraciones involucradas (técnicos de confederaciones hidrográficas, administraciones locales, autonómicas y de ministerios de Agricultura y Medio Ambiente, etc.).

Aquellas personas que estén interesadas, ¿qué tienen que hacer para poder asistir?

Tienen que inscribirse en la página web [balvert.es](https://webs7clicks.com/webs/web-colegio-geologos/), con el link <https://webs7clicks.com/webs/web-colegio-geologos/>.



ORGANIZAN Y COORGANIZAN



APOYAN



COLABORAN



Resistencia al fuego disponible en las estructuras de edificaciones con instalaciones fotovoltaicas

Fire resistance available in building structures with photovoltaic installations

Manuel Fernández Casares¹ y Julián Plácido Pecharromán Sacristán²

Resumen

Los edificios con instalaciones fotovoltaicas, a pesar de los nuevos riesgos que introduce la actividad de generación de energía eléctrica, deben seguir cumpliendo el requisito de seguridad estructural en caso de incendio.

Para controlar el riesgo en caso de incendio, su estructura y los elementos constructivos de sectorización deben disponer de una resistencia al fuego suficiente. Por tanto, es necesario contar con un método que caracterice la influencia de la instalación fotovoltaica y permita calcular la resistencia disponible en las estructuras de la edificación que pueden estar expuestas al fuego.

En el presente estudio se describe cómo caracterizar la resistencia al fuego disponible y se analiza cómo interacciona el control de los riesgos eléctricos y de los riesgos de seguridad estructural en situación normal con el control del riesgo estructural en caso de incendio.

Palabras clave

Estructuras expuestas al fuego, resistencia al fuego disponible, instalación fotovoltaica; seguridad en caso de incendio, tiempo equivalente de exposición al fuego, ensayos de túnel del viento.

Abstract

Buildings with photovoltaic installations, despite the new risks introduced by the activity of electricity generation, must continue to meet the requirement of structural safety in case of fire.

In order to control the risk in case of fire, their structure and the constructive elements of sectorisation must have sufficient fire resistance. Therefore, it is necessary to have a method to characterise the influence of the photovoltaic installation and to calculate the available resistance in the structures of the building that may be exposed to fire.

This study describes how to characterise the available fire resistance and analyses how the control of electrical risks and structural safety risks in a normal situation interact with the control of the structural risk in case of fire.

Keywords

Structures exposed to fire, fire resistance available, photovoltaic installation, security in case of fire, equivalent time of exposure to fire, wind tunnel tests.

Recibido/received: 13/09/2023 Aceptado/accepted: 10/01/2024

¹ Ingeniero Mecánico. Consultor y Asesor Técnico y Legal del Colegio Oficial de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid (COGITIM). Profesor del Máster de Ingeniería de Protección Contra Incendios, de la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), de España.

² Catedrático de E.U. en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Diseño Industrial, de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Doctor Ingeniero Industrial. Ingeniero Industrial e Ingeniero Técnico Industrial, especialidad en Mecánica.

Autor para correspondencia: Manuel Fernández Casares; e-mail: manuel.fernandez@coitim.es



Foto: Shutterstock.

1. Introducción

Las cubiertas planas de los edificios se han convertido en uno de los lugares preferidos para instalar paneles fotovoltaicos inclinados con contrapesos, con la finalidad de generar energía eléctrica.

La edificación, tras la construcción de la instalación fotovoltaica, debe seguir cumpliendo la normativa vigente, garantizando que cumple los requisitos básicos de seguridad, en especial el requisito de seguridad eléctrica, así como los requisitos de seguridad estructural en situación normal y en caso de incendio.

Respecto a los riesgos eléctricos relacionados con los incendios, la ingeniería eléctrica se ha encargado de analizar las causas potenciales de incendio en los sistemas fotovoltaicos, así como las medidas de seguridad que pueden mitigarlo (Amador Guerra, et al., 2014).

En ese sentido, los estudios experimentales han evidenciado (Jens Stee-

mann, et al., 2018) (Jens Steemann, et al., 2021) (Jens Steemann, 2022) que los incendios que se inician entre los paneles fotovoltaicos situados en las cubiertas tienen una dinámica muy especial que provoca fenómenos como la rerradiación y pueden generar grandes aumentos de temperatura en los elementos que forman el sistema constructivo de la cubierta.

Respecto al control de los riesgos estructurales en situación normal, ha sido y es una práctica habitual que el diseño de los contrapesos necesarios en las instalaciones fotovoltaicas y situadas en las cubiertas planas de los edificios se realice utilizando los coeficientes de presión del viento tabulados y correspondientes a alguna de las configuraciones normalizadas disponibles, seleccionando habitualmente las marquesinas y los recubrimientos de las cubiertas de los edificios, por ser las que presentan rasgos más coincidentes con el escenario analizado (Arroba Fernández & Mencías Carri-

zosa, 2008).

Actualmente, hay resultados de ensayos en túnel del viento que demuestran que el comportamiento dinámico del viento sobre una colección de paneles fotovoltaicos inclinados que están instalados sobre las cubiertas planas de los edificios es muy diferente del que experimentan los recubrimientos de las cubiertas de los edificios o al experimentado por las marquesinas individuales, de grandes áreas y situadas sobre el terreno (SEAOC, 2017).

A nivel internacional, se dispone de métodos normalizados que, basados en los ensayos del túnel del viento, permiten calcular los contrapesos necesarios y suficientes en cada panel de forma individualizada (American Society of Civil Engineer, 2022).

Se ha mostrado (COGITIM, 2023) que es posible integrar los modelos internacionales basados en los ensayos de túnel del viento, dentro de los modelos aceptados por la normativa vigente a nivel nacional, para garantizar

el cumplimiento del requisito básico de seguridad estructural, en condiciones normales de utilización.

En cuanto al control de los riesgos estructurales en caso de incendio, ya se dispone de un método capaz de calcular la resistencia al fuego disponible en la edificación sin la presencia de una instalación fotovoltaica (Vassart, et al., 2014), aunque tal método no se ha particularizado para la situación especial que supone la presencia de una instalación fotovoltaica.

Este trabajo tiene el objetivo de analizar los cambios que deben introducirse en el procedimiento habitual de cálculo de la resistencia al fuego disponible en las estructuras de la edificación, cuando se incorpora una instalación fotovoltaica.

Se analizará la relación entre el nivel de seguridad estructural disponible frente a las acciones en situación normal y el nivel de seguridad estructural en caso de incendio, mostrando cómo influye el inadecuado diseño de los contrapesos de las instalaciones fotovoltaicas en el aumento del riesgo de pérdida de capacidad portante de las estructuras, así como la pérdida de capacidad de sectorización en caso de incendio.

También se analizará cómo puede influir en la resistencia al fuego disponible un fallo en la instalación eléctrica del sistema solar fotovoltaico, que provoca el inicio de un incendio desde la instalación fotovoltaica y acaba por desarrollarse totalmente dentro de la edificación.

Para conseguirlo se describirá un método de cálculo general simplificado, específico para escenarios de fuego en presencia de instalaciones fotovoltaicas.

Con el propósito de hacer más comprensible el método general, se aplicará a un caso particular, en concreto a una edificación de uso comercial que dispone de una instalación fotovoltaica inclinada y con contrapesos sobre su cubierta plana, calculando la resistencia al fuego disponible en una de sus vigas de acero con material de protección contra incendio y comparando los resultados cuando se diseñan los contrapesos con los datos tabulados no basados en los ensayos específicos de túnel de viento, frente a los calculados a partir de los ensayos norma-

lizados de túnel del viento.

2. Método

El cálculo de la resistencia al fuego disponible se realizará empleando un procedimiento de cálculo normalizado para estructuras en situación de incendio (CEN, 2019), basado en la resistencia al fuego frente a la curva normalizada de tiempo y temperatura.

Se trata de un modelo de cálculo simplificado que hará posible el estudio de la resistencia al fuego a través de la que dispone cada elemento individual, sin considerar las acciones indirectas como consecuencia de las deformaciones y las tensiones. Considera como efecto de la acción del incendio únicamente el derivado del efecto de la temperatura en la resistencia del elemento estructural.

Por tanto, se aplicará el método que habitualmente se utiliza cuando no existe la instalación fotovoltaica, extendiéndose a las particularidades que confiere al escenario de fuego en presencia de los sistemas fotovoltaicos.

Se destacan a continuación las particularidades del método en relación con el utilizado cuando no hay instalación fotovoltaica:

1. Coeficiente de sobredimensionado con fotovoltaica:

Esta parte se corresponde con el análisis habitual del efecto de las acciones mecánicas sobre el elemento estructural de interés en relación con la resistencia mecánica de dicho elemento a temperatura normal. Se considera ahora la influencia de la presencia de la instalación fotovoltaica:

$$\bar{\mu}_0 = \frac{\bar{E}_{fi,d}}{\bar{R}_{fi,d,0}}$$

Siendo:

$\bar{\mu}_0$ Coeficiente de sobredimensionado del elemento estructural de interés, considerando la influencia de la instalación fotovoltaica, para elementos con sección transversal de clase 1, 2 o 3.

$\bar{E}_{fi,d}$ Máximo efecto de la combinación de acciones mecánicas en situa-

ción de incendio sobre el elemento estructural de interés, considerando la influencia de la instalación fotovoltaica.

$\bar{R}_{fi,d,0}$ Resistencia mecánica del elemento estructural de interés, en situación de incendio, al inicio de la fase de fuego totalmente desarrollado, considerando la influencia de la instalación fotovoltaica.

Añadir la instalación fotovoltaica y analizarla en situación de incendio supondrá reconsiderar:

- Las nuevas cargas permanentes debidas al peso de los paneles y de los contrapesos realmente utilizados contra el efecto de succión del viento sobre los paneles, tomando como valor de cálculo sus valores característicos.
- La carga variable debida al viento, considerando la mejor estimación posible del verdadero efecto dinámico de la presión del viento sobre los paneles, como posible efecto variable principal y tomando como valor de cálculo su valor frecuente.
- La influencia en la resistencia mecánica del elemento estructural, debida a la temperatura del elemento estructural en el instante cuando comienza la fase de combustión súbita generalizada en el sector correspondiente, a consecuencia de los incendios iniciados en la instalación fotovoltaica.

2. Esta parte se corresponde con la evaluación habitual de la temperatura del elemento estructural de interés, debida a la acción de la curva normalizada tiempo-temperatura (CEN, 2019), para expresar la resistencia al fuego disponible en términos del tiempo. Se considera la influencia de la instalación fotovoltaica en dos aspectos:

- Debido a la especial dinámica del fuego entre los paneles y los sistemas constructivos, el valor que puede haber alcanzado la temperatura en el elemento estructural en el instante cuando comienza la fase de combustión súbita generalizada en el sector correspondiente, a consecuencia de los incendios iniciados en la

instalación fotovoltaica.

- El valor que le corresponde al coeficiente de sobredimensionado debido a la influencia de la instalación fotovoltaica.

Cuando el elemento estructural es de hormigón armado, la resistencia al fuego disponible siempre se podrá establecer en términos del tiempo, por cualquiera de los métodos habituales que ofrece la normativa vigente (CEN, 2011), puesto que a causa de la baja capacidad de captación térmica del hormigón, la temperatura inicial no puede verse afectada significativamente por un incendio iniciado en la instalación fotovoltaica.

En caso de que el elemento estructural sea de acero protegido o sin protección, la resistencia al fuego disponible se expresa en términos del tiempo que puede estar sometido a la acción de la curva normalizada tiempo-temperatura, sin superar su temperatura crítica, conforme a la normativa vigente (CEN, 2016), por dos medios:

- Evaluando los incrementos de temperatura a intervalos de 3 segundos, tomando como temperatura inicial el valor que podría haber alcanzado el elemento estructural al inicio de la fase de combustión súbita generalizada.
- Utilizando los datos tabulados en la normativa vigente, cuando la temperatura inicial del elemento estructural no puede verse afectada significativamente por un incendio iniciado en la instalación fotovoltaica (p. ej., cuando el espacio bajo la cubierta constituye un sector de incendio respecto al área situada sobre la cubierta que sostiene la instalación fotovoltaica).

El gráfico de la figura siguiente ilustra cómo influye la temperatura inicial (temperatura de precalentamiento) en la evolución posterior de la temperatura en los elementos estructurales de acero sin proteger los que están expuestos al fuego.

Se compara la evolución de la temperatura del elemento estructural durante el incendio totalmente desarrollado, cuando parte con la temperatura ambiente normal, frente al supuesto de una

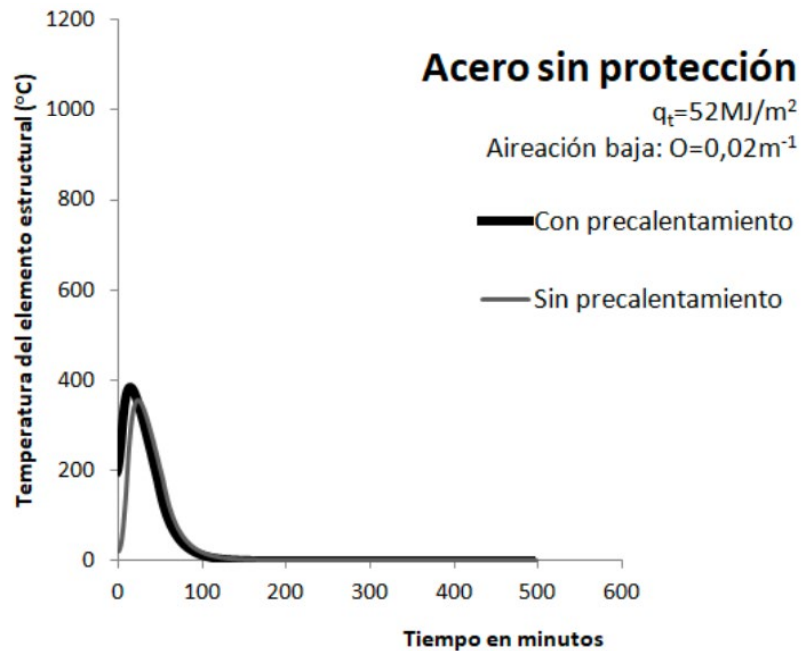


Figura 1. Evolución de la temperatura de un perfil IPE360, de acero al carbono sin protección, sometido a un fuego totalmente desarrollado en el interior de un espacio con una carga de fuego de 52 MJ/m² y con un coeficiente de abertura de 0,02 m⁻¹.

temperatura inicial que se ha visto influida por un incendio iniciado en la instalación fotovoltaica (precalentamiento supuesto de 200 °C).

El precalentamiento supuesto tiende a retrasar la curva. La elevada capacidad de captación térmica tiende a que el retraso de la curva sea grande. La baja agresividad del posible incendio tiende a que el retraso sea pequeño. En conjunto, la temperatura de precalentamiento acaba empeorando su comportamiento ante el fuego.

3. Resultados

Como aplicación particular del método propuesto para el cálculo de la resistencia al fuego disponible, se utilizará un ejemplo que parte del análisis de seguridad estructural en situación normal y basado en los resultados de los ensayos de túnel de viento, que ya se realizó en un estudio previo (COGITIM, 2023).

Los datos de partida son:

- Edificación con cubierta plana.
- Dispone de una instalación fotovoltaica inclinada, situada sobre su cubierta.
 - Inclinación de los paneles fotovoltaicos, $\alpha = 20^\circ$.
 - Longitud característica de los paneles, $L_p = 0,99$ m.
 - Ancho del panel: $a = 1,676$ m.
 - Separación entre filas de paneles, 1,3 m.
 - La instalación fotovoltaica equilibra la

acción del viento con contrapesos, disponiendo cada panel de un contrapeso situado en cada vértice (cada panel dispone de cuatro contrapesos).

- Cada contrapeso tiene definida su posición respecto a la matriz que forman dentro de la instalación fotovoltaica por su número de fila y su número de columna.
- La cubierta se compone de una losa de hormigón (fig. 2).
 - Se considera que la losa sectoriza la zona sobre la cubierta del espacio situado bajo ella.
 - Diseñada como losa continua, cada tramo de dimensión $L \times L$ es soportado (cada tramo 6,7 m \times 6,7 m) por tres vigas de acero que dejan dos vanos de dimensiones iguales (cada vano $l = 3,35$ m).
 - La losa que es soportada por el elemento estructural de interés se sitúa en el centro de la cubierta y soporta 48 contrapesos.
- El elemento estructural de interés es un viga:
 - La viga de interés está en el borde del tramo de losa (v. fig. 2).
 - Perfil de acero, IPE360, S275, módulo resistente de plástico de 1.019 cm³, área de cortante de 3.514 mm², densidad de 7.850 kg/m³, calor específico 600 J/kg K, factor de sección 163 m⁻¹.
 - Se trata de una viga biapoyada, de longitud $L = 6,7$ m.
 - Se pueden formar rótulas plásticas sin afectar a la resistencia y no hay peligro de

inestabilidad.

- Tiene una protección contra los incendios, espesor de 15mm, densidad de 350 kg/m³, calor específico de 1.200 J/kg K y conductividad térmica de 0,12 W/mK.
- Condiciones de carga del elemento estructural de interés:
 - Carga debido al peso de la losa, 2,12 kN/m².
 - Carga debido a la acción de la nieve, 0,3 kN/m² (altitud < 1.000 m).
 - Sobrecarga de uso, 1 kN/m² (accesible solo para mantenimiento).
 - Carga que transmite cada contrapeso a la cubierta, debido al peso propio
 - de la instalación fotovoltaica y calculado a partir de los ensayos de túnel del viento (tabla 1).

Se mostrará la influencia en el resultado de la resistencia al fuego disponible, cuando los contrapesos se calculan utilizando el método basado en los ensayos de túnel del viento (alternativa 1) frente a los contrapesos que se calculan utilizando los coeficientes de presión del viento tabulados (alternativa 2).

1. Coeficiente de sobredimensionado con fotovoltaica:

Cargas sobre la losa de la cubierta que tributa sobre la viga de interés:

- Carga permanente debido al peso de la losa:

$$g_{sl,k} = 2,12 \text{ kN/m}^2$$

- Carga variable debido a la acción del viento en presión:

$$\bar{q}_{w,k} = \bar{g}_{FV,k} = 0,31 \text{ kN/m}^2$$

- Carga variable debido a la acción de la nieve:

$$q_{n,k} = 0,3 \text{ kN/m}^2$$

- Carga variable debido a la sobrecarga de uso:

$$q_{v,k} = 1 \text{ kN/m}^2$$

- Carga permanente debido al peso de la fotovoltaica:

Alternativa 1:

Tomando los valores de la tabla 1:

$$\bar{g}_{FV,k} = \frac{32 \cdot 10^{-2} \text{ kN} \cdot 24 \text{ ud} + 26 \cdot 10^{-2} \text{ kN} \cdot 24 \text{ ud}}{6,7 \text{ m} \cdot 6,7 \text{ m}} = 0,31 \text{ kN/m}^2$$

Alternativa 2:

Aplicando el método habitual para contrarrestar la succión del viento, consistente en utilizar los datos tabulados correspondientes a las marquesinas a un agua y eligiendo los valores simplificados propuestos en

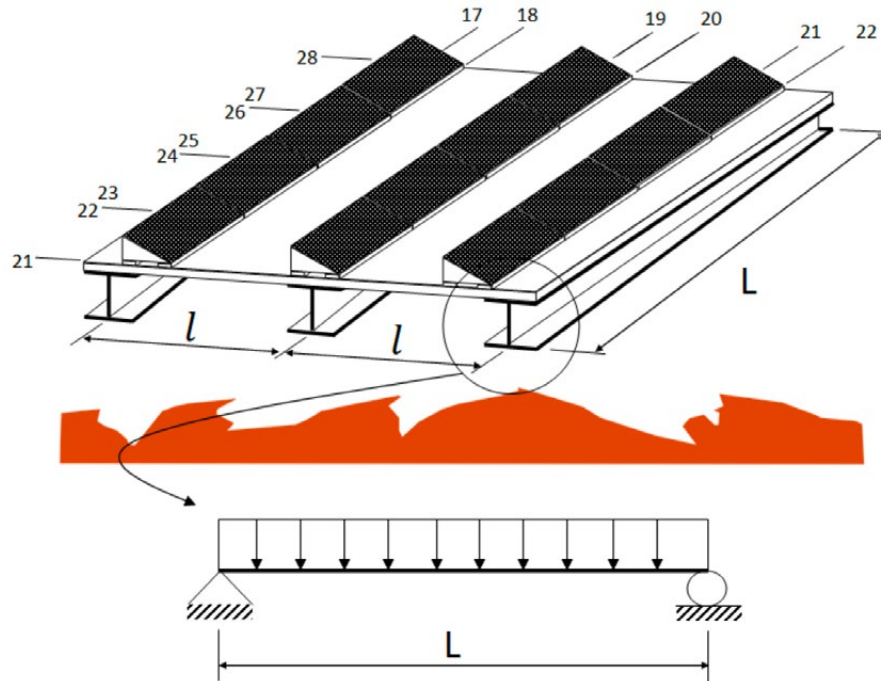


Figura 2. Carga lineal del elemento estructural de interés en situación de incendio.

		Nº de columna donde se sitúa el contrapeso								
		21	22	23	24	25	26	27	28	
Nº de fila donde se sitúa el contrapeso	17	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	
	18	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	
	19	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	
	20	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	
	21	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	
	22	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	

Tabla 1. Carga [kN] que transmite cada contrapeso a la cubierta, debido al peso propio de la instalación fotovoltaica.

la norma y los más desfavorables entre los de posible elección:

$$q_e = q_b c_e c_p = 0,5 \cdot 2,0 \cdot 2,2 = 2,2 \text{ kN/m}^2$$

$$g_{FV,k} = \frac{q_e \frac{3}{8} \frac{1}{\cos \alpha} L_p a \cdot 48 \text{ ud}}{6,7 \text{ m} \cdot 6,7 \text{ m}} = 1,56 \text{ kN/m}^2$$

Combinación de cargas sobre la losa de la cubierta que tributa en la viga de interés, en situación de incendio:

Alternativa 1:

$$\bar{q}_{fi,s} = \bar{g}_{FV,k} + g_{sl,k} + 0,5 \cdot q_{n,k} + 0 \cdot q_{v,k} = 2,58 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{fi,s} = g_{FV,k} + g_{sl,k} + 0,5 \cdot q_{w,k} + 0 \cdot q_{n,k} + 0 \cdot q_{v,k} = 3,83 \text{ kN/m}^2$$

Carga lineal que tributa la losa en la viga de interés, en situación de incendio (deducida del análisis estático debido a que se trata de una viga de borde que soporta una losa continua con dos vanos):

Alternativa 1:

$$\bar{q}_{fi,L} = 0,375 \cdot 2 \cdot \bar{q}_{fi,s} \cdot l = 6,49 \text{ kN/m}$$

Alternativa 2:

$$q_{fi,L} = 0,375 \cdot 2 \cdot q_{fi,s} \cdot l = 9,63 \text{ kN/m}$$

Carga lineal sobre la viga de interés, debido al peso propio:

$$g_{b,k} = 0,56 \text{ kN/m}$$

Combinación de cargas lineales sobre la viga de interés, en situación de incendio:

Alternativa 1:

$$\begin{aligned} \bar{q}_{fi,d,t} &= g_{b,k} + \bar{q}_{fi,L} \\ &= 7,055 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Alternativa 2:

$$\begin{aligned} q_{fi,d,t} &= g_{b,k} + q_{fi,L} \\ &= 10,19 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Efecto (máximo) de la combinación de cargas sobre la viga de interés en la situación de incendio:

Alternativa 1:

$$\bar{E}_{fi,d}(\bar{M}_{fi,d,t}; \bar{V}_{fi,d,t})$$

$$\bar{M}_{fi,d,t} = \frac{\bar{q}_{fi,d,t} \cdot L^2}{8}$$

$$= 39,59 \text{ kNm}$$

$$\bar{V}_{fi,d,t} = \frac{\bar{q}_{fi,d,t} \cdot L}{2}$$

$$= 23,63 \text{ kN}$$

Alternativa 2:

$$E_{fi,d} = (M_{fi,d,t}; V_{fi,d,t})$$

$$M_{fi,d,t} = \frac{q_{fi,d,t} \cdot L^2}{8}$$

$$= 57,17 \text{ kNm}$$

$$V_{fi,d,t} = \frac{q_{fi,d,t} \cdot L}{2}$$

$$= 34,13 \text{ kN}$$

Resistencia mecánica de la viga de interés en la situación de incendio (CEN, 2016):

$$\bar{R}_{fi,d,0} = (\bar{M}_{fi,Rd,0}; \bar{V}_{fi,Rd,0})$$

$$\bar{M}_{fi,Rd,0} = \bar{M}_{Rd,0} \frac{\gamma_{M0}}{\gamma_{M,fi} \kappa_1 \cdot \kappa_2}$$

$$= M_{Rd,0} \frac{\gamma_{M0}}{\gamma_{M,fi} \kappa_1 \cdot \kappa_2}$$

$$= \frac{W_{plas} \cdot f_y \gamma_{M0}}{\gamma_{M,fi} \kappa_1 \cdot \kappa_2} \frac{1}{1}$$

$$= 1019 \cdot 275 \frac{1}{0,85 \cdot 1} 10^{-3}$$

$$= 329,676 \text{ kNm}$$

$$\bar{V}_{fi,Rd,0} = \bar{V}_{Rd,0} \frac{\gamma_{M0}}{\gamma_{M,fi}}$$

$$= V_{Rd,0} \frac{\gamma_{M0}}{\gamma_{M,fi}}$$

$$= \frac{A_v \cdot f_y / \sqrt{3} \gamma_{M0}}{\gamma_{M,fi}}$$

$$= (3514 \cdot 275 / \sqrt{3}) 10^{-3}$$

$$= 557,922 \text{ kN}$$

Donde:

$\bar{M}_{Rd,0} = M_{Rd,0}$, dado que la temperatura inicial no puede verse influida por el inicio de un incendio en la instalación fotovoltaica, debido a que la losa sectoriza la zona sobre la cubierta del espacio situado bajo ella.

$\bar{V}_{Rd,0} = V_{Rd,0}$, dado que la temperatura inicial no puede verse influida por el inicio de un incendio en la instalación fotovoltaica, debido a que la losa sectoriza la zona sobre la cubierta del espacio situado bajo ella.

$\gamma_{M,fi} = 1$, conforme al Eurocódigo 3, por ser un elemento sujeto a flexión simple.

$\kappa_1 = 0,85$, para el factor de adaptación para una distribución no uniforme de la temperatura en la sección transversal, conforme al Eurocódigo 3, por ser una viga protegida expuesta en tres de sus caras, con una losa de hormigón en su cuarta cara.

$\kappa_2 = 1$, para el factor de adaptación para una distribución no uniforme de la temperatura, a lo largo de la viga, conforme al eurocódigo 3, por no ser una viga hiperestática.

Coefficiente de sobredimensionado (CEN, 2016)

Alternativa 1:

$$\bar{\mu}_0 = \frac{\bar{E}_{fi,d}}{\bar{R}_{fi,d,0}}$$

$$= \max \left(\frac{\bar{M}_{fi,d,t}}{\bar{M}_{fi,Rd,0}}; \frac{\bar{V}_{fi,d,t}}{\bar{V}_{fi,Rd,0}} \right)$$

$$= 0,12$$

Alternativa 2:

$$\mu_0 = \frac{E_{fi,d}}{R_{fi,d,0}}$$

$$= \max \left(\frac{M_{fi,d,t}}{\bar{M}_{fi,Rd,0}}; \frac{V_{fi,d,t}}{\bar{V}_{fi,Rd,0}} \right)$$

$$= 0,17$$

2. Resistencia al fuego disponible:

Temperatura crítica, para el instante $t = 0$, al considerar que no hay peligro de inestabilidad y que se pueden formar rótulas plásticas sin afectar a la resistencia, conforme al eurocódigo (CEN, 2016):

Alternativa 1:

$$\bar{\theta}_{a,cr} = 39,19 \ln \left[\frac{1}{0,9674 \bar{\mu}_0^{3,833}} - 1 \right]$$

$$+ 482 = 802 \text{ °C}$$

Alternativa 2:

$$\theta_{a,cr} = 39,19 \ln \left[\frac{1}{0,9674 \mu_0^{3,833}} - 1 \right]$$

$$+ 482 = 746 \text{ °C}$$

Incrementos de temperatura a intervalos de 3 segundos, para una temperatura uniforme de la sección del perfil de acero protegido, conforme al eurocódigo (CEN, 2016):

$$\Delta\theta_{a,t} = \frac{\lambda_p/d_p}{c_a \rho_a} \frac{A_p}{V} \left(\frac{1}{1 + \left(\frac{c_p \rho_p d_p A_p}{c_a \rho_a V} \right) / 3} \right)$$

$$(\theta_{g,t} - \theta_{a,t}) \Delta t - \left(\frac{c_p \rho_p d_p A_p}{c_a \rho_a V} / 10 - 1 \right) \Delta\theta_{g,t}$$

Siendo:

$\theta_{a,t=0} = 20 \text{ °C}$, dado que la temperatura inicial no puede verse influida por el inicio de un incendio en la instalación fotovoltaica, debido a que la losa sectoriza la zona sobre la cubierta del espacio situado bajo ella.

Tiempo de exposición a la curva normalizada, tiempo y temperatura hasta alcanzar la temperatura crítica:

Alternativa 1: $\bar{t}_{fi,d} = 118$ minutos (fig. 3)

Alternativa 2: $t_{fi,d} = 100$ minutos.

4. Conclusiones

El estudio proporciona un método general para analizar por cálculo la resistencia al fuego disponible en las estructuras de la edificación, extensible a los elementos constructivos compartimentadores, cuando se dispone de una instalación fotovoltaica, lo que mues-

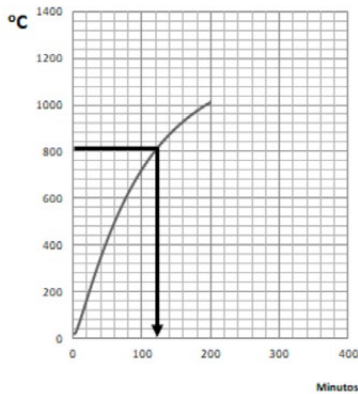


Figura 3. La curva tiempo temperatura correspondiente a la viga de acero protegido al someterla a la curva normalizada del gas del espacio, indica que la temperatura crítica de 802 °C, se alcanzará a los 118 minutos.

tra que el problema puede ser resuelto a partir del procedimiento general de cálculo habitualmente utilizado cuando no se dispone de instalación fotovoltaica.

La influencia de la instalación fotovoltaica se puede cuantificar al reconsiderar el efecto derivado de la acción del viento en los paneles, así como el efecto de un incendio iniciado en la instalación fotovoltaica sobre la temperatura con la que pueden partir los elementos estructurales cuando se inicia la fase de fuego totalmente desarrollado.

Al caracterizar el efecto que tiene el peso propio de la instalación fotovoltaica, cuando esta intenta equilibrar la acción succión del viento con contrapesos, se comprueba que el método utilizado para garantizar la estabilidad estructural en situación normal influye en el grado de seguridad estructural disponible en caso de incendio. Se ha mostrado que el cálculo de los contrapesos por el método basado en los ensayos de túnel del viento puede dar como resultado una resistencia al fuego disponible superior a la que podría obtenerse al utilizar los valores tabulados normalizados y no basados en los ensayos de túnel de viento.

En el resultado se ha mostrado que si la zona donde se emplaza la instalación fotovoltaica no forma parte del sector de incendio en el que se encuentra el espacio de interés, al poder garantizarse que la temperatura inicial de los elementos constructivos es la temperatura ambiente normal, la resistencia al fuego disponible puede calcularse sin dificultad.

Por tanto, para conseguir caracterizar la resistencia al fuego disponible en todos los escenarios de fuego, sigue siendo necesario proporcionar algún método que logre estimar con precisión la temperatura alcanzada justo al inicio de la fase de incendio totalmente desarrollado, por ejemplo, cuando los elementos estructurales son de acero y el espacio bajo cubierta y el área sobre ella forman parte de un mismo sector.

Para verificar que la resistencia al fuego disponible es suficiente con la fiabilidad adecuada, también será necesario proporcionar algún método que permita caracterizar la resistencia al fuego exigida cuando hay instalación fotovoltaica. En este sentido, la normativa vigente aún no permite calcular la resistencia al fuego requerida, dado que los datos tabulados para el cálculo de la carga de fuego todavía no consideran la influencia de la instalación fotovoltaica en las actividades características de los edificios.

5. Agradecimientos

A Gracia Pérez Ojeda por organizar y gestionar los recursos necesarios.

A Jorge Moreno Mohíno y Ana Larrañaga Pastor, por hacer posible la participación en el estudio de los mejores expertos.

A Julio Amador Guerra por compartir sus conocimientos sobre los riesgos eléctricos en las instalaciones fotovoltaicas.

El trabajo cuenta con la financiación del Mecanismo de Recuperación y Resiliencia establecido por el Reglamento (UE) 2021/241, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de febrero de 2021, en el Programa CE OFICINAS Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia.

6. Referencias

- Amador Guerra, J., Chenlo Romero, F., Alonso Abella, M. & Zeiter Zeiter, H., 2014. Prevención y actuación frente a incendio en edificios con instalaciones fotovoltaicas. Seguridad y Medio Ambiente, issue 133, pp. 48-60.
- American Society of Civil Engineer, 2022. Minimum design loads and associated criteria for building and other structures. ASCE 7-22. 2022.. s.l.: s.n.

- Arroba Fernández, M. & Mencías Carriozos, D., 2008. Integración arquitectónica de algunas energías renovables. Impacto estructural. Madrid, Fondo documental de CONAMA 9.
- ASCE, 2022. Minimum design loads and associated criteria for building and other structures. ASCE 7-22. 2022., s.l.: s.n.
- CEN, 2011. UNE-EN 1992-1-2:2011. Eurocódigo 2: Proyecto de estructuras de hormigón. Parte 1-2: Reglas generales. Proyecto de estructuras sometidas al fuego. s.l.:s.n.
- CEN, 2016. UNE-EN 1993-1-2:2016. Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero. Parte 1-2: Reglas generales. Proyecto de estructuras sometidas al fuego. s.l.: s.n.
- CEN, 2019. UNE-EN 1991-1-2:2019. Eurocódigo 1: Acciones en estructuras. Parte 1-2: Acciones generales. Acciones en estructuras expuestas al fuego. s.l.: s.n. 17
- COGITIM, 2023. Ejemplo de aplicación de la Guía para el cálculo de los contrapesos de paneles fotovoltaicos inclinados sobre cubiertas planas [internet]. Disponible en: <https://www.cogitim.es/>
- COGITIM, 2023. Guía para el Análisis de Seguridad Estructural de Instalaciones Solares en la Edificación, SE-IS [internet]. Disponible en: <https://www.cogitim.es/>
- COGITIM, 2023. Método para el cálculo de los contrapesos de paneles fotovoltaicos inclinados sobre cubiertas planas [internet]. Disponible en: <https://www.cogitim.es/>
- Jens Steemann, K., 2022. Fire risk associated with photovoltaic installations on flat roof constructions - Experimental analysis of fire spread in semi-enclosures. The University of Edinburgh.
- Jens Steemann, K., Bart, . M. & Grunde, J., 2018. Fire-induced reradiation underneath photovoltaic arrays on flat roofs. Fire and Materials, issue 42, pp. 316-323.
- Jens Steemann, K., Farah Binte Mohd, F. & Grunde, J., 2021. Experimental study of flame spread underneath photovoltaic (PV) modules. Fire Safety Journal, volumen 120.
- SEAOC , 2017. Wind design for solar arrays, s.l.: s.n.
- Vassart, O. et al, 2014. Eurocodes: Background and applications. STRUCTURAL FIRE DESIGN. Worked examples. Publications Office of the European Union.

NORMAS DE PUBLICACIÓN

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 indexación 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 estructura: introducción, material y métodos, resultados, discusión y/o conclusiones, que puede re-

producirse 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 Viloria 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://li-bweb.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 extractarlos cuando lo considere oportuno. Los autores de las colaboraciones garantizan, bajo su responsabilidad, que las fotos, tablas y figuras son originales y de su propiedad.

Análisis de seguridad estructural de las cubiertas. Repercusión del método de cálculo de los contrapesos de las instalaciones fotovoltaicas

Structural safety analysis of the roofs. Impact of the method of calculating the counterweights of photovoltaic installations

Manuel Fernández Casares¹ y Julián Plácido Pecharromás Sacristán²

Resumen

Los edificios con instalaciones fotovoltaicas deben seguir cumpliendo los requisitos de seguridad, para controlar los riesgos adicionales debidos a la presencia de la nueva actividad de generación de energía, en especial, para garantizar la seguridad estructural en condiciones normales de utilización.

Cuando la cubierta es plana y se utilizan paneles inclinados con contrapesos, si estos no tienen suficiente peso, hay riesgo de que no sean suficientes para contrarrestar las fuertes fuerzas de succión del viento. Sin embargo, si son excesivos, se corre el riesgo de que la estructura no tenga capacidad portante suficiente con la fiabilidad exigida.

Actualmente, conviven dos formas de calcular los contrapesos: o basando los resultados en los ensayos de túnel de viento que, de forma específica, se han realizado para las instalaciones fotovoltaicas en cubierta, o utilizando datos tabulados y seleccionando las formas que presentan rasgos más coincidentes con el escenario analizado.

En el presente estudio se pretende mostrar que el cálculo de los contrapesos, siguiendo un método no basado en los ensayos de túnel de viento, puede no garantizar que la cubierta cumpla el requisito de seguridad estructural.

Palabras clave

Seguridad estructural, estado límite último de la cubierta, instalación fotovoltaica, ensayos de túnel del viento, contrapesos.

Abstract

Buildings with photovoltaic installations must continue to meet safety requirements, controlling the additional risks due to the presence of the new energy generation activity, in particular, to ensure structural safety under normal conditions of use.

When the roof is flat and inclined panels with counterweights are used. If the counterweights are not heavy enough, there is a risk that they will not be sufficient to counteract the strong wind suction forces. However, if they are too heavy, there is a risk that the structure will not have sufficient load-bearing capacity with the required reliability.

Currently, there are two ways of calculating the counterweights, either by basing them on the results of wind tunnel tests that have been specifically carried out for rooftop photovoltaic installations, or by using tabulated data and selecting the shapes that most closely match the scenario under analysis.

This study aims to show that the calculation of the counterweights, following a method not based on wind tunnel tests, may not guarantee that the roof meets the structural safety requirement.

Keywords

Structural safety, ultimate limit state of the roof, photovoltaic arrays, wind tunnel tests, ballasts.

Recibido/received: 13/09/2023 Aceptado/accepted: 10/01/2024

1 Ingeniero Mecánico. Consultor y Asesor Técnico y Legal del Colegio Oficial de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid (COGITIM). Profesor del Máster de Ingeniería de Protección Contra Incendios, de la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), de España.

2 Catedrático de E.U. en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Diseño Industrial, de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Doctor Ingeniero Industrial. Ingeniero Industrial e Ingeniero Técnico Industrial, especialidad en Mecánica.

Autor para correspondencia: Manuel Fernández Casares; e-mail: manuel.fernandez@coitim.es



Foto: Shutterstock.

1. Introducción

Las cubiertas de los edificios se han convertido en lugares donde es posible aprovechar la energía solar, mediante la construcción de instalaciones de paneles fotovoltaicos, y es especialmente interesante cuando la cubierta es plana y se utilizan paneles inclinados.

Las cubiertas planas suelen utilizar tipos constructivos compuestos de un forjado sobre el que apoyan las subestructuras que inclinan los paneles fotovoltaicos. A su vez, tales subestructuras suelen contener contrapesos para contrarrestar las fuerzas de succión del viento.

La edificación, en general, y su cubierta, en particular, tras la construcción de la instalación fotovoltaica, deben seguir cumpliendo la normativa vigente sobre seguridad estructural en las condiciones normales de utilización.

Para garantizar la exigencia de estabilidad estructural, se necesita calcular el peso necesario en los contrapesos y,

para ello, se acepta utilizar los datos correspondientes a las configuraciones normalizadas disponibles. A pesar de que ninguna de ellas se corresponde directamente con las instalaciones fotovoltaicas inclinadas sobre las cubiertas planas, se suelen seleccionar las marquesinas y los recubrimientos de las cubiertas de los edificios como las configuraciones con las formas que presentan rasgos más coincidentes con el escenario analizado (Arroba Fernández & Mencías Carrizosa, 2008).

Ya hay resultados de ensayos en túnel del viento (SEAO, 2017) que demuestran que el comportamiento dinámico del viento sobre una colección de paneles fotovoltaicos inclinados que están instalados sobre las cubiertas de los edificios es muy diferente del que experimentan los recubrimientos de las cubiertas de los edificios o del experimentado por las marquesinas individuales, de grandes áreas y situadas sobre el terreno.

A nivel internacional, se dispone de

métodos normalizados (ASCE, 2022) que, basados en los ensayos del túnel del viento, permiten calcular los contrapesos necesarios en cada panel, consiguiendo controlar el riesgo de pérdida de estabilidad.

Se ha mostrado (COGITIM, 2023) que es posible integrar los modelos internacionales basados en los ensayos de túnel del viento dentro de los modelos aceptados por la normativa vigente nacional, para garantizar el cumplimiento del requisito básico de seguridad estructural frente a la acción de succión del viento. Además, también se ha mostrado que al determinar los contrapesos necesarios siguiendo un método no basado en los ensayos de túnel del viento, los paneles más expuestos al viento pueden no ser suficientes para garantizar que haya estabilidad frente a las fuerzas de succión.

Este trabajo tiene como objetivo mostrar que el cálculo de los contrapesos, utilizando los datos tabulados que no están basados en los ensayos

de túnel del viento específico para las instalaciones fotovoltaicas inclinadas y sobre cubierta plana, tampoco permite controlar el cumplimiento de la exigencia de capacidad portante con la fiabilidad adecuada, en condiciones normales de utilización.

Para conseguirlo, se describirá un método de cálculo que permitirá comparar el estado tensional de las cubiertas en tres escenarios: cuando no hay fotovoltaica, cuando hay fotovoltaica con contrapesos calculados a partir de los ensayos del túnel de viento y cuando hay fotovoltaica con contrapesos calculados con los datos tabulados de la normativa vigente.

En el apartado de resultados, se aplicará el método general a un caso particular frecuente, concretamente al caso de un estudio previo (COGITIM, 2023), consistente en una edificación con una instalación fotovoltaica inclinada con contrapesos sobre una cubierta plana compuesta de losa de hormigón y soportada por vigas de acero, con tres propósitos. Primero de ellos es hacer más comprensible la aplicación del método general. El segundo es mostrar que tal método también puede utilizarse para analizar la capacidad portante de la edificación en condiciones normales de utilización, tras la incorporación de una instalación fotovoltaica inclinada con contrapesos. El tercero es mostrar que si en un caso frecuente y en condiciones normales de utilización, no se puede garantizar el cumplimiento del requisito de seguridad estructural con la fiabilidad adecuada, quedaría mostrando que es más apropiado utilizar datos basados en los ensayos específicos y normalizados de túnel del viento.

2. Método

Se realizará la evaluación de la repercusión de la forma de cálculo de los contrapesos de las instalaciones fotovoltaicas por medio de la evaluación de un escenario de referencia, consistentes en el estado de la edificación antes de la presencia de la instalación fotovoltaica, es decir, sin contrapesos, frente a la evaluación de dos escenarios alternativos, tras la presencia de la instalación fotovoltaica y, por tanto, con contrapesos. La primera alternativa es cuando los contrapesos se han calculado a partir de los ensayos de

túnel del viento. La segunda alternativa es cuando se han calculado aplicando los datos tabulados conforme a la normativa nacional y con los valores simplificados habituales. Para mostrar que el cálculo siguiendo la segunda alternativa puede no garantizar que la cubierta cumpla el requisito de seguridad estructural con la fiabilidad adecuada, bastará con comprobar que al menos en un caso frecuente, los resultados son muy diferentes de los obtenidos a partir de los ensayos del túnel del viento, normalizados y reconocidos internacionalmente (American Society of Civil Engineer, 2022).

La evaluación de cada escenario se realizará mediante un análisis estructural conforme al método elástico, para caracterizar las condiciones que se requieren para lograr alcanzar la seguridad estructural de la cubierta, centrado en la situación normal y el estado límite último, para no exceder su capacidad portante, al no sobrepasarse el estado de agotamiento en ninguna de las secciones de sus elementos constructivos.

El análisis de seguridad estructural para garantizar que hay suficiente capacidad portante seguirá la siguiente sistemática:

- Etapa 1. Acciones: identificación de todas las acciones con influencia en el estado de carga del elemento estructural de interés. Se caracteriza cada carga con su valor característico y se informa de la manera utilizada para transmitir los esfuerzos y de si se aplica de forma directa o se transmite a través de otro elemento constructivo intermedio. Se indica la clase de acción según la variación esperada en el tiempo (CEN, 2019) (CTE, 2019).

La presencia de la instalación fotovoltaica requiere las siguientes consideraciones:

- Hay una nueva acción permanente, la debida al peso de la fotovoltaica, que, al disponer de contrapesos, será habitualmente la carga predominante. El valor asociado será resultado del método utilizado para el cálculo de los contrapesos necesarios para contrarrestar la fuerza de succión del viento (COGITIM, 2023).

- La acción variable debido al viento sufrirá una modificación importante por la presencia de los paneles fotovoltaicos inclinados, tanto en módulo como en sentido (SEAOC, 2017). Deberá ser estimada en función de los resultados de los ensayos de túnel del viento, normalizados y aceptados internacionalmente (ASCE, 2022), sea cual fuere el método utilizado en el cálculo de los contrapesos.

- La acción variable debido a la nieve debe ser recalculada, considerando si la inclinación de los paneles fotovoltaicos puede o no modificar el estado de carga previsto sin fotovoltaica.

- Se requiere confirmar si es posible no modificar la acción variable debido a la sobrecarga de uso, por no cambiar el modo de utilización de las áreas de la edificación analizadas.

- Las cargas que se transmiten por la cubierta hacia el elemento estructural de interés se considerarán cargas uniformemente repartidas por unidad de superficie a través del área de influencia del material de la cubierta.

- Etapa 2. Combinación de acciones, caracterizando, por una parte, la contribución de las acciones que se transmiten por la cubierta hacia el elemento estructural de interés y, por otra, la contribución de las acciones que se aplican directamente al elemento de interés.

La contribución de cada acción dependerá de su clase. Se cuantifica a través de su valor de cálculo, al aplicar los valores de los coeficientes parciales de seguridad, conforme el criterio de la normativa vigente para que la fiabilidad sea adecuada (CEN, 2019) (CTE, 2019).

El estado total de carga a la que estará sometido el elemento estructural de interés se determinará aplicando el principio de superposición y utilizando el análisis estático.

La presencia de la instalación fotovoltaica requiere las siguientes consideraciones:

- La carga permanente debido al peso de la fotovoltaica siempre contribuye desfavorablemente a la resistencia.

- Entre las acciones variables, hay que añadir la contribución desfavorable para la resistencia de la acción de presión debido al viento, como consecuencia de la influencia de los paneles inclinados.
- Etapa 3. Estado límite último. Se caracteriza, por una parte, el efecto de las acciones, mediante el estado tensional de la sección crítica del elemento de interés. Por otra, la resistencia mecánica que ofrece al agotamiento de la sección crítica del elemento de interés. Se ha de realizar una verificación en cada escenario, al considerar el requisito de que la tensión de límite elástico requerida por el estado tensional presente no sea superior a la disponible (CEN, 2019) (CTE, 2019).

3. Resultados

El método descrito se aplicará al caso de un estudio previo (COGITIM, 2023). Los datos de partida son:

- Edificación con cubierta plana.
- Dispone de una instalación fotovoltaica inclinada, situada sobre su cubierta:
 - Inclinación de los paneles fotovoltaicos, $\alpha=20^\circ$.
 - Longitud característica de los paneles, $L_p = 0,99$ m.
 - Ancho del panel: $a = 1,676$ m.
 - Separación entre filas de paneles, 1,3 m.
 - La instalación fotovoltaica equilibra la acción del viento con contrapesos. Cada panel dispone de un contrapeso situado en cada vértice (cada panel dispone de 4 contrapesos).
 - Cada contrapeso tiene definida su posición en la colección de paneles por su número de fila y su número de columna.
- La cubierta se compone de una losa de hormigón (fig. 1).
 - Se considera que la losa sectoriza la zona sobre la cubierta del espacio situado bajo ella.
 - Diseñada como losa continua, cada tramo de dimensión $L \times L$ (cada tramo es de $6,7$ m \times $6,7$ m) es soportado por tres vigas de acero que dejan dos vanos de dimensiones iguales (cada vano es de $l = 3,35$ m).
 - El tramo de losa que es soportada por el elemento estructural de interés se sitúa en el centro de la cubierta y soporta 48 contrapesos.
- El elemento estructural de interés es una viga:

- La viga de interés está situada en el centro del tramo de losa (por ser la más desfavorable; está señalada con un círculo en la fig. 1).
- Perfil IPE de acero.
- Se trata de una viga biapoyada, $L= 6,7$ m.
- Se pueden formar rótulas plásticas sin afectar a la resistencia y no hay peligro de inestabilidad.
- Condiciones de carga del elemento estructural de interés:
 - Carga debido al peso de la losa, $2,12$ kN/m².
 - Carga debido a la acción de la nieve $0,3$ kN/m²(altitud < 1000 m).
 - Sobrecarga de uso, 1 kN/m²(accesible solo para mantenimiento).
 - Carga que transmite cada contrapeso a la cubierta, debido al peso propio de la instalación fotovoltaica y calculado en función de los ensayos de túnel de viento (tabla 1).

El cálculo de las acciones es el siguiente:

- Carga debido al peso de la fotovoltaica: Se trata de una acción permanente que actúa sobre el tramo de losa de la cubierta que tributa sobre la viga de interés.

Situación de referencia:

$$g_{FV,k} = 0$$

Alternativa 1:

Tomando los valores de la tabla 1.

$$\bar{g}_{FV,k} = \frac{32 \cdot 10^{-2} \text{ kN} \cdot 24 \text{ ud} + 26 \cdot 10^{-2} \text{ kN} \cdot 24 \text{ ud}}{6,7 \text{ m} \cdot 6,7 \text{ m}} = 0,31 \text{ kN/m}^2$$

Alternativa 2:

Aplicando el método habitual para contrarrestar la succión del viento, consistente en utilizar los datos tabulados correspondientes a las marquesinas a un agua. Se eligen los valores simplificados propuestos en la norma (CTE, 2009):

$$q_e = 0,5 \cdot 2,0 \cdot 2,2 = 2,2 \text{ kN/m}^2$$

$$\hat{g}_{FV,k} = \frac{q_e \cdot \frac{3}{8} \cdot \frac{1}{\cos \alpha} \cdot L_p \cdot a \cdot 48 \text{ ud}}{6,7 \text{ m} \cdot 6,7 \text{ m}} = 1,55 \text{ kN/m}^2$$

- Carga debido al peso de la losa:

Se trata de una acción permanente que actúa sobre el tramo de losa de la cubierta que tributa sobre la viga de interés. Se toma el valor indicado en los datos de partida.

$$g_{sl,k} = 2,12 \text{ kN/m}^2$$

- Carga debido a la acción del viento:

Se trata de una acción variable que actúa sobre el tramo de losa de la cubierta que

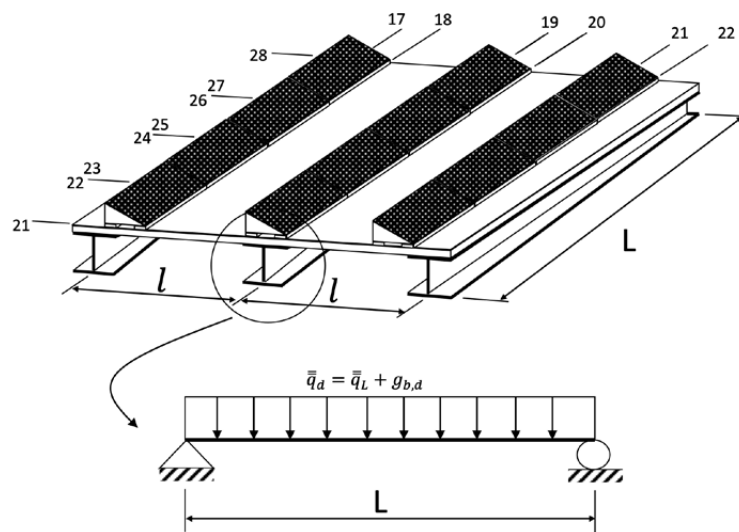


Figura 1. Carga lineal del elemento estructural de interés en situación normal.

		Nº de columna donde se sitúa el contrapeso							
		21	22	23	24	25	26	27	28
Nº de fila donde se sitúa el contrapeso	17	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
	18	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26
	19	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
	20	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26
	21	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
	22	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26

Tabla 1. Carga [kN] que transmite cada contrapeso a la cubierta, debido al peso propio de la instalación fotovoltaica.

tributa sobre la viga de interés.

Situación de referencia:

La carga tomará en todo caso valores negativos, por someter a la cubierta a succión.

$$q_{w,k} < 0$$

Alternativas 1 y 2:

Tomando como mejor estimación para el valor en presión, el cálculo de las reacciones en cada apoyo de la subestructura de la instalación fotovoltaica, en función de los resultados del ensayo del túnel del viento normalizado, conforme al estudio previo (COGITIM, 2023).

$$\bar{q}_{w,k} = \bar{g}_{FV,k} = 0,31 \text{ kN/m}^2$$

• Carga debido a la acción de la nieve: Se trata de una acción variable que actúa sobre el tramo de losa de la cubierta que tributa sobre la viga de interés. Dada la inclinación de los paneles del caso analizado, se considera que la nieve puede acumularse sobre ellos. Se toma el valor indicado en los datos de partida.

$$q_{n,k} = 0,3 \text{ kN/m}^2$$

• Carga debido a la sobrecarga de uso: Se trata de una acción variable que actúa sobre el tramo de losa de la cubierta que tributa sobre la viga de interés. Dado que la cubierta solo es accesible para mantenimiento, se considera que son alternativos el uso de mantenimiento del material de la cubierta y el de la instalación fotovoltaica. Se toma el valor indicado en los datos de partida.

$$q_{v,k} = 1 \text{ kN/m}^2$$

• Peso propio de la viga de interés: Se trata de una acción permanente que actúa directamente en la viga de interés, como una carga uniforme por unidad de longitud. Su valor, $g_{b,k}$ [kN/m] dependerá del tipo de perfil IPE seleccionado.

Cálculo de la combinación de acciones (CEN, 2019) (CTE, 2019):

• Contribución de las acciones transmitidas por la cubierta:

Situación de referencia:

$$q_s = 1,35 g_{sl,k} + 1,5 q_{v,k} + 0 \cdot q_{w,k} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot q_{n,k} = 4,59 \text{ kN/m}^2$$

Alternativa 1:

$$\bar{q}_s = 1,35 \bar{g}_{FV,k} + 1,35 g_{sl,k} + 1,5 q_{v,k} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot \bar{q}_{w,k} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot q_{n,k} = 5,28 \text{ kN/m}^2$$

Alternativa 2:

$$\hat{q}_s = 1,35 \hat{g}_{FV,k} + 1,35 g_{sl,k} + 1,5 q_{v,k}$$

$$+ 1,5 \cdot 0,6 \cdot \bar{q}_{w,k} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot q_{n,k}$$

$$= 6,97 \text{ kN/m}^2$$

• Contribución de las acciones directamente aplicadas a la viga de interés:

$$g_{b,d} = 1,35 g_{b,k} \text{ [kN/m]}$$

• Estado total de carga:

La carga con la que tributa la losa en la viga de interés se deduce del análisis estático, al considerar que se trata de la viga del centro, que soporta una losa continua con dos vanos.

Situación de referencia:

$$q_d = q_L + g_{b,d} = 1,25 \cdot q_s \cdot l + g_{b,d} = (19,21 + g_{b,d}) \text{ kN/m}$$

Alternativa 1:

$$\bar{q}_d = \bar{q}_L + g_{b,d} = 1,25 \cdot \bar{q}_s \cdot l + g_{b,d} = (22,13 + g_{b,d}) \text{ kN/m}$$

Alternativa 2:

$$\hat{q}_d = \hat{q}_L + g_{b,d} = 1,25 \cdot \hat{q}_s \cdot l + g_{b,d} = (29,18 + g_{b,d}) \text{ kN/m}$$

En la tabla 2 se indica el estado de carga que le corresponde a la viga de interés en función del tipo de perfil utilizado.

Verificación del estado límite último (CEN, 2013):

• Efecto de las acciones:

Considerando despreciable el efecto del cortante, el efecto que caracteriza el estado tensional de la cubierta será el momento flector de cálculo en la sección crítica del elemento de interés.

Situación de referencia:

$$M_d = \frac{q_d \cdot L^2}{8}$$

Alternativa 1:

$$\bar{M}_d = \frac{\bar{q}_d \cdot L^2}{8}$$

Alternativa 2:

$$\hat{M}_d = \frac{\hat{q}_d \cdot L^2}{8}$$

• Resistencia mecánica:

Dado que se trata de una sección de clase 1, con efecto del cortante despreciable, la resistencia se caracteriza a través del momento flector resistente de la sección crítica.

$$M_{Rd} = \frac{W_{plas} \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

Siendo:

W_{plas} el módulo resistente plástico de la sección IPE correspondiente.

f_y la tensión de límite elástico.

γ_{M0} el coeficiente parcial de seguridad del material, igual a 1,05.

• Condición de verificación:

Situación de referencia:

$$f_y \geq \frac{q_d \cdot L^2}{8} \frac{\gamma_{M0}}{W_{plas}}$$

Alternativa 1:

$$\bar{f}_y \geq \frac{\bar{q}_d \cdot L^2}{8} \frac{\gamma_{M0}}{W_{plas}}$$

Tipo de perfil	q_d [kN/m]	\bar{q}_d [kN/m]	\hat{q}_d [kN/m]
IPE80	20,03	22,96	30,01
IPE100	20,32	23,25	30,30
IPE120	20,64	23,56	30,61
IPE140	20,99	23,91	30,96
IPE160	21,38	24,31	31,36
IPE180	21,80	24,72	31,77
IPE200	22,29	25,22	32,27
IPE220	22,82	25,74	32,79
IPE240	23,44	26,36	33,41
IPE270	24,18	27,10	34,16
IPE300	25,02	27,94	35,00
IPE330	25,97	28,89	35,95
IPE360	27,07	30,00	37,05
IPE400	28,57	31,49	38,54

Tabla 2. Resultado de la carga lineal total en la viga de interés.

Alternativa 2:

$$\hat{f}_y \geq \frac{\hat{q}_d \cdot L^2}{8} \frac{\gamma_{M0}}{W_{plas}}$$

Véase la tabla 3 para comparar los estados tensionales exigidos en función del tipo de perfil y el escenario analizado.

4. Conclusiones

El estudio proporciona un método que sirve para mostrar cómo repercute el método de cálculo de los contrapesos de las instalaciones fotovoltaicas en la seguridad estructural de las cubiertas.

Los resultados obtenidos, al comparar la situación sin fotovoltaica frente a otra situación con fotovoltaica, muestran la necesidad de realizar un análisis estructural adecuado, para seguir garantizando el requisito básico de seguridad estructural con la fiabilidad exigida.

En el caso analizado, al comparar la situación sin fotovoltaica frente a la situación con fotovoltaica y utilizando los resultados del túnel del viento, puede suponer un aumento de hasta el 14,6 % de la tensión de límite elástico requerida, con el riesgo de haber utilizado un perfil y un tipo de acero que, en presencia de la fotovoltaica, no garantiza la exigencia de capacidad portante necesaria.

Además, al comparar la situación sin fotovoltaica frente a la situación

con fotovoltaica y contrapesos calculados con los datos tabulados, se muestra la gran repercusión que tiene el método de cálculo de los contrapesos en la seguridad estructural de la edificación; en el caso analizado, puede suponer un aumento de hasta el 49,8 % de la tensión de límite elástico requerida cuando no hay fotovoltaica.

Al aplicar el método a un caso frecuente, se ha podido mostrar que el cálculo de los contrapesos con un método no basado en los ensayos de túnel del viento, normalizados y reconocidos a nivel internacional, no garantiza en todo caso que la cubierta pueda cumplir el requisito de seguridad estructural con la fiabilidad adecuada.

Dado que el requisito de seguridad estructural debe extenderse tanto a la situación normal como a las accidentales, como puede ser la situación en caso de incendio, será necesario realizar un nuevo estudio que analice cómo puede influir el método de cálculo de los contrapesos necesarios, en la resistencia al fuego de las estructuras en caso de incendio.

5. Agradecimientos

A Gracia Pérez Ojeda por organizar y gestionar los recursos necesarios.

A Jorge Moreno Mohíno y Ana Larrañaga Pastor, por hacer posible la participación en el estudio de

los mejores expertos.

El trabajo cuenta con la financiación del Mecanismo de Recuperación y Resiliencia establecido por el Reglamento (UE) 2021/241, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de febrero de 2021, en el Programa CE OFICINAS Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia.

Referencias

American Society of Civil Engineer, 2022. Minimum design loads and associated criteria for building and other structures. ASCE 7-22. 2022. s.l.: s.n.

Arroba Fernández, M. & Mencías Carrizosa, D., 2008. Integración arquitectónica de algunas energías renovables. Impacto estructural. Madrid, Fondo documental de CONAMA 9.

ASCE, 2022. Minimum design loads and associated criteria for building and other structures. ASCE 7-22. 2022., s.l.: s.n.

CEN, 2019. Eurocódigos. UNE-EN 1990:2019. Bases de cálculo de estructuras., s.l.: s.n.

COGITIM, 2023. Ejemplo de aplicación de la Guía para el cálculo de los contrapesos de paneles fotovoltaicos inclinados sobre cubiertas planas [internet]. Disponible en: <https://www.cogitim.es/>

COGITIM, 2023. Guía para el Análisis de Seguridad Estructural de Instalaciones Solares en la Edificación, SE-IS [internet]. Disponible en: <https://www.cogitim.es/>

COGITIM, 2023. Método para el cálculo de los contrapesos de paneles fotovoltaicos inclinados sobre cubiertas planas [internet]. Disponible en: <https://www.cogitim.es/>

CTE, 2009. Codigotecnico [internet]. Disponible en: <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SE/DBSE-AE.pdf> [Accessed 2023].

CTE, 2019. Codigotecnico [internet]. Disponible en: <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SE/DBSE.pdf> [Accessed 2023].

SEAO, 2017. Wind design for solar arrays, s.l.: s.n.

Tipo de perfil	q_d [kN/mm ²]	\bar{q}_d [kN/mm ²]	\hat{q}_d [kN/mm ²]
IPE80	5.893	22,96	30,01
IPE100	3.038	23,25	30,30
IPE120	2.002	23,56	30,61
IPE140	1.400	23,91	30,96
IPE160	1.017	24,31	31,36
IPE180	772	24,72	31,77
IPE200	595	25,22	32,27
IPE220	471	25,74	32,79
IPE240	377	26,36	33,41
IPE270	294	27,10	34,16
IPE300	235	27,94	35,00
IPE330	190	28,89	35,95
IPE360	157	30,00	37,05
IPE400	129	31,49	38,54

Tabla 3. Tensión de límite elástico requerido, según el tipo de perfil utilizado y el escenario analizado.

Códice Madrid I: Un análisis de los mecanismos del primer tratado completo de sistemas mecánicos

Codex Madrid I: A mechanisms analysis of the first complete treatise on mechanical systems

H. Rubio Alonso¹, A. Bustos Caballero², C. Castejón Sisamón³, J. Meneses Alonso⁴

Resumen

Desde que en 1965 se encontraron en la Biblioteca Nacional de España los Códices Madrid I y Madrid II, escritos por Leonardo da Vinci entre finales del siglo XV e inicios del siglo XVI, han pasado a ser manuscritos muy considerados, tanto por el contenido de los mismos como por el gran prestigio de su autor. En este artículo se realizará una inspección del manuscrito del Códice Madrid I, una extensa colección de dibujos de sistemas mecánicos de Leonardo da Vinci, donde se presentarán resumidamente la vida del autor y su obra y se analizarán detalladamente los principales mecanismos que aparecen en dicho código. También se situarán en su contexto histórico las obras escritas de Leonardo y, en particular, el Códice Madrid I, analizando los registros de tecnología mecánica anteriores a los tiempos de Leonardo da Vinci y estudiando las referencias escritas históricas existentes.

La parte principal del trabajo consistirá en una recopilación de los dibujos de los principales y más representativos mecanismos del Códice Madrid I. Con esta recopilación se demostrará la variedad de elementos mecánicos y mecanismos simples del citado código, que forman, en su conjunto, un completo tratado sobre mecanismos, entendiendo los mecanismos como elementos básicos de las máquinas. Esta completa descripción de dispositivos mecánicos constituye la principal aportación de Leonardo da Vinci a la historia de las máquinas y los mecanismos.

Palabras clave

Leonardo da Vinci, Códice Madrid I, tratado de mecanismos, elementos de máquinas, historia de la ingeniería mecánica.

Abstract

Since the Madrid I and Madrid II Codices, written by Leonardo da Vinci between the end of the 15th century and the beginning of the 16th century, were found in the Spain National Library in 1965, they have become highly regarded manuscripts, both for their own content as well as the great prestige of the author.

In this article, an inspection of the manuscript of the Codex Madrid I will be carried out, an extensive collection of drawings of mechanical systems by Leonardo da Vinci. The life of the author and his work will be briefly presented and the main mechanisms that appear in that codex will be analyzed in detail. The written works by Leonardo and, in particular, the Codex Madrid I will also be placed in their historical context, analyzing the records of mechanical technology prior to the time of Leonardo da Vinci and studying the existing historical written references.

The main part of the work consists of a compilation of the drawings of the main and most representative mechanisms of the Codex Madrid I. With this compilation the variety of mechanical elements and simple mechanisms of the aforementioned codex will be demonstrated, which together form a complete treatise on mechanisms, understanding mechanisms as basic elements of machines. This complete description of mechanical devices constitutes Leonardo da Vinci's main contribution to the history of machines and mechanisms.

Keywords

Leonardo da Vinci, Codex Madrid I, mechanisms treatise, machines elements, mechanical engineering history.

Recibido/received: 01/06/2023 Aceptado/accepted: 10/10/2023

1 Dpto. de Ingeniería Mecánica. Universidad Carlos III de Madrid.

2 Dpto. de Mecánica. Universidad Nacional de Educación a Distancia.

3 Dpto. de Ingeniería Mecánica. Universidad Carlos III de Madrid.

4 Dpto. de Ingeniería Mecánica. Universidad Carlos III de Madrid.

Autor para correspondencia: Higinio Rubio Alonso; e-mail: hrubio@ing.uc3m.es



Foto: Shutterstock. (Ilustración sobre los Códices de Leonardo Da Vinci).

1. Introducción

El 14 de febrero de 1967, The New York Times anuncia que el investigador estadounidense Jules Piccus había encontrado, en la Biblioteca Nacional de España en Madrid, casi 700 páginas con dibujos, bocetos y anotaciones manuscritas de Leonardo da Vinci, los tratados que ahora denominamos Código Madrid I y Código Madrid II (Da Vinci, 1504). El descubrimiento de estos códices contribuyó a engrandecer la leyenda de Leonardo da Vinci (Reti, 1968).

En cuanto a las características físicas de ambos códices, están escritos en papel, con dimensiones aproximadas de 210 x 150 mm. El Código de Madrid I contiene 192 folios y el Código de Madrid II tiene 157 folios.

El Código Madrid I es un tratado técnico en el que se abordaban, principalmente, amplios estudios de ingeniería mecánica. El título asignado al Código Madrid I, cuando fue registrado en la Biblioteca Nacional de España, fue: Tratado de Estática y Mecánica En Italiano, Escrito en el año 1493. (fig. 1 izquierda) (Da Vinci, 1974). Su contenido es tan relevante que se considera el primer tratado monográfico sobre elementos mecánicos conocido en este campo científico.

El texto y los dibujos del Código Madrid I presenta un acabado de alta calidad en el que muchos de los estudios presen-

tados parecen ser un refinamiento de algunas de las páginas del Código Atlántico y, aparentemente, compilados como un trabajo completo, quizás con el propósito de ser publicado. El Código Madrid I es la principal aportación de Leonardo da Vinci a la historia de las máquinas y los mecanismos (Bautista et al., 2010).

El Código Madrid II es un cuaderno cuyo contenido es más variado que el Código Madrid I. El título que la Biblioteca Nacional de España le dio cuando se registró fue: Tratados varios de Fortificación, Estática y Geometría escritos en italiano, por los años de 1491 (fig.1-der).

El Código Madrid II contiene diseños de instrumentos musicales, notas técnicas

de geometría y pliegos de condiciones de varios proyectos de arquitectura, de ingeniería civil y militar, de fortificación de la ciudad de Piombino, de canalización de la desviación del río Arno en la ciudad de Pisa (única parte del proyecto) y para la fundición del famoso caballo del Monumento Ecuestre Sforza (en detalle).

La visión actual de Leonardo da Vinci es la de un hombre sabio, el prototipo de un hombre humanista, propio del periodo del Renacimiento. Además, Leonardo es considerado un gran artista, científico e inventor, aunque esta última afirmación habría que matizarla. Aunque Leonardo da Vinci propuso el diseño de algunas máquinas originales, su funcionalidad es cuestio-

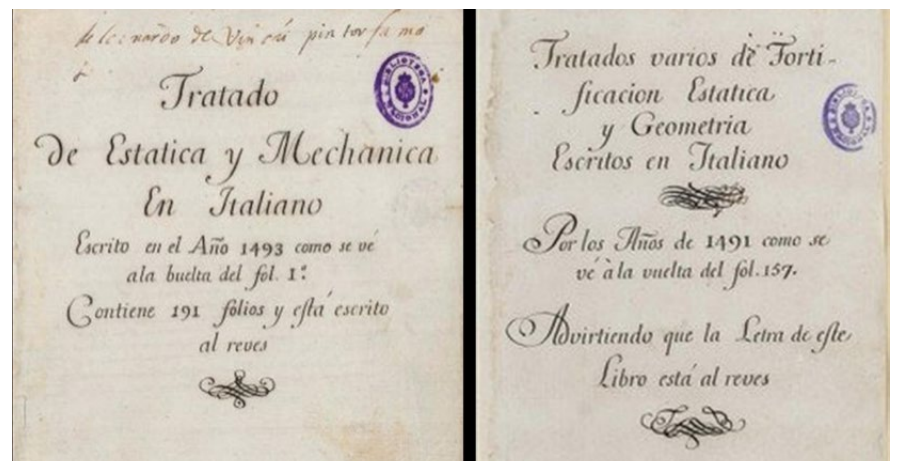


Figura 1. Carátulas asignadas por la Biblioteca Nacional de España a los Códices Madrid I y Madrid II.

nable y ni las fabricó ni probó (Ceccarelli, 2016; Cerveró-Meliá et al., 2018). Sin embargo, hay que resaltar la calidad de todo el material escrito y, sobre todo, gráfico y pictórico que legó como colección del saber de su tiempo, el Renacimiento (Reti, 1974).

En este artículo se ofrece un análisis del Códice Madrid I y se da una visión actual del contenido del citado manuscrito mediante la selección de 100 dibujos de los principales elementos o mecanismos básicos de la máquina recopilados en dicho código, y componen un tratado completo sobre los mecanismos del Renacimiento. Antes de abordar el análisis de los mecanismos, se presentará un resumen crítico de la vida de Leonardo da Vinci y sus tratados, situando estos en su contexto histórico y, en particular, el Códice Madrid I, analizando los registros de tecnología mecánica, anteriores y coetáneos a los tiempos de Leonardo da Vinci, para relacionar la tecnología recopilada en él con la registrada por otros autores de su entorno histórico.

La producción escrita sobre la vida y obra de Leonardo es inmensa, pero este trabajo se centra en el Códice Madrid I y solo se citan aquellos documentos que son referencias directas para la realización de este trabajo.

2. Breve referencia crítica a la vida y obra de Leonardo da Vinci

Leonardo di ser Piero da Vinci nació el 15 de abril de 1452 en Anchiano, un distrito de Vinci, una ciudad toscana cercana a Florencia (Italia) y murió el 2 de mayo de



Figura 2. Autorretrato de Leonardo Da Vinci.

1519 en Amboise, una ciudad situada en el centro de Francia.

Leonardo da Vinci (fig. 2) fue el hijo ilegítimo de Piero Frusolino di Antonio, un notario florentino. Su madre era Caterina di Meo Lippi, una campesina de la región de Toscana. Creció en casa de su abuelo paterno, Antonio da Vinci, donde aprendió a leer y escribir y los rudimentos de la aritmética, aunque no fue instruido en los lenguajes y materias de los eruditos de la época (trivium y quadrivium) y no dominaba el latín ni el griego (Isaacson, 2017).

A los 17 años, Leonardo da Vinci ingresó como aprendiz en el taller del prestigioso artista Andrea del Verrocchio (pintor, escultor y orfebre), donde recibió una formación multidisciplinar en diversas artes. A partir de ese momento se inició su vida de estudio y producción artística y científica.

Hoy en día, mucha gente considera a Leonardo da Vinci un hombre de su tiempo, personificando el ideal humanista del Renacimiento. Sin embargo, muchos aspectos de su vida y obra no permiten situarlo exactamente dentro del espíritu renacentista, tanto desde el punto de vista teórico como práctico.

La visión actual de Leonardo da Vinci es la de un sabio, un erudito del Renacimiento: pintor, dibujante, ingeniero, arquitecto, científico, botánico, anatomista, escultor, etc. Su fama descansa principalmente en el hecho de que fue un pintor extraordinario, uno de los mejores pintores de todos los tiempos, creador de pinturas tan famosas como La última cena y la Mona Lisa.

Leonardo da Vinci también es conocido por su abundante producción de dibujos y escritos: sus famosos cuadernos. Sus manuscritos están reunidos en 23 cuadernos, sobre gran variedad de temas: anatomía, astronomía, geología, pintura, óptica, ingeniería civil, hidrodinámica, tribología e ingeniería mecánica. La mayoría de los cuadernos de Leonardo da Vinci fueron redescubiertos en el siglo XIX: Códices Atlántico, Arundel, Leicester, Manuscritos de París A-M (12 volúmenes), Forster (tres volúmenes), Sobre el Vuelo de los Pájaros, Trivulziano y los cuadernos de la Biblioteca Real Windsor; excepto los Códices de Madrid I y II. que fueron redescubiertos en 1965 (Cerveró-Meliá, 2021).

Los manuscritos de Leonardo da Vinci fueron realizados entre 1487 y 1519 y suman un total, aproximado, de 7.000 páginas (3.495 folios duplicados): la mayoría

de esta producción escrita se encuentra en cuadernos (23 códigos) más unas 50 hojas sueltas, distribuidas por varios museos y bibliotecas de varias ciudades de Europa y América.

Se podrían resumir los manuscritos de Leonardo da Vinci como:

- Códice Leicester o Hammer. Colección de Bill y Melinda Gates, Seattle (Estados Unidos).
- Códices o Manuscritos de París A, B, C, D, E, F, G, H, I, K, L y M. Biblioteca del Instituto de Francia, París (Francia).
- Códice de Turín o Manuscrito Sobre el Vuelo de las Aves. Biblioteca Real de Turín (Italia).
- Códice Trivulziano. Biblioteca Trivulziana, Castillo Sforzesco, Milán (Italia).
- Códice Atlántico. Biblioteca Ambrosiana de Milán (Italia).
- Colección Windsor. Biblioteca Real del Castillo de Windsor, Londres (Reino Unido).
- Códice Arundel. Biblioteca Británica, Londres (Reino Unido).
- Códices Madrid I y II. Biblioteca Nacional de España, Madrid (España).
- Códices Forster I, II y III. Victoria and Albert Museum, Londres (Reino Unido).

Muchos investigadores y comunicadores científicos veneran a Leonardo da Vinci como el mayor ingeniero de su tiempo y uno de los mejores de siempre. Para justificar su admiración, argumentan que fue un autor más prolífico que sus contemporáneos y antecesores (en número de diseños de mecanismos y máquinas) (Oliveira, 2019). Además, sus diseños técnicos, en comparación con los de otros ingenieros, introducen avances y mejoras. Sin embargo, estos autores no consideran que, probablemente, Leonardo tuviera más tiempo que los demás ingenieros porque mientras Leonardo dibujaba y escribía sobre mecanismos y máquinas o describía proyectos sobre diversos temas, esos mismos ingenieros, predecesores y contemporáneos suyos, pusieron esos proyectos en práctica, construyendo o implementando esos diseños (en algunos de las cuales colaboró el propio Leonardo). Si se habla de la importancia de Leonardo da Vinci como ingeniero, se puede decir que estaba dotado de una inmensa curiosidad pero era disperso: empezó muchas cosas y luego las abandonó.

Leonardo legó a la historia una inmensa cantidad de diseños y estudios de máquinas y mecanismos (Pedretti, 1999), pero su aporte de innovaciones técnicas

fue mínimo. Quizá porque no publicó sus hallazgos y sus escritos tuvieron escasa difusión y, por otra parte, no dejó discípulos a quienes transmitir su legado. Además, su obra no comenzó a publicarse hasta el siglo XIX, cuando Charles Ravaisson-Mollien, conservador del museo del Louvre, publicó *Les Manuscrites de Léonard de Vinci* (Ravaisson-Mollien, 1881). Desde entonces, un gran número de científicos, naturalistas, estudiosos del arte, historiadores y divulgadores científicos han analizado sus manuscritos y han publicado extensamente sobre ellos.

En cualquier caso, los autores de este artículo no pretenden restar importancia a la figura de Leonardo da Vinci. Fue un genio: fue pionero en incorporar notas de texto en sus dibujos técnicos (como medida explicativa a sus propuestas de diseños y dispositivos) y en añadir letras indicadoras en los dibujos (para orientar la práctica del diseño y hacer aclaraciones en las leyendas de estos). Se puede afirmar que Leonardo da Vinci fue un gran ingeniero y cabe destacar su método y su minucioso análisis de las máquinas, estudiando en detalle los elementos mecánicos más simples, de los que el Código Madrid I fue su principal obra. Además, su genio artístico se refleja en sus dibujos, de gran precisión y belleza.

2.1. Código Madrid I

En 1965 se encontraron en la Biblioteca Nacional de España dos manuscritos de Leonardo da Vinci de incalculable valor histórico-científico-cultural: los Códices Madrid I y Madrid II. Ambos manuscritos abarcan casi 700 páginas de nuevos escritos de Leonardo sobre arquitectura, geometría, mecánica y temas de navegación (Koffler, 1974; Ruiz García, 2012).

El Código Madrid I es una recopilación de textos y dibujos que se puede definir como un tratado completo de la ingeniería mecánica renacentista, con una gran calidad gráfica, descriptiva y de ingeniería (Cecarelli, 2008). Estas capacidades gráficas, descriptivas, de ingeniería y de detalle de los dibujos de Leonardo da Vinci son claramente superiores a las de sus predecesores y contemporáneos.

El Código Madrid I fue paginado por el mismo Leonardo y ha llegado a la actualidad prácticamente intacto, salvo 16 páginas (ocho folios) que fueron arrancadas y parecen haberse perdido. El cuidado de la paginación de las hojas y los dibujos técnico-mecánicos sugiere que Leonardo encuadró esta obra como un tratado, quizás pensando en una posible publica-

ción del citado cuaderno, pero está claro que, finalmente, optó por las teorías más conservadoras del secreto medieval, lejos de la publicación humanista.

En el Código Madrid I, Leonardo dibujó y estudió varios mecanismos para conseguir diferentes tipos de movimiento: movimientos alternativos, oscilantes e, incluso, predefinidos. Aunque escribió otros tratados que incluían estudios de máquinas (Código Atlántico, Manuscritos de París, etc.), el Código Madrid I es único, ya que establece el primer caso de tratado para deconstruir máquinas en elementos o mecanismos básicos de máquinas (Leonardo da Vinci los llamó “elementi macchinali”) (Moon, 2007). Leonardo presupone la existencia de un lector para su obra y escribe los comentarios científicos pensando en ellos. Si hubiera publicado este trabajo, habría acelerado enormemente el desarrollo del diseño de máquinas.

El Código Madrid I puede fecharse entre 1492 y 1497, en el primer periodo de Leonardo da Vinci en Milán (1482- 1499). Es entonces cuando estaba en la plenitud de su vida, estaba viviendo su cuarta década (Ruiz García, 2012). Es un manuscrito de un solo volumen que constaba originalmente de 192 hojas (actualmente solo se conservan 184 hojas), a doble cara y de dimensiones 215 × 145 mm. El cuerpo principal está compuesto por 12 cuadernos, todos con ocho folios. Los cuadernos tercero y cuarto han perdido algunos folios (Ruiz García, 2012).

El Código Madrid I está escrito con caracteres de gran calidad y con la letra manierista típica de Leonardo y contiene cerca de 1.000 dibujos de máquinas y elementos de máquinas. Los dibujos también son de gran calidad, claros y completos, y contienen estudios sobre los conceptos fundamentales de la mecánica moderna, es decir, mecanismos o elementos mecánicos. Estos mecanismos no son las máquinas de Leonardo, que son más complejas y tienen usos particulares. Sin embargo, trató de demostrar que usando y combinando estos elementos simples es posible obtener máquinas que realicen una función específica (Koffler, 1974).

El Código Madrid I tiene una gran correspondencia con el Código Atlántico: una serie de dispositivos, como engranajes, resortes, bisagras, elementos mecánicos de relojes, balanzas, pesos, tornillos, etc., se describen en el Código Atlántico y se desarrollan en el Código Madrid I, con dibujos de gran detalle y calidad. También hay conexión con otros códigos: los Códices

Forster y los Manuscritos A y H, de los Códices de París (Cerveró-Meliá et al., 2020).

3. Contexto histórico

En este apartado se analiza el contenido del Código Madrid I (Da Vinci, 1974) para emplazar los conocimientos mecánicos que contiene este manuscrito en su contexto histórico (el Renacimiento) (Lefèvre, 2008) y justificar la afirmación de considerar el Código Madrid I el primer tratado conocido en el que se recopilan y estudian los principales mecanismos y máquinas simples.

La cultura del Renacimiento está marcada por la exaltación de la dignidad del hombre, pensamiento heredado del pensamiento clásico. En el Renacimiento también se consideraron otros temas: la exaltación de la naturaleza, el espíritu crítico, utilizar la razón como instrumento fundamental de todo proceso mental, añadir las matemáticas como complemento al pensamiento literario, dejar de lado el principio de autoridad, apreciar la importancia de la práctica experimental, etc. Las ideas renacentistas fueron compartidas por la élite intelectual italiana de los siglos XV y XVI. Los intelectuales bizantinos que emigraron a Italia tras la caída de Constantinopla (1453) contribuyeron a esta corriente de pensamiento, llevando consigo el conocimiento e ideas procedentes de Oriente (Ruiz García, 2012).

Aunque Leonardo da Vinci no es el personaje ideal para representar el espíritu renacentista, su vida y su obra sí permiten ubicarlo dentro de la dimensión histórica del Renacimiento. Leonardo tuvo la suerte de vivir en uno de los ambientes más cultos del Renacimiento europeo y, aunque no desarrolló teorías integrales originales en el campo científico, fue un observador incansable y un exponente singular de una época que cambió el mundo. Su contribución al progreso efectivo de la ciencia de su época no fue muy grande, quizás por la escasa difusión de sus escritos. Sin embargo, dejó testimonio de su defensa de la experimentación como método de trabajo intelectual (y científico), su reivindicación de la técnica y de las máquinas como instrumentos de progreso y, sobre todo, de su concepción general de la realidad regida por las leyes de necesidad, pragmatismo, razón y proporción. Leonardo trató de demostrar en su obra la superioridad de la creación visual sobre el texto literario (Innocenzi, 2019; Ruiz García, 2012).

Una de las mayores innovaciones in-

roducidas durante el Renacimiento fue utilizar el dibujo como instrumento de demostración y comunicación. Siguiendo esta idea, se definieron las convenciones gráficas necesarias para visualizar las máquinas y sugerir sus características. Este arte de describir máquinas se convirtió en un instrumento de estudio técnico-científico. Leonardo da Vinci no era original en este punto pero, quizás, sea el máximo exponente de este arte.

Otra de las aportaciones del Renacimiento fue la aparición de los llamados “ingenieros”, que superaban la categoría de “maestros de máquinas de guerra”, como solían llamarse los artesanos-construtores de la Edad Media (Ceccarelli, 2008; Moon, 2007).

Leonardo da Vinci puede clasificarse como un ingeniero que conoció la actividad de los ingenieros y arquitectos de la antigua Roma y la de sus predecesores en el Renacimiento italiano. Como antecesores de Leonardo y de los ingenieros renacentistas se pueden mencionar los ingenieros musulmanes y, antes que ellos, a los ingenieros griegos y romanos.

Seguidamente, se hace una relación de precursores en el conocimiento de las máquinas:

- Es evidente que *De architectura*, de Vitruvio, fue el tratado de referencia de los arquitectos e ingenieros del Renacimiento, pero otros autores de la antigüedad como Arquímedes (c. 287-212 a.C.) ya habían realizado varias aportaciones al estudio de las máquinas (como el principio de la palanca, el tornillo de Arquímedes y ciertas máquinas de asedio) e Hiparco de Nicea (c. 190-120 a.C.) habían establecido los principios de la trigonometría. En especial, fueron fundamentales las contribuciones que realizaron a la evolución de la mecánica y las máquinas varios miembros de la Escuela de Alejandría: Ctesibio (c. 285-222 a.C.), Filón de Bizancio (c. 280-220 a.C.), Herón de Alejandría (c. 10-70 d.C.) o Pappus de Alejandría (c. 290-350 d.C.).
- También fueron muy importantes las aportaciones de varios autores musulmanes, como herederos del saber de la Escuela de Alejandría, continuadores del avance de la ingeniería mecánica (anterior al Renacimiento) y precursores de los tratados de máquinas. Se pueden considerar los representantes más importantes los hermanos Banu Musa (siglo IX), Ibn Khalaf al-Muradi (siglo XI) e Ibn al-Razzaz al-Jazari (1136-1206) (Hassaan, 2014a; Hassaan, 2014b). En época un poco posterior a Leonardo, también merece una mención

especial Taqi-al-Din (1521-1585) y sus manuscritos sobre sistemas mecánicos (Gökdoğan et al., 2020).

- El aporte en tecnología y máquinas de los ingenieros de la antigua China es transcendental. Basta mencionar dos artefactos mecánicos de gran complejidad para la época en que fueron creados: el carro brújula o carro que siempre señala el sur (dinastía Han, 202 a.C.-220 d.C.) y la torre del reloj astronómico accionado por agua. El primer dispositivo fue un carro con un sistema de control mecánico de rumbo que, cuando el carro se movía o giraba, siempre apuntaba hacia el sur (Bautista et al., 2010; Lu, 2015; Needham, 1956). La torre del reloj fue un famoso dispositivo automático impulsado por agua cuya construcción fue completada por Su Song en 1087 (Bautista et al., 2010; Lu, 2015). El tratado chino más importante sobre máquinas, anterior al Códice Madrid I, es el *Nong Shu* (Tratado agrícola, 1313) de Wang Zhen, que contiene un gran número de ilustraciones de herramientas y máquinas utilizadas en la agricultura (Bautista et al., 2010; Lu, 2015; Needham, 1956). Ningún otro tratado de esta importancia aparecerá hasta el *Tian Gong Kai Wu* (La explotación de las obras de la naturaleza, 1637) compuesto por Song Yingxing (Bautista et al., 2010; Lu, 2015; Needham, 1956), aunque en 1627 ya se había publicado *Yuanxi Qiqi Tushuo* Luzui (Esquemas recopilados y explicaciones de máquinas maravillosas del lejano oeste), fruto de la cooperación entre el misionero jesuita Johann Schreck (J. Terentius) y Wang Cheng.

- Las primeras obras de los ingenieros del Renacimiento en Europa aparecen en el Trecento. Estos ingenieros recopilaron los diseños de máquinas, rescatados de la antigüedad, o diseños ideados por ellos mismos y realizaron tratados con fines intelectuales, para dar mayor protagonismo a la cultura técnica. Las primeras obras que se pueden mencionar son *Livre de Portraiture* (1225-1250), del ingeniero francés Villard de Honnecourt, y el tratado militar de Guido di Vigevano (*Texaurus regis Francie*, 1335), como antecesor de los cuadernos de notas de los ingenieros italianos del Renacimiento, así como de los escritos técnico-militares de la escuela alemana, entre ellos Konrad Kyeser (*Bellifortis*, c. 1405) (Lefèvre, 2004; Moon, 2007).

- En la Italia del Renacimiento se puede hablar de hasta dos generaciones de ingenieros italianos; Leonardo da Vinci fue un destacado representante de los ingenieros de la segunda generación. Entre los au-

tores de la primera generación están Filippo Brunelleschi, Taccola, Leon Battista Alberti y Giacomo Fontana (Ceccarelli, 2008; Moon, 2007). En un tiempo intermedio, marcando el paso hacia la segunda generación, se puede citar a Roberto Valturio y Francesco di Giorgio Martini, que precedieron y coincidieron en el tiempo con Leonardo da Vinci; incluso Leonardo colaboró en algunas de las obras de estos ingenieros (Lefèvre, 2004; Moon, 2007).

- Leonardo da Vinci desarrolló sus obras entre 1480 y 1515 (el Códice Madrid I se elaboró entre 1492 y 1497). Leonardo, indudablemente, conoció los trabajos de los ingenieros y arquitectos de la antigua Roma, así como los de sus predecesores y sus contemporáneos en el Renacimiento italiano: a partir del análisis de los manuscritos de Leonardo, se puede afirmar que Leonardo conoció la obra de Vitruvio Marcus Pollio (Vitruvio), Filippo Brunelleschi Mariano di Jacopo (il Taccola) (Ceccarelli, 2021), Leon Battista Alberti y Francesco di Giorgio Martini (Ceccarelli, 2018). Los manuscritos de Leonardo da Vinci marcan el inicio de un periodo, entre finales del siglo XV y finales del siglo XVII, en el que fueron apareciendo una gran cantidad de tratados sobre máquinas (Ravier-Mazzocco, 2013).

Como se ha comentado, los conocimientos sobre mecanismos y máquinas llegaron a Leonardo da Vinci heredados de otros ingenieros. En este aspecto, el caso de Francesco di Giorgio Martini es especialmente significativo porque la importancia de su carrera ha quedado empañada por la sombra de Leonardo, quien se inspiró en la obra de Martini y copió sus dibujos (Ceccarelli, 2018; Moon, 2005; Moon, 2007). A finales del siglo XV, Francesco di Giorgio era un ingeniero muy acreditado en Italia, cuyas obras eran conocidas y muy apreciadas. Leonardo da Vinci no tuvo tanto reconocimiento en vida como Francesco di Giorgio. Además, hay que considerar que los manuscritos de Leonardo no se publicaron hasta mucho tiempo después. En defensa de Leonardo y su inspiración en la obra de Francesco di Giorgio, cabe señalar que, a su vez, la obra de Francesco di Giorgio se había inspirado en la obra de Taccola (Ceccarelli, 2021; Moon, 2007).

Para apreciar este proceso de herencia del conocimiento y comprender cómo surgió y evolucionó el conocimiento técnico entre la antigüedad y el Renacimiento, se puede tomar como ejemplo el caso de las bombas de pistón. Este proceso evolutivo

se puede observar en los dibujos de la figura 3:

- La figura 3a es un dibujo realizado por Al-Jazari (1204-1206) (Hassaan, 2014a).
- La figura 3b es un dibujo de Taccola (c. 1450, primera representación europea de una bomba de pistón) (Ceccarelli, 2021).
- La figura 3c es un dibujo de Francesco di Giorgio Martini (1475-1480) (Rubio et al., 2023).
- La figura 3d es un dibujo de Leonardo da Vinci (Código Madrid I, 1492-1497) (Rubio et al., 2022).

4. Los mecanismos del 'Código Madrid I'

Poco después del redescubrimiento de los Códices Madrid I y Madrid II, en 1965, prestigiosos investigadores comprobaron que el Código Madrid I era un compendio básico de elementos mecánicos en el que se incluían dibujos de los principales elementos constructivos mecánicos de máquinas: Reti (Reti, 1974) comparó los dibujos de elementos de máquinas y mecanismos del Código Madrid I de Leonardo con la lista básica de 22 elementos constructivos propuesta por Franz Reuleaux en su libro del año 1893 sobre el diseño de máquinas *The Constructor*. Más recientemente, Moon confirmó esta lista (Moon, 2007) y realizó un estudio avanzado de los elementos y mecanismos de la máquina que Leonardo describió en el Código Madrid I, incluyendo una comparación con los trabajos de Timoshenko (Moon, 2009).

¿Qué elementos mecánicos se pueden ver en el Código Madrid I? En los, aproximadamente, 1.000 dibujos de elementos mecánicos y mecanismos se pueden ver:

- Cojinetes de bolas y de rodillos.
- Varios tipos de engranajes y conjuntos de engranajes.
- Levas y seguidores.
- Volantes de inercia.
- Transmisiones por correa (abiertas y

cruzadas).

- Transmisiones por cadena (varios modelos de cadena).
- Mecanismos de trinquete.
- Articulaciones.
- Acoplamientos.
- Estudios de deformaciones.
- para transmisión del movimiento lineal.
- Y muchos más dibujos de elementos mecánicos y estudios funcionales que, en este trabajo, se intentan resumir todos ellos en solo 100 dibujos.

En la figura 4 se presenta una secuencia de nueve agrupaciones de dibujos de máquinas simples de Leonardo da Vinci y en la tabla 1 se realiza una breve descripción de los mecanismos de los dibujos de la figura 4.

En la representación de la figura 4 se muestran 100 dibujos, compilación de los 100 principales mecanismos, elementos de máquinas y estudios funcionales que Leonardo ilustró en el Código Madrid I. Estas nueve agrupaciones de dibujos de mecanismos, formadas por los 100 dibujos, sirven de base para interpretar correctamente las máquinas como conjuntos de mecanismos y elementos de máquinas y se puede apreciar la gran contribución de los estudios de Leonardo a la ingeniería de máquinas como ciencia.

Los autores de este artículo consideran que la clasificación de los 100 dibujos de elementos *macchinali* propuesta en este trabajo (fig. 4 y tabla 1) es un resumen suficientemente representativo de los cerca de 1.000 dibujos que contiene el Código Madrid I.

A pesar de la amplitud de la clasificación de mecanismos propuesta, quedan fuera de esta clasificación estudios tan interesantes como el estudio de los movimientos rotatorios generados por un sistema de volante y cigüeñal (fig. 5a); o el estudio de un sistema de cierre (fig. 5b): con llave en posición de cerrado, sistema

cerrado por resorte (parte superior) y con llave en posición abierta (parte inferior).

5. Conclusiones

Leonardo da Vinci fue, sobre todo, un maestro de la pintura, que también se adentró en muchas otras disciplinas: la física, la anatomía, el diseño de edificios y máquinas, el urbanismo, etc. y también dejó una ingente obra escrita de estos temas. Su genio pictórico se refleja también en sus espléndidos dibujos, de gran precisión y, en muchas ocasiones, de una belleza sublime. Sin embargo, Leonardo protegió u ocultó sus hallazgos y sus manuscritos (el uso de la imprenta ya estaba extendido en su época), lo que llevó a opinar que gran parte del trabajo científico-técnico de Leonardo era especulativo o no original.

En este trabajo se han mostrado y se han analizado algunas de las principales aportaciones de Leonardo da Vinci solo en el campo de los mecanismos y los elementos mecánicos.

Tras una profunda revisión del Código Madrid I de Leonardo da Vinci, este trabajo se centra en estudiar los principios de generación de soluciones más utilizados por Leonardo: inspiración en la naturaleza; los principios de los mecanismos y su visión orgánica; análisis en profundidad de las máquinas para descomponerlas en elementos *macchinali*; síntesis que permite componer máquinas para la integración de elementos y mecanismos mecánicos; las analogías entre los diferentes elementos de la máquina, y la economía en el diseño al suprimir lo superfluo. Todos estos avances permitieron que sus diseños mecánicos fueran mejores que los de sus contemporáneos.

La obra de Leonardo da Vinci y, en particular, el Código Madrid I han sido ubicadas en su contexto histórico y se ha constatado que personajes ge-

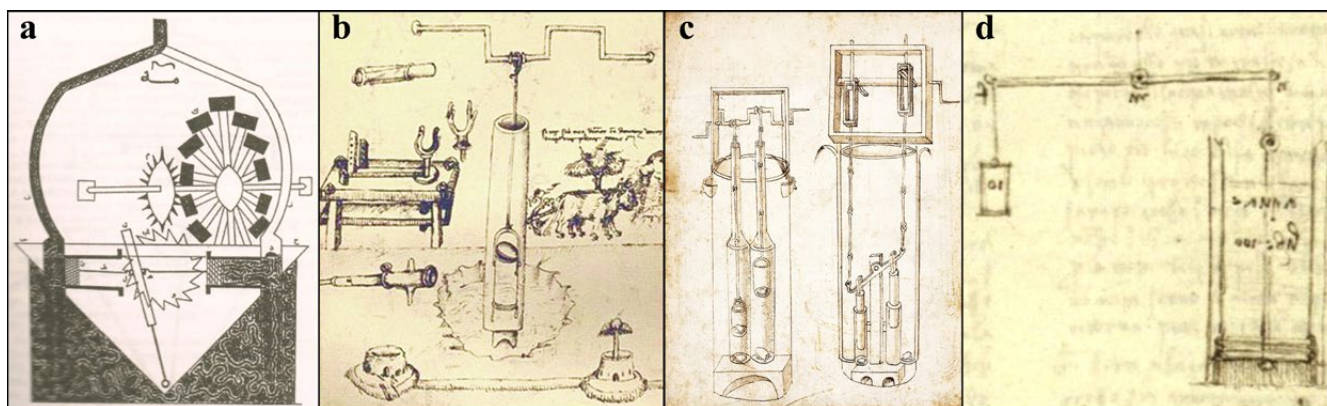


Figura 3. Dibujos de bombas de pistón de varios autores.

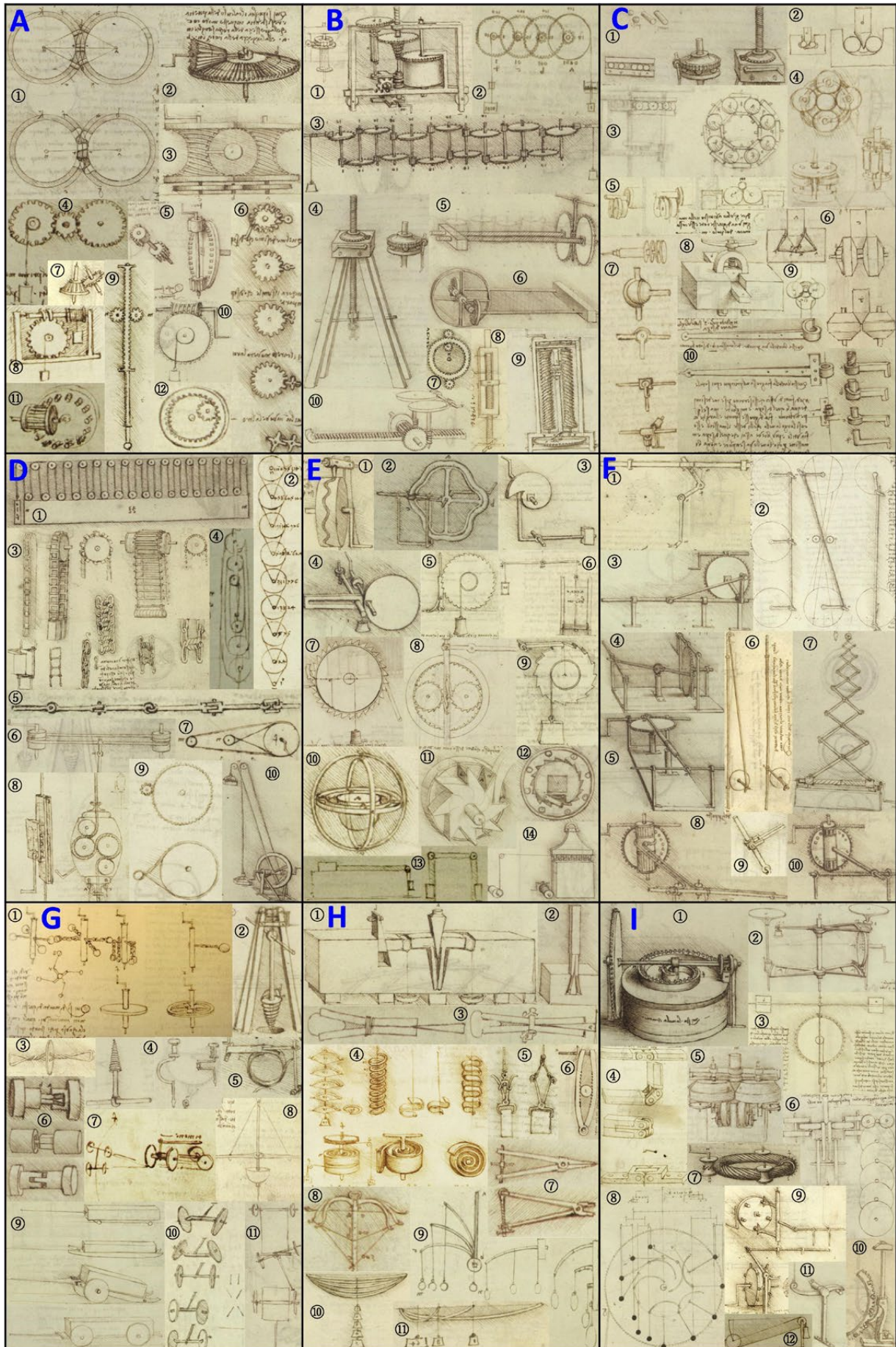


Figura 4. Agrupaciones de dibujos de mecanismos: selección de mecanismos del Códice Madrid I.

Referencia	Descripción del mecanismo del dibujo	Referencia	Descripción del mecanismo del dibujo
A-1	Engranajes rectos de barras y de dientes	E-9	Mecanismo de trinquete con uñeta horizontal
A-2	Engranaje cónico	E-10	Esfera armilar
A-3	Engranajes cilíndricos de dientes rectos	E-11	Rueda hidráulica
A-4	Sistema de engranaje globoide doble	E-12	Mecanismo de trinquete con uñeta interior
A-5	Mecanismo de inversión con engranajes	E-13	Sistemas para medición del rozamiento con pesos
A-6	Estudio de relación de transmisión con engranajes	E-14	Accionamiento de poleas y peso para relojería
A-7	Engranaje cónico con piñón de linterna	F-1	Mecanismo de generación de movimiento lineal
A-8	Estudio de fuerzas en engranaje de tornillo sin fin	F-2	Estudio de mecanismo articulado de cuatro barras
A-9	Cremallera con dos piñones	F-3	Mecanismo de movimiento lineal con engranaje
A-10	Engranaje de tornillo sin fin globoide	F-4	Mecanismo de barras con engranaje vertical
A-11	Engranaje de corona de barras y piñón de linterna	F-5	Mecanismo de barras con engranaje horizontal
A-12	Engranaje interior	F-6	Mecanismos de manivela-biela-deslizadera
B-1	Dispositivo regulador con engranajes	F-7	Mecanismo de tijera o tijeras de Núremberg
B-2	Sistema reductor con engranajes	F-8	Dispositivo de acción lineal con engranaje linterna
B-3	Sistema de reducción con engranajes de linterna	F-9	Articulación de tres grados de libertad
B-4	Husillo o gato de tornillo con rodamiento axial	F-10	Sistema de acción lineal con engranaje de linterna
B-5	Husillo de doble tornillo	G-1	Diseños de volantes de inercia
B-6	Unidad de husillo de doble tornillo	G-2	Dispositivo de perforación
B-7	Engranaje con dentado interior y exterior	G-3	Volante de cuerda
B-8	Husillo simple	G-4	Herramienta de broca y berbiquís
B-9	Mecanismo de inversión de doble hélice	G-5	Mecanismo de freno
B-10	Accionamiento de piñón y cremallera	G-6	Acoplamientos
C-1	Rodamiento axial de bolas	G-7	Estudio del trazado de curvas por un carro
C-2	Estudios de cojinetes de bolas para pivote cónico	G-8	Herramienta manual de perforación con cuerda
C-3	Rodamiento axial con separadores de bolas	G-9	Estudio de arrastre de peso
C-4	Rodillos de rodamiento para ejes	G-10	Estudio de inclinación de ruedas respecto a un eje
C-5	Soportes abiertos de ejes con discos de rodamiento	G-11	Diseño de carro de uno y dos ejes
C-6	Estudios de cojinetes de rodillo para pivote cónico	H-1	Mecanismos de cuña
C-7	Juntas universales	H-2	Enclavamiento por cuña
C-8	Máquina para hacer resortes	H-3	Sujeción por cuña
C-9	Soporte cerrado de eje con discos de rodamiento	H-4	Varios tipos de resortes
C-10	Bisagras convencionales y de cierre automático	H-5	Dispositivos de pinzas
D-1	Mecanismo transmisión de múltiples poleas	H-6	Sistema de sujeción
D-2	Sistema de reducción de poleas y correas	H-7	Modelos de alicates
D-3	Varios modelos de cadenas	H-8	Estudio de deformación de ballesta
D-4	Sistema de bloqueo y aparejo	H-9	Estudio de deformación de vigas en voladizo
D-5	Varios modelos de enganche de cadenas	H-10	Estudio de deformaciones en viga biapoyada
D-6	Mecanismo de correa y poleas	H-11	Estudio longitud-deformación en vigas biapoyadas
D-7	Accionamientos por correa abierta y cruzada	I-1	Tambor cilíndrico central para reloj
D-8	Mecanismo de elevación manual	I-2	Mecanismo de transformación alternativo
D-9	Analogía entre transmisión por engranajes y correa	I-3	Mecanismo de escape para reloj
D-10	Grúa con cabrestante de tambor	I-4	Estudio posicional de una articulación
E-1	Mecanismo de leva espacial cilíndrica	I-5	Ruedas de fricción con pivote cónico
E-2	Mecanismo de leva	I-6	Dispositivo con ruedas de fricción
E-3	Palanca activada por leva	I-7	Tornillo sin fin circular
E-4	Mecanismo de leva excéntrica	I-8	Estudio de mecanismo para movimiento perpetuo
E-5	Mecanismo de trinquete con uñeta vertical	I-9	Mecanismos para movimiento intermitente
E-6	Bomba de pistón y cilindro	I-10	Mecanismo alternativo accionado por palanca
E-7	Mecanismo de trinquete con uñeta angulada	I-11	Mecanismo actuador para reloj
E-8	Mecanismo de seguridad con doble trinquete	I-12	Mecanismo de plano inclinado

Tabla 1. Descripción de los mecanismos de los dibujos de la figura 4.

niales, con amplios conocimientos en máquinas, como Leonardo da Vinci y otros, pudieron alcanzar las alturas en la ciencia de los mecanismos y de las máquinas gracias a las contribuciones de muchos otros predecesores, tam-

bién personajes geniales.

En este artículo, tras revisar extensamente el manuscrito del Código Madrid I, según el criterio de sus autores, se muestran y describen los dibujos de elementos y mecanismos de máquinas

más importantes. Se realiza una recopilación de los 100 dibujos de mecanismos principales del manuscrito, representativos del contenido del manuscrito. Esta recopilación de dibujos ilustra la variedad de elementos mecá-

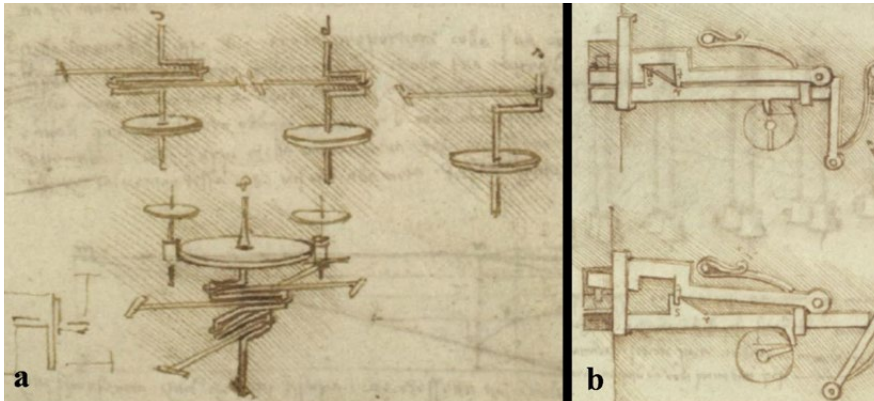


Figura 5. Dibujos de sistemas mecánicos del Códice Madrid I: (a) volante-cigüeñal (b) bloqueo de cierre.

nicos y mecanismos simples que existen en el Códice Madrid I, formando, en su conjunto, un amplio tratado sobre los mecanismos (entendiendo los mecanismos como elementos básicos de las máquinas), representación del conocimiento de este tema a finales del siglo XV.

Agradecimientos

Esta publicación es colaboración con el Proyecto de I+D+I MC 4.0, financiado por AEI /10.13039/50110 0 011033 a través de los subproyectos PID2020-116984RB-C21 y PID2020-116984RB-C22; proyecto TED2021-131372A-I00, financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y por la Unión Europea “NextGenerationEU”/PRTR; proyecto “Sistema de monitorización de estado para detección de fisuras en ejes ferroviarios (SMEPDFEF-CM-UC3M)”, de la Convocatoria 2021 para proyectos de I+D para jóvenes doctores/as de la Universidad Carlos III de Madrid.

Referencias

Bautista E., Ceccarelli M., Echavarrí J., Muñoz J.L. (Ed.) (2010). *A Brief Illustrated History of Machines and Mechanisms*. History of Machines and Machine Science, Vol. 10, Springer Netherlands.

Ceccarelli M. (2008). Renaissance of machines in Italy: From Brunelleschi to Galilei through Francesco di Giorgio and Leonardo. *Mechanism and Machine Theory* 43, 1530-1542.

Ceccarelli M. (2016). Contributions of Leonardo da Vinci in Mechanisms Design. *Actas del XXI Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica*, 459-466, Elche.

Ceccarelli M. (2018). Contributions of Francesco di Giorgio in Mechanism

Design. *Actas del XXII Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica*, Madrid.

Ceccarelli M. (2021). Contributions of Mariano di Jacopo (il Taccola) in Mechanism Design. *Actas del XXIII Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica*, Jaén.

Cerveró-Meliá E., Ferrer-Gisbert P.E., Capuz-Rizo S.F. (2018). Functional feasibility review of the technical systems designed by Leonardo da Vinci. *Proceedings of 22nd International Congress on Project Management and Engineering*, Madrid.

Cerveró-Meliá E., Capuz-Rizo S.F., Ferrer-Gisbert P. (2020). Leonardo da Vinci's Contributions from a Design Perspective. *Designs* 4, 38.

Cerveró-Meliá E. (2021). Contribución de la obra científico-técnica de Leonardo da Vinci a los proyectos de ingeniería [Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia], Valencia.

Da Vinci L. (1504). *Leonardo interactivo: Códices de Madrid de Leonardo da Vinci*, Biblioteca Nacional de España, Madrid. <http://leonardo.bne.es/index.html>.

Da Vinci L. (1974). *The Madrid Codices*, National Library Madrid, No. 8937. Translated by L. Reti. Taurus; McGraw-Hill, Madrid.

Gökdoğan M. D., Uymaz, T. (2020). Taqî al Dîn (1521–1585). *Distinguished Figures in Mechanism and Machine Science*, Vol. 38, Springer International Publishing, 127-145.

Hassan G. A. (2014a). Innovation of Mechanical Machinery in Medieval Centuries, Part IV: Mechanisms, Gear Trains and Cranes. *International Journal of Advanced Research in Computer Science & Technology* 2(4), 78-84.

Hassan G. A. (2014b). Innovation of Mechanical Machinery in Medieval Centuries. Part I: Windmills, Water Wheels and Automatic Fountains. *International Journal of Innovation and Applied Studies* 9, 1497-1505.

Innocenzi P. (2019). *The Innovators Behind Leonardo*. Springer International Publishing.

Isaacson W. (2017). *Leonardo da Vinci. The Biography*, Simon & Schuster, New York.

Koffler S. (Ed.) (1974). *Two rediscovered manuscripts of Leonardo da Vinci*. The UNESCO Courier, Published by UNESCO (1974).

Lefèvre W. (2004). *Picturing machines 1400-1700*. MIT Press, Cambridge, Massachusetts.

Lu Y. (Ed.) (2015). *A History of Chinese Science and Technology*. Springer Berlin Heidelberg.

Moon F.C. (2005). The kinematics of Francesco di Giorgio Martini and Franz Reuleaux. *Proceedings of the Third International Workshop on History of Machines and Mechanisms*, Moscow.

Moon F. C. (2007). *The Machines of Leonardo Da Vinci and Franz Reuleaux*. History of mechanism and machine science, Vol. 2, Springer Netherlands.

Moon F. C. (2009). *History of Dynamics of Machines and Mechanisms from Leonardo to Timoshenko*. International Symposium on History of Machines and Mechanisms, 1-20, Springer Netherlands.

Needham J. (1956). *Science and Civilization in China*, Vol. 4, Part 2, Cambridge University Press, Cambridge.

Oliveira, A. R. E. (2019). The Mechanical Sciences in Leonardo da Vinci's Work. *Advances in Historical Studies* 8, 215-238.

Pedretti C. (1999). *Leonardo: The Machines*. Gruppo Editoriale Giunti, Firenze.

Ravaisson-Mollien C. (1881). *Les Manuscrits de Léonard de Vinci*, The Warburg Institute: Paris.

Ravier-Mazzocco B. (2013). *Voir et concevoir: Les théâtres de machines (XVIe-XVIIIe siècle)*. Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, Paris.

Reti L. (1968). *The Two Unpublished Manuscripts of Leonardo da Vinci in the Biblioteca Nacional de Madrid-II*. The Burlington Magazine, 110(779), 81-91.

Reti L. (1974). *The unknown Leonardo*. McGraw-Hill, New York.

Rubio H., Bustos A., Castejón C., Meneses J. (2022). Analysis of the Codex Madrid I as a Compendium of Mechanisms. *Explorations in the History and Heritage of Machines and Mechanisms*. History of Mechanism and Machine Science, Vol. 40, 120-133, Springer.

Rubio H., Bustos A., Castejón C., Meneses J. (2013). Analysis of the First Treatise on Machine Elements: Codex Madrid I. *Foundations of Science*, 26 (1).

Ruiz García E. (Ed.) (2012). *El imaginario de Leonardo: Códices Madrid de la BNE*. Biblioteca Nacional de España, Madrid.

Servicio de Reclutamiento y Selección de Ingenieros

El ingeniero que buscas está aquí

¿POR QUÉ ELEGIRNOS?



Más información:

www.proempleoingenieros.es

cogiti@cogiti.es

91 554 18 06

Metodología de selección
de probada eficacia

Sello de profesionalidad de la
colegiación y la Acreditación DPC

Expertise en la ingeniería de
la rama industrial

Garantía de calidad respaldada
por COGITI



COGITI

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



proempleo
ingenieros.es

Análisis de la aportación de las estaciones de inspección técnica de vehículos a la reducción de contaminantes en vehículos automóviles

Analysis of the contribution of vehicle technical inspection stations to the reduction of pollutants in motor vehicles

Fernando Martín Duarte¹ y Miguel Ángel Sebastián Pérez¹

Resumen

Las emisiones contaminantes de los productos derivados del carbón y del petróleo, y en especial el CO₂, que aparece siempre que hay reacciones de combustión, es un parámetro que tiene un efecto directo en la biosfera como gas de efecto invernadero, que, aun siendo enorme el poder de regeneración de la atmósfera y de la hidrosfera, está siendo superado con creces en la actualidad.

El automóvil actual es uno de los elementos que contribuyen al cambio climático. Algunas de las maneras eficaces de reducir las emisiones son, lógicamente, reduciendo el consumo del combustible e ir cambiando las fuentes energéticas por aquellas que no produzcan emisiones perjudiciales.

Las estaciones de inspección técnica de vehículos son organismos de control y seguridad industrial encargados de que los vehículos se encuentren en perfecto estado de conservación y mantenimiento con el objetivo de garantizar la seguridad vial y de que las emisiones contaminantes se encuentren en unos valores determinados. Además, debido a que los motores de encendido provocado de una enorme variedad de combustibles van a sustituir a las gasolinas y los combustibles diésel, tienen un importante reto que afrontar en los próximos años.

Palabras clave

Contaminantes, atmósfera, combustibles, cambio climático, estaciones de ITV.

Abstract

The polluting emissions of products derived from coal and oil, and especially CO₂, which appears whenever there are combustion reactions, is a parameter that has a direct effect on the biosphere as a greenhouse gas, which, although enormous the regenerative power of the atmosphere and the hydrosphere is being far exceeded today.

The current car is one of the elements that contribute to climate change. The most effective way to reduce emissions is, logically, by reducing fuel consumption or changing energy sources for those that do not produce harmful emissions.

Vehicle Technical Inspection Stations are control and industrial safety agencies responsible for ensuring that vehicles are in a perfect state of conservation and maintenance, in order to ensure road safety and that polluting emissions are at certain values. Moreover, since spark ignition engines are going to replace gasoline and diesel fuels with a huge variety of other fuels, they have a significant challenge to face in the coming years.

Keywords

Contaminants, atmosphere, fuels, climate change, VTI stations.

Recibido/received: 12/07/2023 Aceptado/accepted: 29/01/2024

¹ Departamento de Ingeniería de Construcción y Fabricación, Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), Madrid (España).

Autores para correspondencia: fmartin328@alumno.uned.es; msebastian@ind.uned.es



Figura 1. Estación de Inspección Técnica de Vehículos. (Imagen cedida por los autores del artículo).

1. Introducción

Desde su aparición a finales del siglo XIX, el motor térmico de combustión interna alternativo (MCIA) ha tenido que superar una serie de problemas y nuevas exigencias que con el paso del tiempo se le han ido presentando. Los dos condicionantes más importantes actualmente son: la emisión de contaminantes, que hasta hace pocos años no era objeto de preocupación, y el consumo.

Los retos climáticos y medioambientales que como consecuencia del desarrollo humano han tenido lugar en los últimos años y las consecuencias políticas derivadas de las diferentes cumbres de la tierra han llegado de manera directa a los motores de combustión interna alternativos, y se han desarrollado una serie de elementos para disminuir la emisión de contaminantes a la atmósfera, como filtros de partículas, catalizadores, sondas lambda, reducción de plomo y azufre en los combustibles y recirculación de gases de escape. Sin embargo, pero lo inevitable por el propio proceso de la combustión es la emisión del CO_2 a la atmósfera.

La combustión de un litro de gasolina genera 2,3 kg de CO_2 y la de un litro de gasóleo, 2,6 kg de CO_2 . Los motores diésel tienen mayor eficiencia

y menor consumo, pero emiten sustancias particuladas de $\text{PM}_{2,5}$ muy perjudiciales para la salud.

Las reglamentaciones estrictas a los fabricantes de automóviles les suponen enormes costes, hasta el punto de que las últimas medidas de limitación de las emisiones a la atmósfera de CO_2 han obligado a los fabricantes a desistir, en muchos casos en los últimos años, de la fabricación de motores de combustión interna alternativos alimentados por combustibles fósiles y ser sustituidos por nuevas tecnologías, en un principio fundamentalmente por propulsión eléctrica y con la mirada puesta en el hidrógeno.

Por otra parte, el transporte por carretera ha experimentado un crecimiento sin precedentes debido, principalmente, al incremento de las necesidades de movilidad derivadas de los mercados más globalizados, el auge del comercio electrónico, el crecimiento de las rentas y los cambios en estilos de vida. En este marco, los impactos medioambientales a escalas global y local han sufrido fuertes incrementos que se han visto agravados por la débil renovación del parque de vehículos, con el consiguiente incremento de la edad media de los mismos, y de la proporción de los dotados de tecnologías superadas y más contaminantes.

Las emisiones de los distintos contaminantes, así como las de CO_2 , se han venido homologando sobre la base de ensayos en laboratorios que han seguido el ciclo estándar NEDC. El marco regulatorio de emisiones en Europa incorporó en septiembre de 2017 el desarrollo y la implementación de un reglamento para la medición de emisiones en condiciones reales de circulación (RDE). De la misma forma, también se ha introducido un nuevo procedimiento y ciclo (WLTP) para la medición de las emisiones de CO_2 y consumo de manera mucho más exigente y próxima a las condiciones reales de circulación. De este modo, los vehículos en Europa deberán homologarse, según ciclos WLTC y RDE, y será la única región en el mundo que exigirá esta doble medida, lo cual redundará en mayores mejoras en los vehículos nuevos.

2. Objetivos

Durante las próximas décadas, se van a seguir utilizando los vehículos como en la actualidad, y es aquí donde deben tener un papel muy importante las estaciones de inspección técnica de vehículos, para poder indicar a aquellos vehículos que no cumplan los niveles de emisiones máximos el mantenimiento

adecuado e, incluso, recomendar su desmantelación.

Pero, además, las ITV pueden aportar algo más al desarrollo sostenible, a la agenda 2030 y al control de la temperatura del planeta.

Este trabajo pretende informar de qué manera las ITV pueden colaborar no solo en su principal misión como instalaciones industriales de inspección y control de seguridad y medioambiental de vehículos, sino también lograr que, en su propio funcionamiento, no contribuyan al calentamiento global, utilizando energías renovables y reduciendo las emisiones que los propios vehículos desprenden al paso por las líneas de inspección, que, como ocurre en la actualidad, se vierten directamente a la atmósfera.

3. Metodología

A partir del análisis de las emisiones de los gases de efecto invernadero, la contaminación de la atmósfera, los combustibles fósiles y de nueva generación, las emisiones de los MCIA, la normativa actual, el control de emisiones y los equipos de medida utilizados en las ITV, se obtendrán una serie de conclusiones que ojalá puedan aportar su granito de arena a la realidad que se vive sobre el cambio climático de la Tierra.

3.1 Cambio climático y retos medioambientales

Tras la creación de las Naciones Unidas en el año 1949 tuvieron que pasar 23 años para que este organismo tomara conciencia de cuestiones medioambientales y otros muchos años más para que el cambio climático supusiera un importante motivo de preocupación.

La Conferencia Científica de las Naciones Unidas sobre Conservación y Utilización de los Recursos, que tuvo lugar en Nueva York a partir del 16 de agosto de 1949, fue el primer órgano en fijar su atención en el agotamiento de los recursos, pero fundamentalmente en cómo gestionarlos, sin preocuparse por su conservación.

Términos clave sobre medio ambiente

- Aire ambiente: el aire exterior de la troposfera, excluidos los lugares de trabajo.
- Contaminante: cualquier sustancia introducida directa o indirectamente

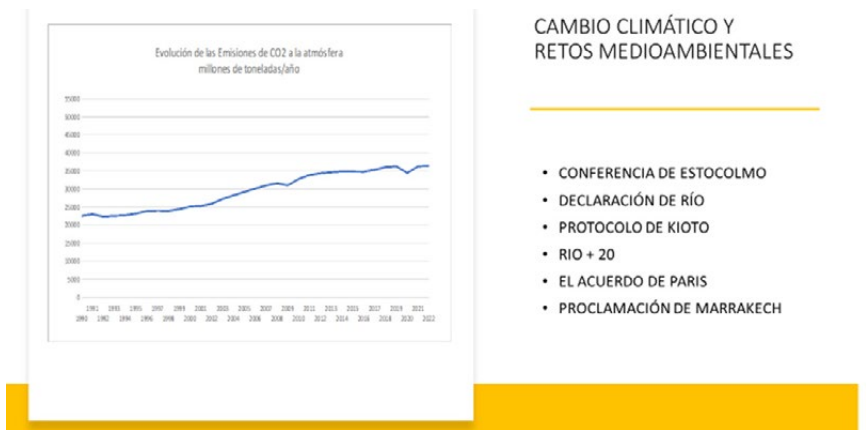


Figura 2. Tendencia de emisiones CO₂.

por el hombre en el aire ambiente que pueda tener efectos nocivos sobre la salud humana y el medio ambiente en su conjunto.

- Valor límite: un nivel fijado basándose en conocimientos científicos, con el fin de evitar, prevenir o reducir los efectos nocivos para la salud humana y para el medio ambiente en su conjunto, que debe alcanzarse en un plazo determinado y no superarse una vez alcanzado.
- Umbral de alerta: un nivel a partir del cual una exposición de breve duración supone un riesgo para la salud humana y a partir del cual los Estados miembros deben tomar medidas inmediatas.

3.2 Contaminación de la atmósfera

La atmósfera terrestre es la parte de la Tierra y es la capa más externa y menos densa del planeta. Está constituida por varios gases que varían en cantidad según la presión a diversas alturas. Esta mezcla de gases que forma la atmósfera recibe genéricamente el nombre de aire. El 75 % de la masa atmosférica se encuentra en los primeros 11 km de altura, desde la superficie del mar. Los principales gases que la componen son: el oxígeno (21 %) y el nitrógeno (78 %), seguidos del argón, el dióxido

de carbono y el vapor de agua.

La atmósfera y la hidrosfera constituyen el sistema de capas fluidas superficiales del planeta cuyos movimientos dinámicos están estrechamente relacionados. Las corrientes de aire reducen drásticamente las diferencias de temperatura entre el día y la noche, distribuyendo el calor por toda la superficie del planeta. Este sistema cerrado evita que las noches sean gélidas y que los días sean extremadamente calientes.

La atmósfera protege la vida sobre la Tierra, absorbiendo gran parte de la radiación solar ultravioleta en la capa de ozono. Además, actúa como escudo protector contra los meteoritos, los cuales se desintegran en polvo a causa de la fricción que sufren al entrar en contacto con el aire.

Durante millones de años, la vida ha transformado, una y otra vez, la composición de la atmósfera. Por ejemplo, su considerable cantidad de oxígeno libre es posible gracias a las formas de vida, como son las plantas, que convierten el dióxido de carbono en oxígeno, el cual es, a su vez, respirable por las demás formas de vida, como los seres humanos y los animales en general.

Debido a las diferentes capas y



Figura 3. Objetivos: detener las tendencias.

composiciones de la atmósfera, es posible el mantenimiento del balance térmico terrestre, en el que el Sol que se comporta como un inmenso reactor nuclear que hace llegar una energía (constante solar) que permite una temperatura media en el planeta de 15 grados centígrados. Si toda la energía emitida por el Sol hacia la Tierra tuviera que atravesar la atmósfera, hace mucho tiempo que la Tierra se habría vaporizado.

Los componentes de la atmósfera se ven sometidos a una constante exposición a la radiación solar que da lugar a las reacciones fotoquímicas como la luminiscencia, la fotosensibilización y la fotoionización.

Pero el hombre, en su constante desarrollo, altera y deteriora el medio ambiente al emitir a la atmósfera agentes que modifican su pureza, mientras que la Tierra emite también sustancias contaminantes desde hace siglos, pero que son tratadas de forma adecuada por el propio planeta tierra.

3.3 Fundamentos de combustibles

Se define como combustible a toda aquella sustancia que reacciona con el oxígeno y da lugar a una reacción de combustión en la que se libera gran cantidad de calor y que, por lo general, suele tener un elevado contenido en carbono o hidrógeno.

Combustibles utilizados por el hombre a lo largo de la historia han sido la madera, los aceites, las sustancias bituminosas y los alquitranes, pero con el desarrollo industrial que comenzó en el siglo XIX se empezaron

a utilizar de forma exhaustiva el carbón, los derivados del petróleo y el gas natural.

Estos últimos combustibles son recursos naturales limitados, por lo que hay problemas de agotamiento de las reservas. Además, al ser la base de ellos el carbono, en su combustión se forman dióxido de carbono (CO_2), gas que contribuye al efecto invernadero y que influye en el cambio climático, y sustancias contaminantes que afectan a la biodiversidad.

Debido a la problemática expuesta, comienzan a aparecer combustibles de origen biológico procedente de materia orgánica, cultivos energéticos, excedentes agrícolas y residuos y, por último, el hidrógeno, que es un combustible directamente y no una fuente como los señalados con anterioridad.

3.3.1 Combustibles fósiles

Se definen como combustibles no renovables aquellos que proceden de recursos naturales agotables y que el ser humano no puede reponer al ritmo que los consume. Son todos aquellos que se derivan del carbón, el petróleo, el gas natural, el GLP, las gasolinas, los gasóleos, algunos alcoholes e, incluso, el hidrógeno cuando proviene de hidrocarburos u otras fuentes no renovables. Basándose en los datos actuales de producción, la Asociación para el Estudio del Pico del Petróleo y el Gas (ASPO en inglés) considera que el pico del petróleo habría ocurrido en 2010, mientras que el del gas natural ocurriría algunos años más tarde.

Por el contrario, las estimaciones

de los más optimistas arrojan reservas para, al menos, 100 años más. Según ASPO, se habría producido un retraso de unos 10 años con respecto a las previsiones iniciales de Hubbert, cosa que tampoco ha sucedido.

El carbón, al estar compuesto mayoritariamente por carbono, es el combustible que mayor cantidad de CO_2 emite a la atmósfera con relación a la energía producida, además de partículas no quemadas y los óxidos de azufre, responsables de la lluvia ácida.

Excepto el GLP, que es un gas, y tiene el menor número de carbonos en su composición, los productos destilados del petróleo son líquidos.

El GLP, gas licuado del petróleo, es una mezcla de propano, butano y etano en muy pequeña proporción y se utiliza en tareas domésticas y en la automoción. Al tener entre uno y cuatro carbonos en su composición, su combustión es muy limpia, por lo que lo convierte en un combustible con emisiones bajas de CO_2 .

La gasolina está compuesta por cadenas de 4 a 12 átomos de carbono y cuando se quema con dosado estequiométrico y con catalizadores de tres vías, su combustión es muy limpia sin casi aportar emisiones contaminantes, excepto, lógicamente, CO_2 . El queroseno es una mezcla de hidrocarburos desde 12 a 16 átomos de carbono, principalmente utilizado en aerorreactores. Produce, sobre todo, emisiones de óxidos de nitrógeno y una importante cantidad de CO_2 .

Los gasóleos se mueven, en su composición, desde los 16 hasta los 22 átomos de carbono, y los contaminantes típicos son los NO_x y las partículas PM_x .

Los fuelóleos son las fracciones pesadas del petróleo que llegan hasta los 30 átomos de carbono. Son utilizados en los grandes motores marinos, centrales térmicas y grandes motores diésel estacionarios.

El gas natural se puede encontrar en los mismos yacimientos que el petróleo o en otros de forma independiente. Su composición es de entre el 90 % y el 98 % de metano (CH_4), aunque tiene otros elementos en pequeñas proporciones como etano, propano, butano y sulfuro de hidrógeno (H_2S) y se extrae en fase gaseosa. Si se presuriza, se convierte en GNC, gas natural comprimido, y se distribuye por gaseoductos o si se licua en GNL, gas natural licuado,

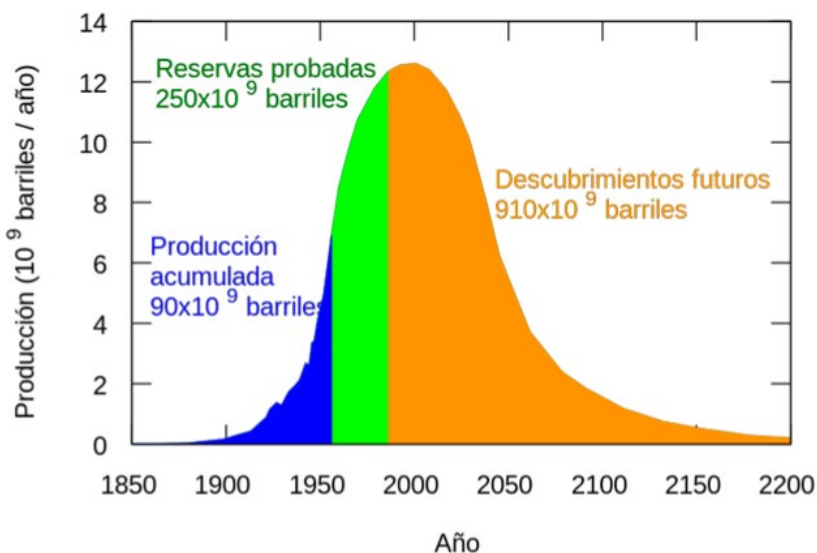


Figura 4. Pico de Hubbert.

se transporta en grandes buques metaneros. Se puede obtener GLP como subproducto. Es el menor emisor de CO₂ de todos los combustibles fósiles al ser el que menor cantidad de carbono tiene en su composición y, además, es el que mayor poder calorífico tiene de todos los hidrocarburos.

3.3.2 Renovables de origen biológico

Los combustibles alternativos o de sustitución son aquellos que tratan de sustituir el carbón y el petróleo para lograr procesos de combustión respetuosos con el medio ambiente y de menor repercusión en la generación de gases de efecto invernadero.

La materia lignocelulósica es el principal constituyente de la materia orgánica vegetal, madera y tallos vegetales, y se ha utilizado siempre como combustible. Su principal interés actual es que a partir de ella se puede obtener etanol, gas de síntesis, dimetil éter y otros combustibles sintéticos, y su principal ventaja es la nula contribución de emisiones de CO₂ a la atmósfera ya que, para su formación, se ha consumido una cantidad equivalente a la emitida.

Los alcoholes son hidrocarburos con, al menos, un grupo -OH. Los comunes son el etanol y el metanol y pueden ser obtenidos de la biomasa. La Asociación Internacional de Transporte Aéreo (IATA) considera los biocarburantes un elemento clave para la reducción de la huella de carbono, y son la estrategia para mitigar el impacto ambiental de la aviación.

El metil terbutil éter (MTBE) y el etil terbutil éter (ETBE) son derivados del metanol (muy tóxico) y etanol (alcohol etílico) y tienen propiedades casi idénticas a las gasolinas.

Los aceites vegetales son obtenidos de diferentes cultivos oleaginosos mediante prensado de semilla o frutos y se pueden utilizar en motores diésel. Los ésteres FAME y FAEE derivan de los aceites vegetales y constituyen el llamado biodiésel.

La biomasa transformada en líquido (BTL) es un combustible sintético obtenido de fuentes lignocelulósicas con propiedades similares al gasóleo. Al provenir de un aprovechamiento de la biomasa tiene un equilibrio de CO₂ muy favorable.

El biogás (gas de los pantanos) es una mezcla de CH₄ y CO₂ proveniente

de la digestión anaeróbica de materia orgánica. Es un gas con poco poder calorífico, pero al ser un producto resultante de la depuración de las aguas, su producción acarrea un doble beneficio.

Por último, el gas de gasificación es una mezcla de monóxido de carbono (CO), CO₂ e hidrógeno (H₂) a partir de materia rica en carbono e hidrógeno. Es un gas pobre de muy poco poder calorífico, pero su uso puede ser ventajoso con contribución nula de CO₂ al seguir un ciclo cerrado en la naturaleza.

3.3.3 Renovables de origen no biológico

El hidrógeno es un gas incoloro, inodoro e insípido que es 14,4 veces más ligero que el aire. El hidrógeno gaseoso es muy inflamable y arde en concentraciones muy bajas en aire del orden del 4 %.

Actualmente, se están desarrollando varias tecnologías para la aplicación del hidrógeno en el sector de la movilidad: el uso directo como combustible en motores de combustión interna alternativa, lo que daría una nueva vida a estos motores, el uso directo en los vehículos de pila de combustible y la conversión en combustibles sintéticos con cero emisiones netas, también conocidos como e-fuels.

Los vehículos movidos por una pila de hidrógeno tienen las mismas ventajas que los eléctricos (también son muy silenciosos y precisan de un menor mantenimiento), pero, además, requieren de menos tiempo de recarga y disponen de una mayor autonomía que los eléctricos debido a que el hidrógeno tiene un gran contenido de energía por unidad de masa y es más fácil de almacenar que la electricidad. En unos años tendrán una autonomía parecida a la de los vehículos que funcionan con gasolinas y gasóleos y, a partir de 2030, serán muy compe-

titivos.

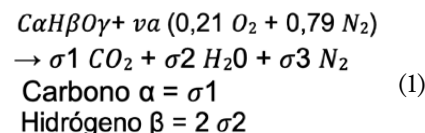
3.4 Fundamentos de emisiones de motores de combustión interna alternativos

La sociedad demanda mayoritariamente tres tipos de energía: energía térmica para procesos de energía, energía mecánica para tracción, propulsión o accionamiento mecánico y energía eléctrica para iluminación y suministro eléctrico. En la actualidad esta energía se genera mediante procesos de combustión, aunque esta tendencia debe ser modificada para la supervivencia de la humanidad.

La combustión es una reacción química compleja, fuertemente exotérmica entre el oxígeno del aire y un combustible, cuya composición es una mezcla de compuestos orgánicos.

A partir del ajuste de la reacción estequiométrica y del dosado estequiométrico, se pueden obtener por la ecuación de conservación de la masa (o ecuación de continuidad) los elementos principales que se consiguen en la reacción.

Ajuste de la reacción estequiométrica



$$Oxígeno \gamma + 2 (0,21) \nu a = 2 \sigma 1 + \sigma 2 \quad (2)$$

$$Nitrógeno 2 (0,79) \nu a = 2 \sigma 3 \quad (3)$$

Resolviendo las ecuaciones se obtiene de forma genérica

$$\sigma 1 = \alpha \quad (4)$$

$$\sigma 2 = \beta / 2 \quad (5)$$

$$\sigma 3 = 0,79 (4 \alpha + \beta - 2 \gamma) / (4 \times 0,21) \quad (6)$$

$$\nu a = (4 \alpha + \beta - 2 \gamma) / (4 \times 0,21) \quad (7)$$

Aplicando lo anterior al metano CH₄

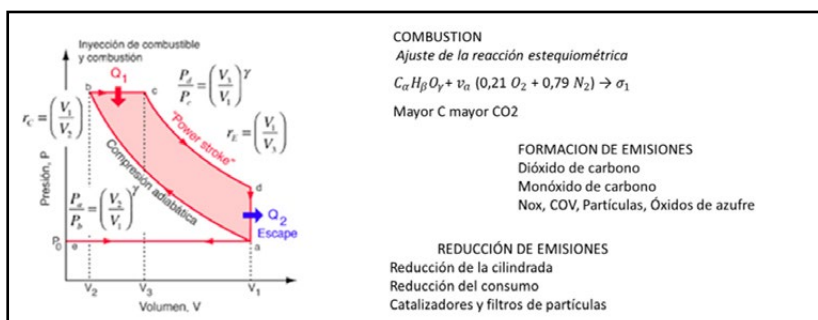


Figura 5. Ciclos termodinámicos de la combustión.

como $\alpha = 1$, $\beta = 4$, $Y = 0$ se obtendría

$$CH_4 + 2 O_2 + 7,52 N_2 \quad (8)$$

$$\rightarrow CO_2 + 2 H_2O + 7,52 N_2$$

Realizando la misma operación con el etanol C_2H_6O , se obtendría $2 CO_2$ y $3 H_2O$. Y, por último, con el queroseno $C_{12}H_{24}$, se obtendría $12 CO_2$ y $12 H_2O$.

Queda la evidencia de que el contenido en carbono del combustible utilizado es el responsable directo de la emisión a la atmósfera del CO_2 .

Se denomina dosado estequiométrico al cociente entre la masa de combustible y la masa de aire en la que los reactantes se encuentran en la proporción justa.

$F = \text{masa de combustible} / \text{masa de aire} \quad (9)$

Si se sustituyen en las ecuaciones estequiométricas los pesos moleculares del combustible y del aire, se obtienen los siguientes valores:

Metano $F = 1/17,13 \quad (10)$

Etanol $F = 1/8,94 \quad (11)$

Queroseno $F = 1/14,69 \quad (12)$

Se da una idea de la cantidad de reactivos emitidos a la atmósfera por combustible.

$$H_2 + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow H_2O \quad (13)$$

$$1 \text{ kmol } H_2 + \frac{1}{2} \text{ kmol } O_2 \rightarrow 1 \text{ kmol } H_2O \quad (14)$$

$$2 \text{ kg } H_2 + 16 \text{ kg } O_2 \rightarrow 18 H_2O \quad (15)$$

La gasolina se considera octano C_8H_{18} y el gasóleo $C_{12}H_{26}$ como dodecano y, aunque los gasóleos tienen mayor número de carbonos, al ser más eficientes que las gasolinas, emiten una cantidad mayor de CO_2 a la atmósfera.

Las fuentes de contaminación asociadas a los vehículos tanto en el mantenimiento como en el ciclo de vida global del motor de combustión vierten especies contaminantes al aire a través de los gases de escape, lo que se conoce como emisiones contaminantes.

Se debe diferenciar entre dos conceptos diferentes, la contaminación y la calidad del aire: las emisiones y las inmisiones. Las emisiones es todo aquello que se evacua por fuentes o conjuntos de fuentes localizables, por ejemplo, tubos de escape o chimeneas, mientras que las inmisiones son el conjunto de especies que residen en la atmósfera como consecuencia de las

emisiones, que no tienen por qué coincidir con las especies emitidas. Incluso las unidades en las que se miden son distintas: las emisiones se miden con referencia a los kilómetros recorridos o los kWh producidos, mientras que las inmisiones se miden por concentración en volumen en la atmósfera.

En la realidad, no se produce la combustión de forma estequiométrica, pues a veces hay exceso o defecto del aire aportado y en función de la temperatura a la que tenga lugar la reacción y de los elementos presentes en el combustible se producen otros componentes como: dióxido de carbono, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos, compuestos orgánicos volátiles, partículas, ozono, óxidos de azufre y cloruros y bromuros de plomo.

Los motores de encendido provocado (MEP) se caracterizan por:

- Las emisiones de NO_x , que se producen debido a la alta temperatura del frente de llama y que, por cinética química, no llegan a reducirse.

- Las emisiones de hidrocarburos (HC), sobre todo por mezcla sin quemar debido a razones físicas o combustiones incompletas.

- Las emisiones de CO , que por cinética química no se termina de oxidar para transformarse en CO_2 .

Las emisiones de partículas son prácticamente despreciables y la cantidad de CO_2 emitido por kWh producido depende del combustible que se emplee y del rendimiento del motor, con la excepción de que se utilice gas natural en los motores de encendido provocado (o, incluso, GLP), ya que el contenido en carbono de este es muy bajo.

Los motores de encendido por compresión (MEC) se caracterizan por:

Emitir una gran cantidad de partículas, proceso ligado a la combustión por difusión y óxidos de nitrógeno, por las altas temperaturas y el exceso de aire en este tipo de motores.

En comparación con los de encendido por chispa, emiten menos cantidad de hidrocarburos (el combustible se quema al entrar en la cámara de combustión, por lo que es muy difícil la existencia de productos inquemados) y de CO (debido al exceso de aire).

En cuanto a las emisiones de CO_2 , se puede decir que los motores diésel emiten menos kilogramos de CO_2 por

cada kWh producido que los MEP convencionales, debido a la diferencia de rendimiento.

3.5 La inspección de emisiones y los equipos de medida

Todo vehículo puede ser más seguro en su circulación por vías públicas y emitir menos emisiones contaminantes, bien mejorando su diseño o manteniendo sus condiciones de uso en el mejor estado posible a lo largo de su permanencia en servicio.

Las estaciones de inspección técnica de vehículos nacieron en la década de 1970, dada la primordial necesidad de disminuir la ingente cantidad de accidentes de circulación que se producían en Europa, como consecuencia de las averías y falta de mantenimiento de los vehículos.

Diversos estudios justifican que el objetivo se cumplió y todavía se sigue cumpliendo, pues se notifica a los usuarios los defectos graves encontrados que deben ser reparados para poder seguir utilizando el vehículo con garantía.

De la seguridad vial se pasó, en muy pocos años, al control de las emisiones contaminantes, realizando ensayos de emisiones a vehículos de encendido por chispa y por compresión, con unos valores límites determinados a partir de los obtenidos en la homologación de los motores.

De este modo se ayuda al control de las emisiones emitidas por los vehículos, no solo mediante la realización de los ensayos de control, indicando al usuario la obligatoriedad de acudir al taller a realizar la reparación, sino con otras pequeñas actuaciones.

La llegada de la obligatoriedad del uso del diagnóstico de abordaje (OBD), para algunos tipos de vehículos, va a mejorar significativamente el control de las emisiones, precisamente a los menos contaminantes, pero se debería reforzar la inspección a los más antiguos.

El manual de procedimiento de inspección de ITV especifica el método y los equipos necesarios para realizar la inspección de emisiones contaminantes utilizando instrumentos específicos para medir las emisiones de gases de los vehículos de motor.

3.5.1 Analizadores de gases

Los analizadores de gases son instrumentos destinados a determinar

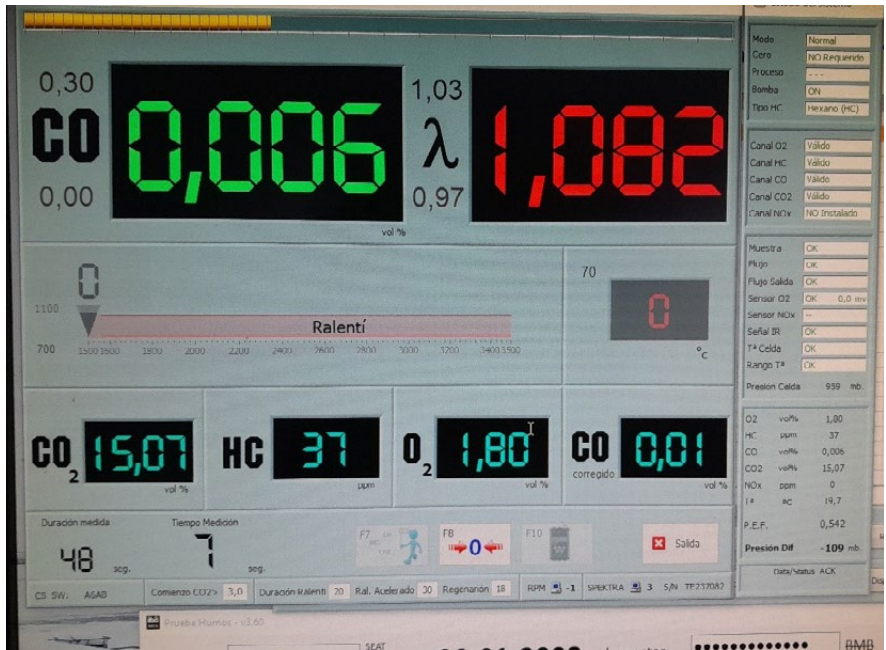


Figura 6. Ensayo de análisis de gases.

fracciones en volumen de ciertos componentes de las emisiones de gases de escape de los vehículos de motor, destinados al control y el mantenimiento de vehículos de motor con encendido por chispa para los siguientes componentes de los gases de escape: monóxido de carbono, dióxido de carbono, hidrocarburos (HC, en términos de n-hexano) y oxígeno.

El principio de detección de estos instrumentos se basa en la absorción infrarroja en gases para CO, CO₂ y HC. El oxígeno se mide con una célula galvánica.

3.5.2 Opacímetros

Los opacímetros son instrumentos destinados a medir la opacidad y determinar el coeficiente de absorción luminosa de los gases de escape de motores de encendido por compresión

(diésel).

El coeficiente de absorción luminosa (K) se define por la ley de Beer-Lamber.

La opacidad es la fracción de la luz emitida desde una fuente luminosa, a través de un recorrido con humo, este impide alcanzar el receptor.

La transmitancia es la fracción de una luz emitida desde una fuente y que, a través de un recorrido con humos, llega al receptor.

La zona de medición es la parte del instrumento en la cual se realiza la medición. El opacímetro instalado en la salida del tubo de escape analiza el total que sale del tubo de escape en forma de estela.

3.5.3 Diagnóstico a bordo

El diagnóstico a bordo (OBD) es un



Figura 7. Ensayo de opacidad.



Figura 8. Interfaz de lectura OBD.

conjunto de reglas, software y hardware, con el propósito específico de monitorizar los componentes/sistemas de tren motriz, cuya funcionalidad tiene un impacto en los niveles de emisiones tóxicas de gases de escape.

En otras palabras, si un componente específico del tren motriz, en caso de defecto/fallo, conduce a un aumento de los niveles tóxicos de emisión de gases de escape, debe controlarse mediante el OBD.

4. Análisis

4.1 La problemática actual de los vehículos

Los vehículos automóviles han contribuido y contribuyen, más que cualquier otro modo de transporte, a la socialización de la movilidad, al desarrollo económico y al bienestar de la sociedad, especialmente en los países de mayor desarrollo.

Las mejoras tecnológicas de los sistemas actuales de propulsión y los desarrollos de nuevos sistemas no dependientes del petróleo permiten contemplar el futuro con optimismo. En el ámbito de la innovación, aportan ya soluciones a este problema.

En el corto y medio plazo los vehículos con propulsión basada en el motor de combustión interna son imprescindibles en sus diferentes opciones para satisfacer las necesidades de movilidad de los ciudadanos, con mínimos impactos sobre el medio ambiente.

Todas las opciones son necesarias y cada una presenta ventajas e inconvenientes. La evolución de los vehículos en los últimos años ha sido tan rápida y efectiva que los que se producen hoy han reducido considerablemente el consumo, a igualdad de prestaciones, y las emisiones contaminantes son muy inferiores a los de vehículos del año

2004. Estos hechos se demuestran con los siguientes datos:

- En vehículos diésel se ha reducido en un 90 % la emisión de partículas y en un 84 % la de NOx.
- En vehículos de gasolina se ha reducido en un 60 % las emisiones de CO y de NOx.
- En vehículos de gas la evolución es similar a los motores de gasolina.
- El “coche nuevo promedio” de 2021 emite cerca de un 50 % menos de CO₂ por kilómetro de homologación que el de 1995.

La electrificación del parque de vehículos es una solución de amplio alcance a medio y largo plazo; en el corto plazo presenta retos y barreras importantes que imponen límites a la velocidad de crecimiento del uso de los vehículos eléctricos.

Deben superarse algunas barreras para lograr incrementos más significativos de la presencia de estos vehículos en el parque de automóviles:

- Infraestructura de la recarga.
- Tiempos de recarga.
- Vida, coste y autonomía de las baterías.
- Energía almacenada por kilogramo de batería.

Los usuarios de los vehículos automóviles deberían asumir un papel corresponsable más activo ante los retos energético y medioambiental de su propia movilidad en automóvil.

De esta forma, los usuarios deberían comprometerse de forma efectiva en la reducción de los impactos de estos sobre el medio ambiente:

- A través de una conducción eficiente se puede reducir el consumo de energía hasta un 20 % y el impacto ambiental en un 30 %.
- Mediante un adecuado mantenimiento se aseguran valores de emisiones y consumo similares a los de fábrica hasta, por lo menos, los 160.000 km.
- Racionalizando el uso de los vehículos, especialmente en las ciudades.

La preocupación por el impacto medioambiental de los vehículos automóviles, entre otros agentes productores de diferentes efluentes gaseosos que afectan a la calidad del aire y al cambio climático, es compartida por numerosos dirigentes políticos, científicos, ingenieros y buena parte de las poblaciones de los países desarrollados y en desarrollo.

De las anteriores reflexiones, se puede extraer lo siguiente:

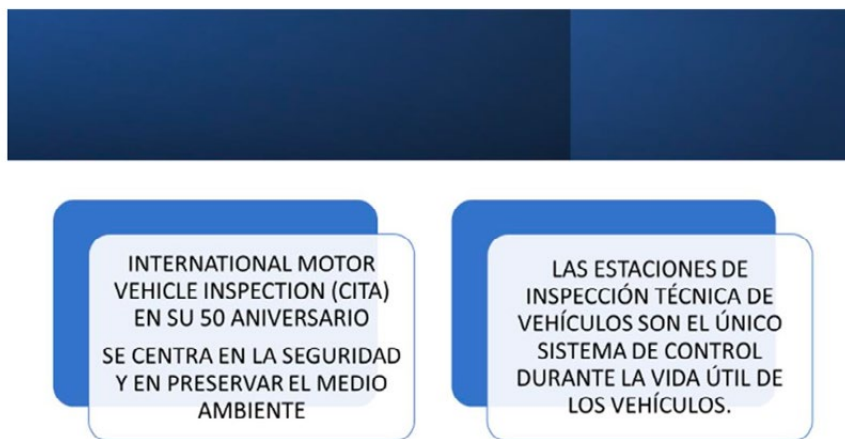


Figura 9. International Motor Vehicle Inspection.

- El automóvil como se conoce en la actualidad todavía va a seguir muchos años entre nosotros.
- El parque mundial de automóviles se duplicará en el año 2030.
- Si se siguen utilizando los combustibles fósiles, no se logrará parar el cambio climático.
- La disponibilidad energética se va a ver afectada por la escasez de recursos.
- Se deben desarrollar combustibles no dependientes del petróleo.
- El hidrógeno como pila de combustible y como combustible para los motores de combustión interna alternativos es probablemente la mejor opción de futuro.
- Los motores de combustión interna son imprescindibles a corto plazo.
- Se tienen que aplicar mejoras tecnológicas en la construcción de motores.
- Las emisiones contaminantes se han reducido enormemente en los últimos 20 años.
- Las emisiones de CO₂ se han reducido en un 50 % desde al año 1995.
- Se debe apoyar la renovación del parque de vehículos.
- A corto plazo el automóvil eléctrico no va a ser significativo.
- Se ha de analizar la procedencia de la generación de la electricidad.
- Es fundamental lograr una buena comunicación de los problemas medioambientales.
- Los usuarios deben comprometerse de manera efectiva con el uso del automóvil.
- Las autoridades deben seguir potenciando los cambios normativos.

4.2 Aportación de las estaciones ITV a los retos medioambientales

Se debería implementar algún tipo de medida complementaria, por ejemplo,

según el vehículo y con la conexión telemática a la Dirección General de Tráfico, realizar un cálculo aproximado de las emisiones de CO₂ en función de los kilómetros recorridos desde la última inspección y ponerlo en conocimiento del usuario.

Realizar campañas de sensibilización a los usuarios de la importancia de las emisiones contaminantes que, entre todos aportamos al planeta, mediante la entrega de una infografía que resuma la problemática medioambiental.

La actividad del organismo de inspección no debe ser considerado por el usuario una obligatoriedad impuesta por una empresa pública o privada al servicio de la Administración y de obligado cumplimiento, sino, como un colaborador necesario que debe transmitir seguridad y confianza a la inspección realizada.

Debería haber una comunicación fluida con los fabricantes sobre los problemas encontrados de manera habitual en los productos por ellos fabricados, dispositivos electrónicos de control y diagnóstico de emisiones contaminantes.

Es importante mentalizar a los usuarios de la importancia del mantenimiento de los vehículos para que respondan durante su vida útil de manera adecuada a lo diseñado por el fabricante.

En las propias ITV, se suelen dar aglomeraciones y se producen arranques y paradas o permanencias durante largo tiempo con el motor del vehículo en funcionamiento. Es importante realizar una buena gestión en las esperas, pues son miles de vehículos los que acuden y al cabo del año han consumido una importante cantidad

de combustible y han emitido enorme cantidad de emisiones que pueden ser minoradas de forma importante.

Se debería transmitir al usuario que la ITV salva vidas y ayuda al planeta.

5. Conclusiones

En el desarrollo de este trabajo, se han analizado el cambio climático y los retos medioambientales en los que nos encontramos inmersos, la contaminación de la atmósfera por procesos naturales y por procesos antropogénicos, los combustibles para evidenciar su aportación al cambio climático, los motores de combustión interna alternativos, la normativa sobre las emisiones contaminantes producidas por el automóvil, cómo la normativa se ha ido transvasando a las estaciones de inspección técnica de vehículos y su aplicación diaria en el control de los vehículos inspeccionados y, por último, se ha reflexionado sobre las aportaciones de las ITV al cambio climático.

De todo ello se pueden sacar las siguientes conclusiones generales:

- El cambio climático es una realidad que puede perjudicar gravemente a todo el planeta.
- Los gobiernos mundiales deben dar pasos acelerados para aminorar este cambio.
- Se están consiguiendo logros importantes, pero debe colaborar todo el mundo.

• Hay que seguir desarrollando nuevas tecnologías y combustibles para la movilidad.

• El vehículo eléctrico no es la única solución si no se acompaña de una electricidad sostenible.

• Aunque la tecnología del hidrógeno actual no es competitiva, hay en el planeta cantidades ingentes de este gas formando parte del agua y que es susceptible de ser utilizado como combustible.

Las estaciones de inspección técnica de vehículos han de tener un importante papel que desempeñar en los cambios tecnológicos de los próximos años y en el control de las emisiones contaminantes durante la vida útil de los vehículos.

Se puede concluir que, aun habiendo muchos intereses creados por las industrias del petróleo, los fabricantes de automóviles, las multinacionales de componentes de automoción, entre otros muchos involucrados, la humanidad demuestra que se pueden producir los cambios necesarios para revertir los problemas medioambientales que entre todos hemos creado y algunos de los indicadores analizados en esta investigación así lo demuestran.

Agradecimientos

A la Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Diseño Industrial de la UPM, a la Universidad Nacional de Educación a Distancia, a la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la UNED y, en especial, a Don Mi-

guel Ángel Sebastián Pérez, quien me ha dirigido, con paciencia y sabiduría durante muchos años para que pudiera conseguir los retos académicos que en circunstancias muy difíciles me propuse y sin olvidar a Julia, mi esposa, y Miriam, mi hija, por su incansable apoyo.

Referencias bibliográficas

- Caselles, C. (2010). Química aplicada a la ingeniería. UNED.
- Contreras, A. (2009). Ciencia y Tecnología del Medio Ambiente. UNED.
- Gallego, A. (2012). Contaminación atmosférica. UNED.
- Payri, F. (2015). Motores de combustión interna alternativos. UPV. Sánchez, C. (2007). Teoría de la combustión. UNED.

Fuentes de internet

- <https://citainsp.org/archives/coches.idae.es/consumo-de-carburante-y-emisiones>
- <https://dexhydroengine.blogspot.com/2016/02/el-hidrogeno-un-futuro-portador.html>
- <https://industria.gob.es/es-es/servicios/calidad/paginas/vehiculos.aspx>
- <https://insia-upm.es/>
- <https://www.aeca-itv.com/publicaciones/>
- <https://www.catedracosmealvarez.com/combustibles-sinteticos-o-e-fuels/>
- <https://www.mdsocialesa2030.gob.es/agenda2030/index.htm>
- <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/>
- <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/climate-change-2/>
- <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/infrastructure/>



Figura 10. ODS 13.



Figura 11. ODS 9.



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

cátenon®
WORLDWIDE EXECUTIVE SEARCH

ferroser

Gehrlicher
Solar

ADARTIA

Aplicación de los métodos de ayuda a la toma de decisión para el análisis temporal de la contaminación ambiental en una ciudad

Application of decision-making methods for the temporary analysis of environmental pollution in a city

Emilio José García Vilchez¹

Resumen

Cualquier emisión industrial, de tráfico o incluso doméstica, lleva aparejado un cierto nivel de riesgo para la salud de las personas. Por ello, es responsabilidad de las autoridades la intervención y la investigación de dichas emisiones para lograr que la calidad del aire que respiramos todos los ciudadanos se mantenga siempre en el nivel óptimo posible. Debido a la normativa ambiental europea, traspuesta en España en el RD 102/2011 del 18 de enero, se exige que debe haber, al menos, un punto de medición de la contaminación por cada 50.000 km² o dos millones de habitantes. Para este fin, los Estados miembros deben de disponer de una red para el control de la contaminación atmosférica (RCCA) con el objetivo de monitorizar la contaminación ambiental y poder actuar en consecuencia en función de los resultados obtenidos. Este seguimiento debe realizarse los 365 días del año realizando mediciones de los parámetros exigidos en dicho RD en diferentes puntos durante las 24 horas, para así tener un conocimiento de lo que está sucediendo y poder tomar acciones en consecuencia en función de los valores de cada contaminante.

Este artículo hace referencia a los datos recogidos por una RCCA de una ciudad de España formada por siete estaciones meteorológicas que han medido 12 parámetros ambientales durante el mismo periodo de tiempo y durante ocho años en total. Este periodo se ha seleccionado debido a que el año 2020 coincide con el estado alarma debido a la covid-19, por lo que la actividad tanto de vehículos como de industrias fue menor. En consecuencia, se dispone de un periodo de referencia para poder comparar la evolución de los contaminantes ambientales durante diferentes periodos de una manera agregada mediante el uso de métodos matemáticos para la ayuda de toma de decisión.

Para ello, es necesario tratar los datos, ponderar y normalizar el conjunto de datos de cada periodo de cada año para, posteriormente, poder compararlos de manera objetiva mediante diferentes métodos matemáticos y poder extraer conclusiones de manera global en una clasificación de índices agregados anuales.

Palabras clave

Medición de la contaminación, análisis de contaminantes, métodos de ayuda a la toma de decisión, estaciones de medida de contaminantes.

Recibido/received: 17/08/2023 Aceptado/accepted: 20/02/2024

¹ Ingeniero técnico industrial en Química, ingeniero en Organización Industrial y doctor en Ingeniería de Procesos y Sistemas por la Universidad de Valladolid. Posgraduado en Logística e Ingeniería de la Calidad. Máster en Prevención de Riesgos Laborales. Más de 20 años de experiencia en la gestión de equipos en organizaciones nacionales e internacionales.

Autor para correspondencia: Emilio José García Vilchez, emigarvil@gmail.com
CÓDIGO UNESCO: 1209.03 Análisis de datos.

Abstract

Any industrial, traffic or even domestic emission carries a certain level of risk to people's health. For this reason, it is the responsibility of the authorities to intervene and investigate these emissions to ensure that the quality of the air that all citizens breathe is always maintained at the optimum possible level.

Due to the European environmental regulations, transposed in Spain in RD 102/2011 of January 18th, it is required that there must be at least one pollution measurement point for every 50,000 km² or two million inhabitants. To this end, the member States of European Union must have a Network for the Control of Air Pollution (NCAP) with the aim of monitoring environmental pollution and being able to act accordingly based on the results obtained.

This monitoring must be carried out 365 days a year, making measurements of the parameters required in said the RD 102/2011 at different points during 24 hours in order to have an understanding of what is happening and to be able to take actions accordingly based on the values of each pollutant.

This article refers to the data collected by a NCAP from a city in Spain made up of seven meteorological stations that have measured 12 environmental parameters during the same period of time and for a total of eight years. This period has been selected for this analysis because the year 2020 coincides with the Spanish state of alarm due to covid-19, so the activity of both vehicles and industries was lower. Therefore, there is a reference period to be able to compare the evolution of environmental contaminants during different periods in an aggregate manner using mathematical methods to aid decision-making.

For this, it is necessary to treat, weight and normalize the data set for each period of each year to later be able to compare them objectively through different mathematical methods and thus to be able to draw conclusions globally in a ranking of annual aggregate index.

Keywords

Pollution measurement, pollutant analysis, decision support methods, pollutant measurement stations.



Foto: Shutterstock.

1. Fundamento teórico

Objetivos

Con este artículo se pretenden abordar los siguientes objetivos:

- Extraer los datos ambientales de la RCCA desde sus Bases de Datos Web para el periodo concreto establecido (del 15 de marzo al 21 de junio para los años 2016 al 2023) eliminando los datos anómalos.
- Normalizar, ponderar, agregar y analizar los datos descargados de la RCCA en diferentes periodos utilizando para ello los métodos de ayuda a la toma de decisión.
- Realizar una comparación objetiva de los datos para establecer una clasificación y conocer, por tanto, qué año es el que presenta un índice agregado ambiental mayor con un impacto ambiental menor para los ciudadanos.
- Extraer conclusiones sobre los resultados obtenidos.

Red de Control de la Contaminación Ambiental (RCCA) de estudio

La RCCA de estudio, de la que se han extraído los datos, consta de siete estaciones de medida localizadas en diferen-

tes puntos de una ciudad de 198 km² y con 300.000 habitantes. Está acreditada por la norma ISO 17025:2017, por lo que se garantiza la calidad de las mediciones realizadas.

Los instrumentos de medida localizados en todas las estaciones son totalmente automáticos y realizan la medida de forma continuada en el tiempo. Todos los instrumentos se encuentran unidos a un sistema de adquisición de datos (SAD) que, de forma instantánea, captura la información del instrumento cada 15 minutos y la incorpora secuencialmente a su propia base de datos para llegar a un centro de proceso de datos (CPD).

La comunicación entre las estaciones y el CPD se verifica a través de una red propietaria de fibra óptica que garantiza la máxima disponibilidad de datos e inmunidad frente a posibles ataques externos, un conocimiento en tiempo real de la evolución de un episodio y una inmunidad a fallos muy superior a la dependencia de una red pública de telecomunicaciones; también un coste de operación casi nulo comparado con otras opciones comerciales dedicadas punto a punto.

Cada instrumento de medida de la contaminación de los instalados en las

estaciones verifica el análisis de la muestra de aire ambiente siguiendo una técnica oficial establecida por las diferentes normas reguladoras.

Los contaminantes medidos por la RCCA en sus diferentes estaciones de medida, así como sus valores límite diarios máximos según el RD 102/2011 del 18 de enero, son los establecidos de en la tabla 1.

Métodos de ayuda a la toma de decisión

A continuación, se presenta el soporte matemático que va a servir de ayuda en la normalización, ponderación, agregación y análisis de la serie temporal de datos para cada periodo para poder establecer una clasificación de ordenación de índices anuales.

La toma de decisiones puede considerarse una formalización del sentido común para aquellos problemas demasiado complejos en que este no puede ser utilizado de modo informal (Keeney, 1982).

La toma de decisión se asocia a las primeras cinco etapas de un proceso de resolución de problemas (fig. 1). Se inicia en la identificación y la definición del problema y concluye en la selección de la alternativa, que es en sí la toma de decisión.

Contaminante	Definición de contaminante	Valor límite según RD 102/201
PM10	El material particulado presente en la atmósfera se clasifica en 3 grupos principales: material con tamaño de partícula superior a 10 micras, material con tamaño inferior o igual a 10 micras, conocido como PM10, y material con tamaño de partícula inferior a 2,5 micras, conocido como PM2,5. Las partículas de tamaño comprendido entre las 2,5 y las 10 micras no son realmente inhaladas hasta las vías profundas y se expulsan de manera relativamente eficaz a través de las mucosidades o de la tos, o sedimentan directamente sin llegar a penetrar en el árbol respiratorio. El material particulado se clasifica como primario si es emitido directamente a la atmósfera, secundario si se forma a partir de reacciones entre contaminantes dentro de la atmósfera o se modifica por condensación y crecimiento. La principal fuente de partículas primarias son los procesos de combustión. Estas partículas son transportadas por gases calientes a lo largo de un tubo o chimenea donde pueden aparecer nucleaciones espontáneas de partículas con posterioridad a la emisión. La contaminación ambiental producida por las fuentes móviles (vehículos) que circulan por la ciudad es uno de los graves problemas que tienen que afrontar los habitantes de las grandes ciudades.	40
PM2,5	Aún más importante es conocer la concentración de las partículas que entran en el organismo y se depositan en lo más profundo de las vías respiratorias como son los sacos alveolares. Estas partículas son conocidas como PM2,5 (debido al tamaño de la partícula, que son 2,5 micras). La fracción PM2,5 se produce por la combustión de los vehículos que circulan por las ciudades, en especial aquellos que funcionan con motores diésel. Las grandes capitales del mundo están muy preocupadas por la contaminación que emiten estos vehículos y es frecuente en estas ciudades la monitorización del material particulado fracción respirable PM2,5.	20
SO ₂	El dióxido de azufre (SO ₂) es un gas incoloro no inflamable con un olor penetrante que irrita los ojos. Reacciona en la superficie de cualquier material particulado que se encuentre en la atmósfera, es soluble en agua y puede oxidarse en el aire sin necesidad de que haya gotas de agua. La fuente más común del dióxido de azufre incluye el quemado de combustibles fósiles, la manufactura del ácido sulfúrico y la conversión de la pulpa de madera en papel. También la incineración de residuos y la producción de azufre elemental. El quemado del carbón es la fuente más próxima a nosotros en la producción de dióxido de azufre, pues llega a contabilizar hasta el 50% del global de emisiones. La fuente natural de emisiones de dióxido de azufre la forman los volcanes. El dióxido de azufre es un gas corrosivo que, combinado con el vapor de agua presente en la atmósfera, produce lluvia ácida. El dióxido de azufre en el aire ambiente se encuentra también asociado a problemas de salud como el asma y la bronquitis crónica. El dióxido de azufre se considera aún más peligroso cuando concentraciones elevadas de este gas se unen a concentraciones elevadas de material particulado. Esto es conocido como efecto cóctel.	125
NO Y NO ₂	Los principales compuestos del nitrógeno presentes en la atmósfera son N ₂ O, NO, NO ₂ , NH ₃ y las sales de NO ₂ ⁻ , NO ₃ ⁻ , y NH ₄ ⁺ . El óxido nítrico (NO), es emitido tanto por fuentes naturales como antropogénicas. La combustión de carburantes a elevadas temperaturas es la principal fuente artificial de NO. El dióxido de nitrógeno (NO ₂) es emitido en pequeñas cantidades junto con el NO, pero fundamentalmente se origina por oxidación del NO en la atmósfera. Tanto NO como NO ₂ están considerados contaminantes del aire y son conocidos conjunta y habitualmente bajo el nombre de óxidos de nitrógeno o NO _x . Los óxidos de nitrógeno se forman durante los procesos de combustión a elevadas temperaturas por la oxidación del nitrógeno del aire o presente en el combustible. La fuente principal de óxidos de nitrógeno, óxido nítrico NO y dióxido de nitrógeno NO ₂ procede directamente del tráfico rodado, y este es responsable de, aproximadamente, la mitad de las emisiones en Europa. Las concentraciones de NO y NO ₂ suelen ser elevadas en áreas urbanas donde el tráfico es más intenso. Otras fuentes importantes de este contaminante son las centrales térmicas productoras de energía eléctrica, instalaciones domésticas de calefacción y procesos industriales. Los óxidos de nitrógeno producen una enorme variedad de impactos sobre la salud y el medio ambiente. Es un irritante de las vías respiratorias. Puede exacerbar el asma y es susceptible de provocar incrementos en las infecciones de las vías respiratorias. En presencia de la luz solar, reacciona con los hidrocarburos para originar contaminantes fotoquímicos como el ozono.	40
CO	El monóxido de carbono es un gas incoloro, prácticamente inodoro, sin sabor y sin capacidad irritante. Se forma a partir del quemado incompleto de combustibles en condiciones de mala ventilación: gasolinas, carbón vegetal, humos procedentes de madera, etc. El gas de escape de los automóviles contiene diferentes cantidades de monóxido de carbono. Este penetra en el torrente sanguíneo a través de los pulmones para dar lugar a la formación de la carboxihemoglobina, compuesto que inhibe el transporte de oxígeno a las células del organismo y los tejidos. Las personas con enfermedades cardíacas son especialmente sensibles al envenenamiento por este gas, al igual que niños, ancianos y personas con dificultades respiratorias de cualquier tipo. El monóxido de carbono afecta a la salud de las personas, incapacitando el organismo para la realización de ejercicio físico, reduciendo la percepción visual o la destreza manual, las funciones cognitivas y la habilidad para formular razonamientos complejos.	10
Benceno y etilbenceno	Hay dos grandes grupos de hidrocarburos involucrados en la contaminación urbana, los compuestos orgánicos volátiles (COV) y los hidrocarburos policíclicos aromáticos (PAH). Los COV se encuentran ligados a las emisiones de los escapes de automóviles, como resultado de combustiones incompletas de las gasolinas. También resultan de las emisiones de disolventes, y de las mismas gasolinas en sus procesos de transporte y distribución a las gasolineras. El benceno y el 1,3 butadieno son particularmente importantes como agentes peligrosos para la salud. Otros COV son importantes por la función que desempeñan en la formación fotoquímica del ozono en la baja atmósfera. El benceno es un hidrocarburo aromático, constituyente minoritario de las gasolinas (±2% en volumen). La mayor fuente del benceno presente en las atmósferas urbanas de las ciudades europeas procede en su mayor parte de las emisiones que se generan en la distribución y venta de las gasolinas y en segundo lugar de la combustión incompleta de estas gasolinas en los motores de los automóviles también de la evaporación de los depósitos de estos. El benceno es emitido en los gases de escape no solo como un residuo de gasolina sin quemar, sino también como subproducto procedente de la descomposición térmica de otros hidrocarburos aromáticos. El benceno en la atmósfera constituye un riesgo importante para la salud de las personas. Por eso la Unión Europea ha establecido una regulación a través de una directiva de obligado cumplimiento cuyo objetivo es lograr una reducción de las emisiones de este contaminante a la atmósfera y, consecuentemente, reducir la exposición de la población a este compuesto químico.	5

Contaminante	Definición de contaminante	Valor límite según RD 102/201
Tolueno	El tolueno en las ciudades procede de las emisiones generadas por el funcionamiento de los motores de gasolina y diésel. Puede ser emitido también a la atmósfera como consecuencia de la manipulación de productos que lo contengan como pinturas, disolventes, etc. Una vez en la atmósfera, este compuesto presenta una reactividad elevada, participa en diferentes mecanismos fotoquímicos y tiene una influencia notable en los procesos de formación del ozono. Las estrategias de control y reducción de las emisiones de tolueno a la atmósfera implican el uso en proporciones elevadas de compuestos oxigenados dentro de la formulación de las gasolinas. La Agencia Ambiental Americana ha calificado el tolueno como no sospechoso de causar cáncer en las personas a partir de dos estudios epidemiológicos en los que no se detectó un incremento significativo a padecer cáncer como resultado de la inhalación del tolueno.	No especificado
Ortoxileno (oxileno), meta y paraxileno (MP-xileno)	Los xilenos (orto, meta y paraxileno) proceden, en las atmósferas urbanas, de la combustión incompleta de las gasolinas; en los vehículos dotados de catalizador aparece como consecuencia de daño o destrucción de este como resultado de su agotamiento o envenenamiento por otros agentes contaminantes. Como en el caso del tolueno, la Agencia Ambiental Americana ha descartado estos compuestos como causantes de carcinogénesis en las personas, aunque es un compuesto tóxico capaz de dar lugar a otro tipo de afecciones en la salud de las personas.	No especificado
Ozono (O ₃)	El ozono troposférico, también conocido como ozono de baja cota, O ₃ a diferencia de los otros contaminantes, no es emitido directamente a la atmósfera, sino que se trata de un contaminante secundario producido por la reacción entre el dióxido de nitrógeno, NO ₂ , los hidrocarburos, HCn, y la radiación. El ozono puede irritar los ojos y los conductos pulmonares y causar dificultades respiratorias e incrementar la susceptibilidad de las personas a las infecciones pulmonares. Es un reactivo químico energético, capaz de atacar las superficies, obras de fábrica y materiales de goma (p. ej., los neumáticos). El ozono es igualmente tóxico para la vegetación y los árboles. Además de la participación del dióxido de nitrógeno, NO ₂ , en la formación del ozono, el óxido nítrico, NO, destruye a su vez el ozono para formar oxígeno, O ₂ , y dióxido de nitrógeno, NO ₂ . Por esta razón, las concentraciones de ozono no suelen ser elevadas en áreas urbanas, donde hay elevados niveles de NO emitido por los vehículos, a diferencia de lo que sucede en las zonas rurales. Tanto los óxidos de nitrógeno como los hidrocarburos son transportados fuera de las áreas urbanas en recorridos cuya longitud depende de la velocidad de los vientos dominantes en la zona. Siempre que el ozono es foto disociado por efecto de la radiación, dará lugar a la formación de radicales libres. Como tal es un promotor de la oxidación química, que, a su vez, cataliza su propia generación por autocatálisis. En consecuencia, concentraciones elevadas de ozono son generalmente observadas durante los periodos estivales en zonas donde las masas de aire han recogido previamente emisiones de hidrocarburos, HCn, y de óxidos de nitrógeno NO _x (p. ej., áreas urbanas con un tráfico intenso).	120

Tabla 1. Contaminantes estudiados, explicación y valor límite (Quijano y Orozco, 2005 y web del Ayuntamiento de Valladolid, 2023).

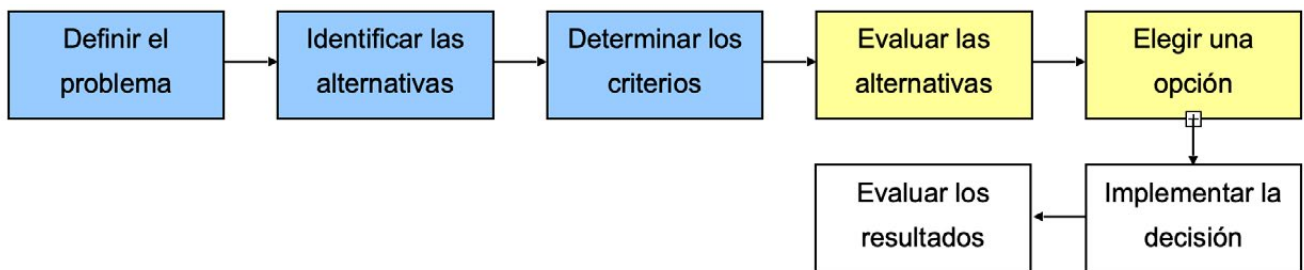


Figura 1. Etapas del proceso de resolución de problemas (Simon, 1960).

Agentes y elementos presentes en una toma de decisión

Según Chiavenato (2007), es necesario contar con diferentes elementos para llevar a cabo la toma de decisión de forma acertada:

- Decisor o analista. Es el responsable de la recogida de la información, de la determinación de los criterios a utilizar, de la construcción de las alternativas y de la selección de una de ellas.
- Alternativas. Es una de las posibles soluciones que se le puede dar al problema. Por la generalidad, las alternativas son diferentes, excluyentes y exhaustivas.
- Atributos y criterios. Consisten en los diferentes ejes de evaluación que se consideran para la elección de una alternativa. En algunas ocasiones, para establecer diferentes planos de igualdad y poder hacer la decisión más fácil y objetiva,

se otorgan unos pesos a cada atributo.

- Pesos. Valores que hacen que un criterio sea más o menos importante frente a otro. Los pesos pueden ser cardinales u ordinales. De entre los diferentes métodos de asignación de pesos destaca el de la asignación directa, que está formado por el método de la ordenación simple, el método de la tasación simple, el método de las comparaciones sucesivas y el método de los eigenpesos.
- Matriz de decisión. Es la matriz formada por los pesos y las alternativas, con todas las valoraciones dos a dos. En esta matriz pueden coexistir valores en muy distintos rangos y unidades, por lo que hay que normalizar los datos a través del uso de los métodos del porcentaje del máximo, porcentaje del rango, porcentaje del total o el vector unitario.

Tipologías

La elección de la mejor opción se presenta cuando una alternativa supera al resto en todos los criterios (solución ideal). Esto no es lo que sucede normalmente, por lo que no existe dicha solución óptima.

Los distintos problemas de decisión, tras diversas investigaciones, se agrupan en dos grandes categorías (White, 1990):

a. Toma de decisiones multiatributo. Está asociada con problemas en los que el número de alternativas está predefinido, y el decisor tan solo debe seleccionar, clasificar u ordenar las diferentes alternativas. Dentro de esta categoría se encuentra los métodos con solución a priori y los métodos interactivos.

Los métodos más utilizados son los de solución a priori, en los que la información es obtenida, a priori, a partir de los datos suministrados por los decisores. La clasificación de estos métodos (fig. 2) se realiza según la información que tiene disponible el decisor, ya sea ordinal, cardinal (numérica) o estandarizada (Venkata, 2007).

b. Toma de decisiones multiobjetivo. En este caso está asociada con proble-

mas en los que dichas alternativas no están determinadas a priori, y el propósito del decisor es obtener o diseñar la mejor alternativa con los recursos limitados de que dispone (como pueden ser el tiempo y el coste).

Además de estas dos categorías principales, hay otros métodos denominados interactivos los cuales son progresivos. Se caracterizan por que el decisor se desplaza de una solución a la

siguiente de forma interactiva, según la información facilitada en cada etapa por las preferencias sobre las soluciones presentadas.

Dentro del abanico de métodos existentes, se ha utilizado en este artículo el método AHP (Analytic Hierarchy Process) propuesto por Saaty a finales de la década de 1970, que pertenece a la categoría de los Eigenpesos y, por ello, se va a desarrollar a continuación con más profundidad (fig. 2).

El AHP calcula el autovector dominante de una matriz de comparación binaria para cada categoría y se pondera para calcular el valor normalizado que le corresponde a cada criterio.

Para ello, parte de comparar cada criterio *i* con cada criterio *j*, dos a dos, para obtener unos valores *a_{ij}* (aun cuando utilicen la misma notación, no tienen nada que ver con las evaluaciones de las alternativas) que se pueden agrupar en una matriz cuadrada de orden *n*: la llamada matriz de comparaciones binarias *A* = [*a_{ij}*]. La razón fundamental de comparar de dos en dos los criterios es que para al decisor le resulte más fácil (divide y vencerás) que compararlos todos a la vez (tabla 2).

La escala de medida elegida por Saaty para realizar las comparaciones es la mostrada en la tabla 1.

En el caso de que al hacer la comparación no fuese el criterio *i* igual o más importante que el *j*, sino al revés, lo que se haría sería estimar *a_{ji}*; de acuerdo con lo anterior y la valoración de *a_{ij}* = 1/ *a_{ji}*.

Las matrices *A* de comparaciones binarias son del tipo de las llamadas matrices recíprocas, las cuales gozan de unas interesantes propiedades en las que se basa, en gran parte, la eficacia del método AHP.

Para calcular los pesos y la importancia de cada una de las alternativas en los diferentes criterios, y de los diferentes criterios entre sí, se deben obtener los vectores propios asociados al mayor valor propio de cada matriz de comparaciones binarias.

El cálculo exacto del mayor valor propio y del vector propio asociado a cada una de estas matrices, cuando las dimensiones de las matrices son mayores de 4 × 4, es muy complejo y se recurre bien a programas informáticos (Macros en MS Excel, Matlab, MDwin, Expert Choice, etc.) o en su

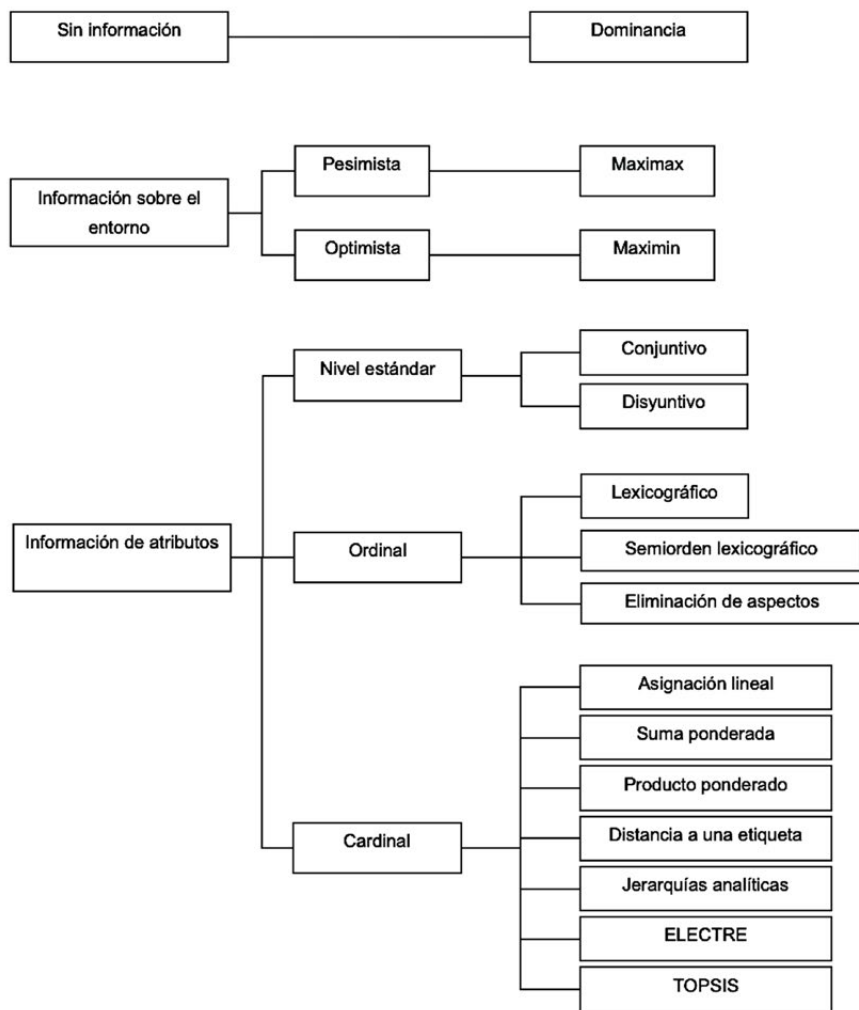


Figura 2. Resumen de los métodos de toma de decisión según la información de que dispone el decisor. (Hwang y Yoon, 1981 y Chen y Hwang, 1992, en Venkata, 2007).

Cuando <i>i</i> al compararlo con <i>j</i> es		Factor <i>a_{ij}</i>
Igual importancia	Las actividades contribuyen de idéntica forma al objetivo	1
Ligeramente más importante o preferida	La experiencia y el juicio favorecen ligeramente una actividad sobre la otra	3
Fuertemente más importante o preferida	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente una actividad sobre la otra	5
Muy fuertemente más importante o preferida	Una actividad es fuertemente favorable y su dominación está demostrada en la práctica	7
Extremadamente más importante o preferida	La evidencia que favorece a una actividad sobre la otra es la mayor posible en el orden de afirmaciones	9
Valores intermedios	Expresivos en la indefinición entre dos valores básicos de la escala	2, 4, 6, 8

Tabla 2. Asignación de pesos según Saaty (Saaty, 1982).

defecto a métodos para el cálculo aproximado más inmediatos y muy fiables.

Para este caso de análisis en este artículo, de todos los métodos presentados se han utilizado los siguientes: suma ponderada, raíz n-ésima, entropía y AHP.

A continuación, se explica su fundamento teórico para poder entender su funcionamiento y características.

Suma ponderada

El método de aproximación básico consiste en sumar los elementos de cada fila y los normaliza dividiendo cada una de estas sumas entre la suma de las de todas las filas. El vector resultante es el que se use como vector de pesos.

Raíz n-ésima

El método de aproximación mejor consiste en multiplicar los elementos de cada fila y se hace la raíz n-ésima. Después se normalizan los resultados. El vector resultante es el que se use como vector de pesos.

Entropía

Se parte de la matriz de decisión normalizada a_{ij} , siendo i las alternativas y j los criterios para calcular la entropía E_j de cada criterio j :

$$E_j = -k \cdot \sum_{ij} a_{ij} \cdot \log a_{ij}$$

Donde k es una constante que se ajustará para que $0 \leq E_j \leq 1$, para todos los criterios. Asignando a k el siguiente valor: $k = 1/\log(m)$, m es el número de alternativas.

La entropía E_j de un criterio es tanto mayor cuanto más iguales son sus evaluaciones a_{ij} . Precisamente lo contrario de lo que nos gustaría que ocurriera si E_j fuese a ser un valor aproximado del peso del criterio. Utilizaremos, entonces, una medida opuesta que se llamará diversidad D_j del criterio: $D_j = 1 - E_j$.

Finalmente, normalizamos a suma uno las diversidades D_j y se obtienen los pesos buscados:

$$W_j = \frac{D_j}{\sum_j D_j}$$

Método AHP

El método AHP consiste en dividir los elementos de cada columna entre la suma de esta columna (normalizar la columna), después realizar la suma de los elementos de cada fila (ya normalizados por columnas) y dividirlos entre el número de elementos de cada fila (o sea, realizar la media) y los normaliza dividiendo cada una de estas sumas entre la suma de las de todas las filas. El vector resultante es el que se use como vector de pesos.

La metodología AHP con la ponderación de índices se ha utilizado en distintas publicaciones con datos de indicadores de desarrollo sostenible para las multinacionales Henkel (Krajnc y Glavic, 2004), BP y Shell (Krajnc y Glavic, 2005).

Tras realizar cualquier análisis AHP, es necesario llevar a cabo un análisis de consistencia. Una matriz de comparaciones binarias es consistente cuando $a_{ij} = w_i \cdot w_j$, para todo i, j . Esto significa que a_{ij} (la importancia relativa de i frente a j) es exactamente el cociente w_i/w_j de sus pesos (sus importancias absolutas que tratamos de estimar).

Para realizar este análisis, primero se calcula Aw^T , multiplicando la matriz de comparaciones binaria (A) por la matriz transpuesta de los pesos (w^T).

Posteriormente, se calcula el autovector dominante de la siguiente forma:

$$\delta_{\text{máx}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\text{fila } i \text{ de } Aw^T}{\text{fila } i \text{ de } w^T}$$

A continuación, se calcula el índice de consistencia:

$$CI = \frac{\delta_{\text{máx}} - n}{n - 1}$$

siendo n el rango de la matriz A ($n \times n$)

Para ello, hay que buscar el índice aleatorio (RI) para el rango de la matriz (N), que se establece en la tabla 3.

Finalmente, se hace el cociente

que muestra la ratio de inconsistencia, que debe ser menor que 0,1 para que la consistencia de la matriz de comparaciones binarias sea aceptable.

2. Aplicación práctica

Tomando como referencia el trabajo realizado en 2010 por García y Báscones, en el artículo se han llevado a cabo los siguientes apartados:

Tratamiento y agregación de datos

Inicialmente se han considerado los datos obtenidos de la RCCA de referencia mencionados al inicio correspondientes al periodo comprendido entre el 15 de marzo y el 21 de junio entre los años 2016 y 2023. Este histórico de datos por contaminante, por estación de medida y por día se han descargado de la base de datos en formato MS Excel de la RCCA.

Esta información corresponde al periodo seleccionado que incluye 99 días por cada año, 10 contaminantes y 7 estaciones de medida. Una vez descargados los valores de los parámetros, más de 50.000 datos porque no en todas las estaciones se miden todos los parámetros, se han llevado a cabo los siguientes cuatro pasos:

- Paso 1. Eliminar de los ficheros Excel los valores anómalos identificados como dato erróneo (N), dato de mantenimiento de la estación de medida (M) y dato de calibración/verificación (C).
- Paso 2. Por periodos anuales, sacar promedio de cada contaminante para cada estación de medida. Finalmente, los datos por cada año serán 33 valores, dado que ninguna de las estaciones mide todos los contaminantes.
- Paso 3. Sacar promedio anual por cada contaminante. Con los valores que se han obtenido por contaminante se saca un promedio anual para cada uno de ellos. La tabla 4 es un resumen final.
- Paso 4. Normalizar la matriz de datos. En este paso se normalizan los datos obtenidos teniendo en cuenta que todos los indicadores son decrecientes, es decir, que lo que buscamos es obtener año a año un valor lo más bajo

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Ri	0	0	0,58	0,90	1,12	1,18	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Tabla 3. Valores del índice aleatorio para el rango de la matriz (Saaty, 1980).

Parámetro	Notación y unidad de medida	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Partículas en suspensión con tamaño inferior o igual a 10 micras	PM10 (µg/m³)	12,22	15,81	13,12	13,13	14,44	14,70	21,27	18,48
Partículas en suspensión con tamaño inferior o igual a 2,5 micras	PM2,5 (µg/m³)	7,88	10,32	8,80	9,03	8,38	9,90	11,84	8,09
Dióxido de azufre	SO ₂ (µg/m³)	5,98	7,08	3,47	5,11	5,00	6,88	6,30	7,44
Monóxido de nitrógeno	NO (µg/m³)	4,96	5,54	5,05	4,32	2,50	3,17	3,47	2,85
Dióxido de nitrógeno	NO ₂ (µg/m³)	14,47	16,61	14,89	13,21	7,45	12,17	12,06	10,45
Monóxido de carbono	CO (mg/m³)	0,20	0,31	0,41	0,47	0,41	0,42	0,44	0,25
Benceno	Benceno (µg/m³)	0,38	0,36	1,24	1,81	0,84	0,15	0,65	0,58
Tolueno	Tolueno (µg/m³)	0,75	0,84	2,43	2,94	2,53	2,23	2,60	2,17
Meta-xileno y para-xileno	MP-Xileno (µg/m³)	0,14	0,15	1,36	1,28	2,00	1,97	1,59	1,81
Etil-benceno	Etil-Benceno (µg/m³)	0,28	0,28	1,01	0,28	0,24	0,3	0,37	0,43
Orto-xileno	O-Xileno (µg/m³)	0,19	0,20	0,43	0,59	0,43	0,49	0,75	0,67
Ozono	O ₃ (µg/m³)	60,17	63,40	70,37	70,37	55,35	62,44	62,50	69,95

Tabla 4. Valores promedio por contaminante y año de la RCCA (elaboración propia).

Parámetro normalizado	Notación y unidad de medida	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Partículas en suspensión con tamaño inferior o igual a 10 micras	PM10 (µg/m³)	0,90	0,87	0,89	0,89	0,88	0,88	0,83	0,85
Partículas en suspensión con tamaño inferior o igual a 2,5 micras	PM2,5 (µg/m³)	0,89	0,86	0,88	0,88	0,89	0,85	0,87	0,84
Dióxido de azufre	SO ₂ (µg/m³)	0,87	0,85	0,93	0,89	0,89	0,85	0,87	0,84
Monóxido de nitrógeno	NO (µg/m³)	0,84	0,83	0,84	0,86	0,92	0,90	0,89	0,91
Dióxido de nitrógeno	NO ₂ (µg/m³)	0,86	0,84	0,85	0,87	0,93	0,88	0,88	0,90
Monóxido de carbono	CO (mg/m³)	0,93	0,89	0,86	0,84	0,86	0,86	0,85	0,91
Benceno	Benceno (µg/m³)	0,94	0,94	0,79	0,70	0,86	0,98	0,89	0,90
Tolueno	Tolueno (µg/m³)	0,95	0,95	0,85	0,82	0,85	0,86	0,84	0,87
Meta-xileno y para-xileno	MP-Xileno (µg/m³)	0,99	0,99	0,87	0,88	0,81	0,81	0,85	0,82
Etil-benceno	Etil-Benceno (µg/m³)	0,91	0,91	0,68	0,91	0,93	0,91	0,88	0,87
Orto-xileno	O-Xileno (µg/m³)	0,95	0,95	0,88	0,84	0,89	0,87	0,80	0,82
Ozono	O ₃ (µg/m³)	0,88	0,88	0,87	0,86	0,89	0,88	0,88	0,86

Tabla 5. Valores promedio por contaminante y año de la RCCA normalizado (elaboración propia).

posible. Para la normalización esto se interpreta como tender a la unidad. Cuanto más próximo esté un dato o un índice agregado a la unidad, mejor resultado será para ese parámetro medido. Para normalizar cada dato, se divide cada celda entre la suma de la fila y el valor resultante se resta de la unidad (tabla 5).

Análisis de los datos

Para la etapa de análisis de los datos, es necesario asignar los pesos a cada contaminante en función del resto y normalizar los valores. Para ello, se han llevado a cabo los siguientes dos pasos:

- Paso 1. Asignar los pesos a cada contaminante teniendo en cuenta entre sí su importancia en función de su nocividad y los valores límite exigidos en la legislación.

A continuación, es necesario asignar los pesos en función de lo detallado en la tabla 2 para comparar la importancia relativa entre unos contaminantes y otros. Con esta asignación de pesos se construye la matriz de pesos que es clave para el correcto desarrollo del método como luego se comprobará (tabla 6).

Esta asignación de pesos, que se realiza basada en la tabla 2, sirve para

la elaboración de la matriz de pesos como ya hemos comentado, se trata de una matriz simétrica (tabla 7).

- Paso 2. Normalizar los resultados utilizando cuatro métodos: pesos promedio, pesos mediante la raíz enésima, pesos mediante entropía y AHP. Se comprueba consistencia de los métodos.

Una vez que ya se dispone de la matriz de datos normalizada y de la matriz de pesos, se normalizan los resultados de manera global multiplicando la matriz de datos por la matriz de pesos de manera genérica. Como se van a utilizar cuatro métodos diferentes para la

Contaminante	PM10 (µg/m³)	PM2,5 (µg/m³)	SO ₂ (µg/m³)	NO (µg/m³)	NO ₂ (µg/m³)	CO (mg/m³)	Benceno (µg/m³)	Tolueno (µg/m³)	MP-Xileno (µg/m³)	Etil-Benceno (µg/m³)	O-Xileno (µg/m³)	O ₃ (µg/m³)
Peso asignado	1	2	1	2	2	2	3	3	3	3	3	3

Tabla 6. Asignación de pesos realizada (elaboración propia).

Matriz de pesos	PM10 (µg/m³)	PM2,5 (µg/m³)	SO ₂ (µg/m³)	NO (µg/m³)	NO ₂ (µg/m³)	CO (mg/m³)	Benceno (µg/m³)	Tolueno (µg/m³)	MP-Xileno (µg/m³)	Etil-Benceno (µg/m³)	O-Xileno (µg/m³)	O ₃ (µg/m³)
PM10 (µg/m³)	1,00	0,50	1,00	0,50	0,50	0,50	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
PM2,5 (µg/m³)	2,00	1,00	2,00	1,00	1,00	1,00	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67
SO ₂ (µg/m³)	1,00	0,50	1,00	0,50	0,50	0,50	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
NO (µg/m³)	2,00	1,00	2,00	1,00	1,00	1,00	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67
NO ₂ (µg/m³)	2,00	1,00	2,00	1,00	1,00	1,00	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67
CO (mg/m³)	2,00	1,00	2,00	1,00	1,00	1,00	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67
Benceno (µg/m³)	3,00	1,50	3,00	1,50	1,50	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Tolueno (µg/m³)	3,00	1,50	3,00	1,50	1,50	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
MP-Xileno (µg/m³)	3,00	1,50	3,00	1,50	1,50	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Etil-Benceno (µg/m³)	3,00	1,50	3,00	1,50	1,50	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
O-Xileno(µg/m³)	3,00	1,50	3,00	1,50	1,50	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
O ₃ (µg/m³)	3,00	1,50	3,00	1,50	1,50	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Suma	28,00	14,00	28,00	14,00	14,00	14,00	9,33	9,33	9,33	9,33	9,33	9,33

Tabla 7. Matriz de pesos (elaboración propia).

Matriz de pesos normalizada	PM10 (µg/m³)	PM2,5 (µg/m³)	SO ₂ (µg/m³)	NO (µg/m³)	NO ₂ (µg/m³)	CO (mg/m³)	Benceno (µg/m³)	Tolueno (µg/m³)	MP-Xileno (µg/m³)	Etil-Benceno (µg/m³)	O-Xileno (µg/m³)	O ₃ (µg/m³)	Suma
PM10 (µg/m³)	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
PM2,5 (µg/m³)	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
SO ₂ (µg/m³)	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
NO (µg/m³)	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
NO ₂ (µg/m³)	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
CO (mg/m³)	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Benceno (µg/m³)	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
Tolueno (µg/m³)	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
MP-Xileno (µg/m³)	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
Etil-Benceno (µg/m³)	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
O-Xileno(µg/m³)	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
O ₃ (µg/m³)	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
Suma	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1

Tabla 8. Matriz de pesos normalizada (elaboración propia).

Año	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Resultados pesos promedio	0,9176	0,9064	0,8408	0,8474	0,8790	0,8802	0,8587	0,8699

Tabla 9. Resultado del índice agregado según el método de pesos promedio (elaboración propia).

asignación de los pesos, en cada caso se hará de una forma diferente.

◦ Método 1: pesos promedio. En este método se calcula la matriz de pesos normalizada como primer paso (tabla 8).

A continuación, se multiplica de forma matricial la tabla 5 (valores promedio por contaminante y año de la RCCA normalizados) por la suma de la tabla 8 (matriz de pesos normalizada).

De esta manera, se obtienen los valores agregados de los índices por cada uno de los años usando el método de pesos ponderados, donde están representados cada uno de los 12 contami-

nantes de manera normalizada (tabla 9).

Al finalizar el método, se lleva a cabo el análisis de consistencia, obteniendo un CI = 0 y con un RI (12 datos) = 1,48 (tabla 3). Por tanto, el cociente CI/RI = 0; el método es consistente debido a que este número es menor de 0,1.

◦ Método 2: pesos mediante la raíz N-ésima. En este método como primer paso se hace una normalización de pesos a partir de la raíz n-ésima. Para ello, se multiplican las filas de la matriz de pesos normalizada, se calcula la raíz duodécima de estas filas y se normaliza el resultado de esta raíz (tabla 10).

A continuación, se multiplica de forma matricial la tabla 5 (valores promedio por contaminante y año de la RCCA normalizados) por la normalización de pesos de la tabla 10 (matriz de pesos normalizada a partir de la raíz n-ésima).

De esta manera, se obtienen los valores agregados de los índices por cada uno de los años usando el método de la raíz n-ésima, donde están representados cada uno de los 12 contaminantes de manera normalizada (tabla 11).

Al finalizar el método, se lleva a cabo el análisis de consistencia, y se obtiene un CI = 0 y con un RI (12 datos) = 1,48

Contaminante	Multiplicación por filas	Raíz n-ésima	Normalización pesos
PM10 (µg/m³)	8,57E-05	4,58E-01	3,57E-02
PM2,5 (µg/m³)	3,51E-01	9,16E-01	7,14E,02
SO ₂ (µg/m³)	8,57E-05	4,58E-01	3,57E-02
NO (µg/m³)	3,51E-01	9,16E-01	7,14E,02
NO ₂ (µg/m³)	3,51E-01	9,16E-01	7,14E,02
CO (mg/m³)	3,51E-01	9,16E-01	7,14E,02
Benceno (µg/m³)	45,5625	1,37E+00	1,07E-01
Tolueno (µg/m³)	45,5625	1,37E+00	1,07E-01
MP-Xileno (µg/m³)	45,5625	1,37E+00	1,07E-01
Etil-Benceno (µg/m³)	45,5625	1,37E+00	1,07E-01
O-Xileno(µg/m³)	45,5625	1,37E+00	1,07E-01
O ₃ (µg/m³)	45,5625	1,37E+00	1,07E-01

Tabla 10. Matriz de pesos normalizada mediante el método de la raíz n-ésima a partir de la tabla 7 - matriz de pesos (elaboración propia).

Año	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Resultado raíz n-ésima	0,9176	0,9064	0,8408	0,8474	0,8790	0,8802	0,8587	0,8699

Tabla 11. Resultado del índice agregado según el método de la raíz n-ésima (elaboración propia).

Parámetro normalizado	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Ej	Dj	Wj
PM10 (µg/m³)	0,90	0,87	0,89	0,89	0,88	0,88	0,83	0,85	0,45	0,55	0,082774
PM2,5 (µg/m³)	0,89	0,86	0,88	0,88	0,89	0,87	0,84	0,89	0,45	0,55	0,082687
SO ₂ (µg/m³)	0,87	0,85	0,93	0,89	0,89	0,85	0,87	0,84	0,45	0,55	0,082817
NO (µg/m³)	0,84	0,83	0,84	0,86	0,92	0,90	0,89	0,91	0,45	0,55	0,082960
NO ₂ (µg/m³)	0,86	0,84	0,85	0,87	0,93	0,88	0,88	0,90	0,45	0,55	0,082820
CO (mg/m³)	0,93	0,89	0,86	0,84	0,86	0,86	0,85	0,91	0,45	0,55	0,082908
Benceno (µg/m³)	0,94	0,94	0,79	0,70	0,86	0,98	0,89	0,90	0,43	0,57	0,085026
Tolueno (µg/m³)	0,95	0,95	0,85	0,82	0,85	0,86	0,84	0,87	0,44	0,56	0,083293
MP-Xileno (µg/m³)	0,99	0,99	0,87	0,88	0,81	0,81	0,85	0,82	0,44	0,56	0,084111
Etil-Benceno (µg/m³)	0,91	0,91	0,68	0,91	0,93	0,91	0,88	0,87	0,44	0,56	0,084550
O-Xileno(µg/m³)	0,95	0,95	0,88	0,84	0,89	0,87	0,80	0,82	0,44	0,56	0,083429
O ₃ (µg/m³)	0,88	0,88	0,87	0,86	0,89	0,88	0,88	0,86	0,45	0,55	0,082623

Tabla 12. Matriz de pesos normalizada a partir de la entropía (elaboración propia).

Año	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Resultado entropía	0,9104	0,8959	0,8501	0,8539	0,8821	0,8785	0,8582	0,8710

Tabla 13. Resultado del índice agregado según el método de la entropía (elaboración propia).

(tabla 3). Por tanto, el cociente CI/RI = 0; el método es consistente debido a que este número es menor de 0,1.

◦ Método 3: entropía. En este método, como primer paso se calcula la entropía E_j de cada criterio y, posteriormente, se calcula su correspondiente diversidad D_j . Finalmente, se normaliza a suma una las diversidades D_j y se obtienen los pesos buscados W_j (tabla 12).

◦ De esta manera, se obtienen los valores agregados de los índices por cada uno de los años usando el método de la entropía, en el que están representados cada uno de los 12 contaminantes de manera normalizada

(tabla 13).

Este método no es susceptible del cálculo de consistencia, dado que la matriz no es simétrica.

◦ Método 4: AHP. Para la obtención de los pesos, en este caso se ha utilizado el método AHP o de las jerarquías analíticas de Saaty, que consiste en dividir los elementos de cada columna entre la suma de esta columna (normalizar la columna). Después, se realiza la suma de los elementos de cada fila (ya normalizados por columnas) y se dividen entre el número de elementos de cada fila (o sea, se realiza la media) y se normalizan al dividir cada una de estas sumas entre la suma de las de todas las

filas. El vector resultante es el que se use como vector de pesos (tablas 14-16). Con el cálculo del mayor valor propio se lleva a cabo el análisis de consistencia y se obtiene un CI = - 0,1 con un RI (12 datos) = 1,48 (tabla 3). Por tanto, el cociente CI/RI = - 0,1; el método es consistente debido a que este número es menor de 0,1. De esta manera, se obtienen los valores agregados de los índices por cada uno de los años usando el método AHP, en el que están representados cada uno de los 12 contaminantes de manera normalizada (tabla 17).

Resultados objetivos

Finalmente, el último paso es establecer

Asignación de pesos en matriz	PM10 (µg/m³)	PM2,5 (µg/m³)	SO ₂ (µg/m³)	NO (µg/m³)	NO ₂ (µg/m³)	CO (mg/m³)	Benceno (µg/m³)	Tolueno (µg/m³)	MP-Xileno (µg/m³)	Etil-Benceno (µg/m³)	O-Xileno (µg/m³)	O ₃ (µg/m³)	Pesos (vector propio)
PM10 (µg/m³)	1,00	0,50	1,00	0,50	0,50	0,50	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	3,57E-02
PM2,5 (µg/m³)	2,00	1,00	2,00	1,00	1,00	1,00	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	7,14E-02
SO ₂ (µg/m³)	1,00	0,50	1,00	0,50	0,50	0,50	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	7,14E-02
NO (µg/m³)	2,00	1,00	2,00	1,00	1,00	1,00	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	7,14E-02
NO ₂ (µg/m³)	2,00	1,00	2,00	1,00	1,00	1,00	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	7,14E-02
CO (mg/m³)	2,00	1,00	2,00	1,00	1,00	1,00	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	7,14E-02
Benceno (µg/m³)	3,00	1,50	3,00	1,50	1,50	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,107142857
Tolueno (µg/m³)	3,00	1,50	3,00	1,50	1,50	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,107142857
MP-Xileno (µg/m³)	3,00	1,50	3,00	1,50	1,50	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,107142857
Etil-Benceno (µg/m³)	3,00	1,50	3,00	1,50	1,50	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,107142857
O-Xileno (µg/m³)	3,00	1,50	3,00	1,50	1,50	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,107142857
O ₃ (µg/m³)	3,00	1,50	3,00	1,50	1,50	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,107142857
Suma	28,00	14,00	28,00	14,00	14,00	14,00	9,33	9,33	9,33	9,33	9,33	9,33	

Tabla 14. Matriz de pesos (vector propio) a partir del método AHP (elaboración propia).

Matriz de pesos normalizados	Suma de las filas	Pesos (promedio de la suma de valores)
PM10 (µg/m³)	0,43	0,036
PM2,5 (µg/m³)	0,86	0,071
SO ₂ (µg/m³)	0,43	0,036
NO (µg/m³)	0,86	0,071
NO ₂ (µg/m³)	0,86	0,071
CO (mg/m³)	0,86	0,071
Benceno (µg/m³)	1,29	0,107
Tolueno (µg/m³)	1,29	0,107
MP-Xileno (µg/m³)	1,29	0,107
Etil-Benceno (µg/m³)	1,29	0,107
O-Xileno(µg/m³)	1,29	0,107
O ₃ (µg/m³)	1,29	0,107

Tabla 15. Matriz de pesos normalizada calculada por el método AHP (Elaboración propia) a partir de la tabla 8. Matriz de pesos normalizada (elaboración propia).

Contaminante	Promedio de la suma de pesos	Vector fila total	Pesos (Promedio de la suma de valores)	Cociente
PM10 (µg/m³)	0,028	0,16667	0,036	4,67
PM2,5 (µg/m³)	0,056	0,16667	0,071	9,33
SO ₂ (µg/m³)	0,028	0,16667	0,036	4,67
NO (µg/m³)	0,056	0,66667	0,071	9,33
NO ₂ (µg/m³)	0,056	0,66667	0,071	9,33
CO (mg/m³)	0,056	0,66667	0,071	9,33
Benceno (µg/m³)	0,083	1,50000	0,107	14,00
Tolueno (µg/m³)	0,083	1,50000	0,107	14,00
MP-Xileno (µg/m³)	0,083	1,50000	0,107	14,00
Etil-Benceno (µg/m³)	0,083	1,50000	0,107	14,00
O-Xileno(µg/m³)	0,083	1,50000	0,107	14,00
O ₃ (µg/m³)	0,083	1,50000	0,107	14,00
			Mayor valor propio (promedio cocientes)	10,89

Tabla 16. Matriz con el vector fila total y el mayor valor propio calculado por del método AHP a partir de la tabla 7 - matriz de pesos (elaboración propia).

Año	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Resultado AHP	0,9176	0,9064	0,8408	0,8474	0,8790	0,8802	0,8587	0,8699

Tabla 17. Resultado del índice agregado según el método AHP (elaboración propia).

Año	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Resultado pesos promedio	0,9176	0,9064	0,8408	0,8474	0,8790	0,8802	0,8587	0,8699
Resultado raíz n-ésima	0,9176	0,9064	0,8408	0,8474	0,8790	0,8802	0,8587	0,8699
Resultado entropía	0,9104	0,8959	0,8501	0,8539	0,8821	0,8785	0,8582	0,8710
Resultado AHP	0,9176	0,9064	0,8408	0,8474	0,8790	0,8802	0,8587	0,8699
PROMEDIO	0,9158	0,9038	0,8431	0,8490	0,8798	0,8798	0,8586	0,8702

Tabla 18. Promedio de los resultados de los 4 métodos de ayuda a la toma de decisión utilizados (elaboración propia).

Puesto en la clasificación	Año
1	2016
2	2017
3	2020
4	2021
5	2023
6	2022
7	2019
8	2018

Tabla 19. Clasificación de sostenibilidad por años atendiendo al valor promedio de la última fila de la tabla 18 (elaboración propia).

una clasificación de los índices para poder concluir el año más sostenible o, lo que es lo mismo, menos contaminante.

Una vez que se tienen los valores anuales normalizados y son validados por cada método, se comparan de mayor a menor. El resultado más alto es el año con mejor perfil ambiental o, lo que es lo mismo, con menor porcentaje global de contaminantes.

Para ello, se calcula el promedio de los resultados de los cuatro métodos utilizados previamente (tabla 19).

Atendiendo a los resultados promedio de los cuatro métodos, la clasificación de sostenibilidad sería la siguiente (tabla 19).

Conclusiones

Una vez que se han analizado los datos de la RCCA para los diferentes años, las conclusiones que se obtienen son las siguientes:

- Los métodos de ayuda a la toma de decisión permiten analizar series temporales de datos para establecer una lista, dado que los valores están normalizados y ponderados, lo que comprueba la robustez del estudio.
- Los cuatro métodos de ayuda a la toma de decisión utilizados arrojan resultados similares, por lo que el análisis es robusto.
- El método de la entropía es el único

que aporta resultados algo diferentes; los valores de los otros tres métodos son exactamente iguales, a pesar de tener fundamentos matemáticos diferentes.

• Según la tabla 19, se concluye lo siguiente:

- En contra de lo que inicialmente pudiera parecer, el periodo correspondiente al año 2016 es el más sostenible, dado que su índice agregado es el mayor de todos.
- El periodo del año 2020 (periodo del estado de alarma) es el tercero en la clasificación. Analizando los parámetros y comparándolos con otros años, se detectan valores bajos para el dióxido de azufre, monóxido de nitrógeno y dióxido de nitrógeno. En cambio, los parámetros de hidrocarburos policíclicos aromáticos y de ozono que pesan más en el análisis son medios-altos.
- El periodo del año 2018 es el menos sostenible, dado que su índice agregado es el menor de todos.

Bibliografía

Álvarez-Arenas, M. (2000): "Indicadores del Desarrollo Sostenible". *Ekonomi Gerizan*. N° 7: 114-131, Federación de Cajas de ahorros Vasco-Navarras, Bilbao.

Chiavenato, A. (2007): "Administración de

Recursos Humanos". McGraw-Hill Interamericana, Colombia.

García Vílchez, E.J., Sánchez Báscones, M.I. (2010): "Desarrollo del modelo de sostenibilidad integrado (M.S.I.) para la medida de la gestión sostenible de una industria de procesos: Aplicación al sector de fabricación de neumáticos". Universidad de Valladolid (España). Y/D Tesis 003933

Keeney, R. L. (1982): "Decision analysis. An Overview". Woodward-Clyde Consultants. San Francisco (California). doi:10.1057/jors.1982.89

Krajnc, D., Glavic, P. (2004): "A model for integrated assessment of Sustainable Development". *Resources, Conservation and Recycling*. Vol. 43, n° 2:189-208, Elsevier Ltd.

Krajnc, D., Glavic, P. (2005): "How to compare companies on relevant dimensions of sustainability". *Ecological Economics*. Vol. 55, n° 4: 551-553. Elsevier Ltd.

Quijano, A, Orozco, J.A. (2005): "Monitoreo de material particulado-fracción respirable (PM2,5) en Pamplona (Colombia)". *Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*. Vol. 3, n° 2: 1-11.

Saaty, T.L. (1980): "The Analytic Hierarchy Process". McGraw-Hill, New York.

Saaty, T.L. (1982): "Decision making with the analytic hierarchy process". *International Journal of Services Sciences*. Vol.1, n° 1:83-98, Pittsburgh (Pensilvania).

Simon, H. (1960): "The new Science of Management Decision". Harper & Row, New York.

Venkata Rao, R. (2007): "Decision making in the manufacturing environment. Using graph theory and fuzzy multi attribute decision making". Springer-Verlag, London.

Web del Ayuntamiento de Valladolid (<https://www.valladolid.es/es/rccava>). Consultada entre el 01/02/2023 y el 31/07/2023.

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

El 74% del sector considera que el debilitamiento de la industria española se debe a cuestiones estructurales

Según se desprende de la encuesta del Barómetro Industrial 2023 del COGITI, realizada a cerca de 3.000 ingenieros de la rama industrial, la mayoría de los profesionales encuestados considera que la situación actual se debe más a cuestiones estructurales que coyunturales.

La demanda en la industria española se debilita y los expertos advierten de una amenaza de “desaceleración intensa” en la eurozona, ya que la industria ha sufrido la mayor contracción en los 3 últimos años. A este respecto, el 74% de los profesionales del sector considera que se debe a una situación estructural (España es, cada vez más, una economía de servicios, con baja productividad, con la competencia de países extracomunitarios, el elevado endeudamiento público, desempleo, inflación, etc.), frente al 26% que opina que es coyuntural, es decir, aquella que se refiere a la incertidumbre provocada por la formación de Gobierno, la desaceleración de la demanda externa u otros factores externos que generan inestabilidad.

Esta es una de las principales conclusiones que pueden extraerse del VII Barómetro Industrial del COGITI – Cátedra Internacional COGITI de Ingeniería y Política Industrial (UCAM), correspondiente a 2023, que cuenta con la colaboración de la Fundación Caja de Ingenieros, e incluye también el informe “Una perspectiva económica de la situación de la industria en España (2023)”, elaborado por el Servicio de Estudios del Consejo General de Economistas de España (CGE), y que se presentaron el pasado 8 de febrero en un acto celebrado en un formato mixto (presencial y telemático).

En la presentación del VII Barómetro Industrial han participado representantes de ambas organizaciones. Por parte del COGITI, su presidente, José Antonio Galdón (director, a su vez, de la Cátedra Internacional COGITI de Ingeniería y Política Industrial –UCAM–), y la coordinadora del Barómetro, Mónica Ramírez, que presentó las principales conclusiones; y por parte del CGE, su presidente, Valentín Pich, y el director del Servicio de Estudios del CGE y coordinador del informe de los economistas, Salvador Marín. Ha cerrado el acto, el nuevo director general de Estrategia Industrial y de la Pequeña y Mediana Empresa del Ministerio de Industria y Turismo, Jordi García Brustenga.

En su intervención, el presidente del COGITI, José Antonio Galdón, ha destacado “la mejora de la percepción por parte



José Antonio Galdón, presidente de COGITI, comienza la presentación del VII Barómetro Industrial, acompañado de Jordi García, director general de Estrategia Industrial y de la Pyme; Valentín Pich, presidente del Consejo General de Economistas, y Mónica Ramírez, coordinadora del VII Barómetro Industrial.

de los profesionales, pese a que aprecian problemas estructurales en el sector industrial, que deberían ser afrontados en una nueva Ley de Industria, que, entre otras cuestiones, debería apostar por la autonomía estratégica y considerar las zonas despobladas como eje del nuevo desarrollo industrial que dé soporte a la transición energética y la descarbonización de la economía”. Además, Galdón ha incidido en el alto grado de compromiso del sector con la sostenibilidad.

Por su parte, el presidente del CGE, Valentín Pich, ha señalado que “la recuperación de la industria española está siendo más débil de lo que se podría esperar, incluso muestra señales de ralentización, pues los últimos datos disponibles muestran que en 2022 aún no se había llegado a recuperar aún el nivel prepandemia, y que somos el cuarto país de la UE que menos ha crecido desde 2015”. “Bien es cierto –ha añadido Pich– que el Valor Añadido Bruto de nuestra industria ha aumentado un 14,49% y también el número de empresas del sector (un 1,24%), pero en ambos aspectos lo hemos hecho por debajo de la media de la UE”.

Por último, el presidente de los economistas considera que la puesta en marcha de la nueva Ley de Industria “no se puede dilatar más en el tiempo, pues es necesario contar con un nuevo marco normativo que recoja la situación actual de la industria en España”. A este respecto, ha hecho hincapié en la “necesidad de que esta ley incluya programas específicos para aquellos sub-

sectores que pueden ayudar a mitigar problemas de primera magnitud para nuestro país, como es el de la escasez de agua”. En este sentido, Pich ha llamado la atención sobre “el pobre comportamiento del subsector del suministro de agua, actividades de saneamiento, gestión de residuos y descontaminación, que, a precios corrientes, ha presentado el menor crecimiento del sector, perdiendo aún más peso dentro de nuestro tejido industrial, y quedándose por debajo del 7% del VAB total”.

Por otra parte, el director del Servicio de Estudios CGE y coordinador del Informe de los economistas, Salvador Marín, ha centrado su intervención en destacar que “la contribución de cada comunidad autónoma en la producción del total del sector industrial muestra que es Cataluña la comunidad autónoma que más contribuye al total de la industria nacional con un 21,68%, seguida de un grupo de comunidades autónomas formadas por Madrid, Andalucía y Valencia con una contribución de alrededor del 11-12%. En el extremo inferior aparece un grupo formado por seis comunidades autónomas: Baleares, Canarias, Cantabria, Asturias, Extremadura y La Rioja, con una contribución inferior al 2,5%”. Junto a este análisis, Marín ha centrado la última parte de su exposición en señalar el comportamiento de diversos índices de coyuntura, mostrando que “debemos estar muy atentos a las señales de desaceleración que nos avanzan estos indicadores sectoriales”.

Más información en www.cogiti.es.

La Ingeniería Técnica reclama una Ley de la Ingeniería que ponga orden a la situación actual

El INGITE (Instituto de Graduados en Ingeniería e Ingenieros Técnicos de España), del que forma parte el COGITI, ha hecho público el informe "Análisis de los Estudios de Ingeniería en España", con los datos que arrojan las estadísticas que ofrece el Ministerio de Universidades en relación a los matriculados y egresados en las titulaciones de Ingeniería.

Los datos que se desprenden, entre otros, son los siguientes:

- Las vocaciones en Ingeniería (alumnos matriculados) descienden un 40% en los últimos 20 años (del curso 2002-2003 al curso 2022-2023).
- Mientras que el número de títulos de Grado en Ingeniería (1074) representan el 24,3% del total, y los títulos de Máster (1.158) el 21% del total, los matriculados en Ingeniería son el 12,72% y los egresados en Ingeniería el 7,5% del total de las titulaciones universitarias, reduciéndose a la mitad en los últimos 20 años.
- Proliferan las titulaciones de Grado en Ingeniería no habilitantes (458), habiendo aumentado un 48,2% en los últimos 8 años.
- Ya hay más de 200.000, entre titulados y matriculados en Grados de Ingeniería no habili-

tantes, que no pueden ejercer como ingenieros, generando frustración, pérdida de oportunidad y nuevos sacrificios, lo que no ocurre con el resto de titulados europeos que vienen a España.

- La tasa de abandono en los Grados de Ingeniería se sitúa cercana al 50%.

Es por ello que, desde el INGITE, se solicita una Ley de la Ingeniería que, entre otras cuestiones, recoja lo siguiente:

- Se proteja el nombre de las titulaciones en Ingeniería a aquellas que cumplan con unos contenidos mínimos y que, a su vez, permitan el acceso a las profesiones reguladas, ya sea de forma total o parcial. (No existen titulaciones de Farmacia, Veterinaria, Enfermería, Medicina, Derecho, etc., que luego no te permitan acceder a dichas profesiones).
- Se actualicen las atribuciones profesionales de los titulados en Ingeniería de las diferentes ramas, de tal forma que estén basadas en competencias y no en el uso, además de que habrán de recoger las competencias individuales de los profesionales, adquiridas a través de la experiencia y la formación continua; estableciendo un modelo dinámico y competitivo de

atribuciones profesionales, con procedimientos objetivos y desde las corporaciones colegiales.

- Se elimine la enorme e improductiva conflictividad en materia de atribuciones profesionales entre las Ingenierías, y entre la Ingeniería y la Arquitectura, con modelos basados en la responsabilidad y las competencias individuales.
- Se confluya en un único y moderno nivel profesional de Ingeniería como en el resto de los países a nivel mundial, con base en las titulaciones de Grado y el DPC (Desarrollo Profesional Continuo).
- Se construya una estructura colegial que aglutine todas las ramas de la Ingeniería, y que entre todos se ponga en valor la Ingeniería como instrumento fundamental para el desarrollo de la sociedad.
- Que consiga mejorar las condiciones laborales y profesionales de los/as Ingenieros/as, acordes con la responsabilidad y el esfuerzo en el acceso a dichas profesiones.
- Que impulse las materias de tecnología en secundaria y bachillerato y que dé visibilidad a la Ingeniería en su conjunto.

Más información en www.cogiti.es.

Cincuenta años de la Ley de Colegios Profesionales al servicio de la sociedad



La historia de los colegios profesionales está ligada a la incipiente existencia de gremios, que poco a poco fueron ganando independencia del poder político para la libre regulación de sus propias actividades profesionales, y poder garantizar así una mejor prestación de sus servicios a la sociedad.

La funcionalidad y el interés general de los colegios profesionales se sustenta, por tanto, en un doble objetivo: la protección de los profesionales en el desempeño de su trabajo, por un lado, y la garantía de que los ciudadanos dispongan de servicios y profesionales independientes, con la capacidad de

ofrecer las mejores condiciones para realizar su labor, por otro.

Son fines esenciales de estas corporaciones la ordenación del ejercicio de las profesiones, la representación institucional exclusiva de las mismas cuando estén sujetas a colegiación obligatoria, la defensa de los intereses profesionales de los colegiados y la protección de los intereses de los consumidores y usuarios de los servicios de sus colegiados.

Desde su aprobación en 1974, la ley sobre colegios profesionales ha sido objeto de diversas modificaciones a lo largo de estos años: en 1979, 1996, 1997, 1999, 2000, 2009, 2012, y la últi-

ma actualización data de 2020.

El presidente del Consejo General de Colegios de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de España (COGITI), José Antonio Galdón Ruíz, celebra los 50 años de una ley "que ha evolucionado de forma conjunta con la sociedad, y refuerza el papel esencial de los Colegios Profesionales para ofrecer las certidumbres y la seguridad que necesitan los ciudadanos, y el apoyo y estímulo que, a su vez, requieren los profesionales en su camino hacia la excelencia".

"Los Colegios son la columna vertebral de una sociedad de derechos y deberes, y como tal, fueron recogidos en la Constitución Española, como modelo de garantía en los servicios profesionales; por ello, además de felicitar a todos los equipos humanos que trabajan diariamente en los Colegios y, por supuesto, a los colegiados, debemos seguir trabajando y evolucionando para ofrecer los mejores servicios y, sobre todo, siendo un motor de progreso y una fuente de opinión profesional e imparcial, para abordar los retos que tenemos como sociedad", señala.

El presidente de COGITI recibe el Premio a la Excelencia en Defensa de la Industria

El presidente del Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España (COGITI), José Antonio Galdón Ruiz, ha recibido el Premio a la Excelencia en los VI Premios de Capital Radio, por su enorme implicación mediática a favor del tejido industrial. El jurado ha tenido en cuenta las numerosas actuaciones llevadas a cabo para promocionar y tratar de mejorar el sector, como el Barómetro Industrial, que se realiza desde 2017, los premios de innovación que se convocan a través de la Fundación Técnica Industrial, y la visión siempre constructiva y divulgativa que comparte con los numerosos agentes sociales y entidades del sector.

La gala de entrega de los VI Premios de Capital Radio se celebró el pasado 28 de febrero, con el reconocimiento a una decena de empresas y profesionales que destacan por su innovación, sostenibilidad, internacionalización y compromiso social. Se trata de una distinción a la profesionalidad y excelencia de actores clave en el tejido productivo español.

Galdón recibió el Premio de manos de Matilde Pelegrí, presidenta del Grupo Senda. En su intervención,



José Antonio Galdón, presidente de COGITI, recibe el Reconocimiento Especial a la Excelencia en Defensa de la Industria, de manos de Matilde Pelegrí, presidenta del Grupo Senda.

fundamentó su defensa del sector industrial en el origen de su profesión, la Ingeniería Técnica Industrial, recordando su creación en el año 1850, como esencial para dar soporte al incipiente tejido industrial que comenzaba en España, habiendo evolucionado de forma conjunta, y destacó que el sector industrial es el origen del desarrollo y la prosperidad, y la base de la sociedad de derechos y libertades de la que dis-

frutamos.

“Para fortalecer el sector -señaló- es necesario que todos nos concienciamos de las bondades que ofrece la industria, siendo imprescindible para alcanzar la autonomía estratégica que necesita cualquier economía”, por lo que abogó por incidir en los problemas estructurales que afectan al sector y propiciar una mejora competitiva y de alto valor añadido.

El Foro de Seguridad Industrial pide actualizar la Ley de Industria



Reunión (presencial y telemática) del Foro de Seguridad Industrial, el pasado 5 de marzo, en la sede del COGITI.

Tras más de 30 años sin modificar la ley principal del sector industrial, el Foro de Seguridad Industrial (FSI), del que forma parte el COGITI junto a otras entidades de este ámbito, considera que “se hace absolutamente necesario un ajuste y adaptación al nuevo escenario tecnológico y económico que viven nuestras empresas e industrias en la actualidad”.

El FSI destaca el momento clave actual

para el tejido empresarial industrial, que se reflejaba en un anteproyecto de nueva Ley de Industria, y que quedó pendiente de alcanzar su meta final en la anterior legislatura. Es por ello, que el FSI solicita al Gobierno que retome esta tarea con la prioridad máxima posible.

En opinión del FSI, desde el año 1992, la Ley de Industria que hasta la fecha reguló los aspectos más importantes

del sector industrial, no se adaptó al escenario económico y tecnológico en continua evolución, por lo que la aprobación de la nueva Ley de Industria supone un importante avance para el desarrollo a futuro de la seguridad industrial, presente en todos los aspectos sociales y económicos de la ciudadanía.

Entre las propuestas elaboradas por el FSI y presentadas a la Administración en su momento, destacan la información, concienciación y divulgación, a los ciudadanos, de las prescripciones establecidas en los reglamentos de seguridad industrial; la actualización e inclusión de todas las empresas habilitadas en el Registro Integrado Industrial y la confección de estadísticas que afecten al sector de la Seguridad Industrial, o la vigilancia del mercado en la comercialización de productos y servicios que afectan a la seguridad industrial, entre otras. Más información en www.cogiti.es.

La Ingeniería Técnica ofrece su colaboración y opinión técnica a diputados y senadores

La Junta de Gobierno del Instituto de Graduados en Ingeniería e Ingenieros Técnicos de España (INGITE), cuyo pre-

sidente es José Antonio Galdón Ruiz (presidente de COGITI y decano de COGITIM), se reunió el pasado 21 de febre-

ro con diversos diputados y senadores ingenieros técnicos y graduados en ingeniería, para ofrecerles su colaboración y opinión técnica en las diferentes comisiones e iniciativas legislativas, aprovechando que hacía poco que había comenzado la legislatura. También les explicaron las actuaciones que se llevan a cabo desde el INGITE, instituto que representa a todos los graduados en Ingeniería e Ingenieros técnicos de España.

Por su parte, los diputados y senadores, que escucharon con preocupación algunas de las cuestiones planteadas, pusieron a su disposición las comisiones en las que trabajan, para que el INGITE pueda participar en ellas, cuando proceda.



José Antonio Galdón, presidente de INGITE y COGITI, comienza la reunión con diputados y senadores, todos ellos ingenieros técnicos y graduados en Ingeniería.

El COGITI participa en una jornada de la feria internacional GENERA

José Antonio Galdón, presidente del Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España (COGITI), participó el pasado 6 de febrero en una jornada dedicada a "Los aspectos clave del colectivo de empresas instaladoras en el proceso de electrificación", en la que se ha hablado sobre seguridad industrial, la importancia del mantenimiento de las instalaciones, y las oportunidades que ofrece la electrificación para el tejido empresarial, entre otras cuestiones.

La jornada estaba organizada por FENIE, la Federación Nacional de Empresas de Instalaciones Eléctricas, de Telecomunicaciones y Climatización de España, junto con Matelec, en el marco de Genera, la feria Internacional de Energía y Medioambiente, que se ha celebrado en IFEMA Madrid.

El presidente de COGITI participó concretamente en la primera mesa de la jornada, sobre "Mantenimiento y seguridad industrial. Binomio fundamental del proceso de electrificación", moderada por Jesús Román, secretario general de FENIE.

José Antonio Galdón estuvo acompañado en la mesa por José Manuel Prieto, subdirector general de Calidad y Seguridad Industrial del Ministerio de Industria y Turismo; Enrique del Valle, presidente de la comisión de Industria de FENIE, y Alberto Bernárdez, presidente de honor de FEDAOC.

Galdón puso de relieve el envejecimiento del parque inmobiliario de nuestro país, donde hay más de 10 millones de viviendas con una antigüedad superior a los 45 años y que, por tanto, necesitan una actualización y mejora de las instalaciones, en el caso de que no se haya

realizado. También incidió en el riesgo que conllevan unas instalaciones eléctricas obsoletas y mal mantenidas, teniendo en cuenta que el 30% de los incendios que se producen son debidos a fallos eléctricos, a consecuencia de deficiencias en las instalaciones.

Todos los ponentes de la mesa coincidieron en la necesidad de concienciar a los ciudadanos sobre la importancia de llevar a cabo un mantenimiento correcto de las instalaciones, por su seguridad, y de cumplir los reglamentos que hay en esta materia, que muchas veces no se cumplen por el propio desconocimiento del usuario. En este sentido, Galdón señaló que "hay que ser capaces de comunicar mucho mejor porque el desconocimiento de la ley no exime de su cumplimiento".

Enrique del Valle, presidente de la comisión de Industria de FENIE, advertía de que "hay que hacer un mantenimiento de las instalaciones en alta tensión y en baja; se hacen en pocos sitios porque no se solicita, y no son conscientes de

la importancia del correcto mantenimiento para los usuarios". A lo que José Manuel Prieto, subdirector general de Calidad y Seguridad Industrial del Ministerio de Industria y Turismo, añadía que "es un trabajo de todos establecer la labor preventiva, nuestra vía es trabajar mucho en la concienciación".

En esta misma línea se manifestaba Alberto Bernárdez, presidente de honor de FEDAOC, al asegurar que "el organismo no debería ser el que está detrás del titular, debería ser la concienciación del usuario sobre el mantenimiento de sus instalaciones para la seguridad de su casa". A este respecto, los participantes de la mesa también destacaron la labor de FENIE en la divulgación del mantenimiento de las instalaciones destacando el desarrollo de un documento, en colaboración con organizaciones del sector, que aglutina las obligaciones reglamentarias vinculadas a las instalaciones que conforma un edificio.



José Antonio Galdón, presidente de COGITI, participa en la jornada organizada por FENIE.

Alfonso Castro Rodríguez

Presidente de la Asociación Estatal de Representantes de Alumnos de Ingenierías en el Ámbito Industrial (AERRAITI)

“Es un gran momento para estudiar una ingeniería de la rama industrial, por la alta demanda de nuestros perfiles”

Mónica Ramírez

A finales de la década de los años 80, del siglo XX, nació una asociación estudiantil denominada Asamblea Nacional de Estudiantes de Ingeniería Técnica Industrial. Tras unos años de trabajo conjunto, en la que destacan los logros conseguidos y la experiencia adquirida, se constituye, el 22 de octubre de 1994, en la EUITI de Barcelona, la Asociación Estatal de Representantes de Alumnos de Ingeniería Técnica Industrial, precursora de la actual AERRAITI, que adopta su denominación definitiva, Asociación Estatal de Representantes de Alumnos de Ingenierías en el Ámbito Industrial, en abril de 2014.

Desde entonces, numerosos estudiantes han formado parte de las diferentes Juntas de Gobierno de la asociación, con el objetivo común de conseguir mejoras en su formación y de cara a su futuro profesional como ingenieros. De ahí que la relación con los Colegios Oficiales de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales, y con su Consejo General, haya sido siempre de estrecha colaboración.

Alfonso Castro Rodríguez, presidente de la AERRAITI desde marzo de 2023, cuando fue elegido para dicho cargo en el marco del LXVIII Congreso, celebrado en Ciudad Real, nos habla a lo largo de esta entrevista de las principales inquietudes y objetivos más inmediatos de la asociación.

Cuando está a punto de cumplirse un año de tu elección como presidente de la AERRAITI, ¿cuál es balance de este primer año?

Creo que el balance de este año ha sido positivo. Uno de los objetivos que nos hemos fijados ha sido fortalecer la colaboración con el resto de sectoriales de Ingeniería. A lo largo de estos meses, hemos tenido la oportunidad de colaborar con RITISI (informática) y el CEET (telecomunicaciones), participando en mesas redondas y ponencias, y en sus



Alfonso Castro Rodríguez

“Actualmente revisamos la relación empresa-universidad”

actividades. A finales de abril confío en poder tener firmado un convenio de colaboración para formalizar la relación que hemos tenido estos meses.

En cuanto al trabajo interno, creo que hemos conseguido continuar el nivel de actividad que venimos teniendo durante los últimos años. Aunque se nos han quedado algunos proyectos en el tintero, que estamos trabajando para poder tener listos antes del LXI Congreso, que tendrá lugar en Ferrol a mediados de abril.

¿Cómo fue tu incorporación a la asociación?

Es curioso, porque mi incorporación a la asociación fue un imprevisto de última hora. En aquel momento yo estaba muy involucrado con la representación en mi centro, y cuando se pidieron voluntarios para ir al Congreso de Alme-

ría, ni siquiera me planteé ir. A pocos días de salir, una de mis compañeras se puso enferma y el delegado me convenció para acudir en su lugar.

En Almería me enamoré de la asociación, de su labor y de la gente que participaba. A partir de entonces, desde mi delegación decidimos tener una mayor implicación con la sectorial, participando en las comisiones y organizando un congreso. Recuerdo con mucho cariño esa primera toma de contacto, y es un ‘giro del destino’ del que estoy muy agradecido.

¿Cuáles son las principales inquietudes y reivindicaciones que lleváis a cabo desde la AERRAITI?

Nosotros tenemos una línea de reivindicaciones que se mantienen comunes a lo largo del tiempo, como puede ser la relación entre los centros y las empresas, la garantía de la calidad de los estudios o la internacionalización. Son parte de una lucha de mejora continua que siempre son tema de debate en nuestros congresos. Actualmente nos encontramos revisando uno de nuestros posicionamientos con respecto a la relación empresa-universidad, con especial foco en las prácticas y la implementación de los grados duales, en los que parte del currículo se desarrolla en la propia empresa, impartiendo los conocimientos teóricos en paralelo con la práctica.

Además de estos temas inherentes a la representación estudiantil, también tratamos de estar muy pendientes de los cambios legislativos que nos afecten como estudiantes o como futuros profesionales, para poder aportar nuestro punto de vista durante los periodos de exposición pública. Recientemente remitimos una enmienda al proyecto de ley en el que se matizaban las ramas de conocimiento del RD 822/2021, que quedó en el aire con las elecciones, y estamos a la espera de ver cuál es el rumbo que toma el nuevo Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades.

En tu opinión, ¿debería haber una mayor relación entre la universidad y las empresas, especialmente en materia de prácticas y en la incorporación de los graduados al mundo laboral?

Las prácticas en empresa deberían ser una parte fundamental en la transición entre la vida académica y la vida laboral de nuestros estudiantes universitarios. Es una fórmula que permite que la empresa incorpore a futuros profesionales a sus vacantes durante unos meses, y en la que comprobar que ambos están conformes y cumplen con las expectativas del otro.

Sin embargo, en la actualidad estas prácticas se convierten en muchos casos en un trámite o una formalidad para la obtención del título, o en una fórmula para que las empresas ahorren en costes salariales, utilizando a los estudiantes como mano de obra para tareas básicas de administración. Creo que tanto escuelas como empresas deberían realizar un esfuerzo para poder sacar el máximo partido de una excelente oportunidad como son las prácticas en empresa.

En la actualidad, estás cursando cuarto curso del Grado en Ingeniería en Organización Industrial, en la intensificación de Producción y Logística, en la Escola de Enxeñería Industrial de la Universidade de Vigo. ¿Qué te llevó a estudiar una Ingeniería?

Aunque me planteé estudiar Ciencias Políticas y Relaciones Internacionales, siempre me gustaron las asignaturas técnicas y las TIC, así que decidí seguir los pasos de mi padre, que siempre ha trabajado en protocolos de comunicación en red, y comencé el Grado en Ingeniería de Telecomunicaciones. Sin embargo, durante mi etapa como estudiante allí, entré en el equipo de Formula Student de mi universidad, UVigo Motorsport, que estaba muy vinculado con la Escuela de Ingeniería Industrial. Tras pasar un año rodeado de estudiantes de todas las ramas de industriales, me di cuenta de que la Organización Industrial era algo que despertaba en mí mucha más pasión que las telecomunicaciones, y decidí cambiarme de grado.

¿Estos estudios están cumpliendo tus expectativas? ¿Qué aspectos se tendrían que mejorar?

En general, diría que tenemos unos estudios de calidad, que funcionan y que forman ingenieros resolutivos y capacitados. Sin embargo, en las últimas década-

das hemos vivido unas grandes y rápidas transformaciones sociales e industriales, como la globalización o el cambio a un Espacio Europeo de Educación Superior, con el famoso 'Plan Bolonia'. Creo que estos cambios nos han dejado unos desafíos que sólo se pueden responder en clave internacional, como la cooperación en la docencia y la investigación, la estandarización de las titulaciones y los conocimientos o los retos que afronta la industria española por la fuerte competencia de los mercados globales.

¿Qué metas y objetivos te planteas de cara a tu trayectoria profesional? ¿Cuáles son tus aspiraciones profesionales cuando finalices tus estudios?

Las ingenierías de ámbito industrial, y en especial la Organización Industrial, abren un amplio abanico de oportunidades en diferentes sectores, desde la gestión de la cadena de suministro hasta la optimización de procesos y la consultoría empresarial. Me gustaría aprovechar mis primeros pasos en la industria para experimentar en diversos campos y descubrir cuál se alinea mejor con mis habilidades y pasiones. En un primer lugar, me gustaría poder poner en práctica los conocimientos de mejora continua, sobre todo en lo referente a la optimización de procesos. Algo que tengo claro es que quiero seguir complementando mi formación en aquellos campos que más disfrute, para poder mantenerme al día y aportar una visión más informada y experta.

¿Qué percepción tienes de la profesión de ingeniero de la rama industrial en el momento actual?

Creo que es un gran momento para estudiar ingeniería industrial; los perfiles de nuestras ramas tienen una alta demanda por parte del mercado laboral, y creo que en los próximos años se cotizarán aún más nuestros perfiles. Las políticas de la UE, como la relocalización de la industria manufacturera o las políticas de descarbonización, van a ir acompañadas de un gran crecimiento y desarrollo de las industrias productivas y de generación de energía. Esto

“Estamos pendientes de los cambios legislativos que nos afectan”

también arrastrará a toda la industria auxiliar y las necesidades de desarrollo de infraestructura de distribución y transporte de energía y bienes.

Desde el Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España (COGITI) y los colegios profesionales siempre se intenta transmitir a los alumnos que cuando finalicéis vuestros estudios no estaréis solos al iniciar vuestra carrera profesional, ya que contaréis con los Colegios de vuestra demarcación para ayudarlos y asesorarlos. ¿Cómo percibís los alumnos la labor que se realiza desde los colegios profesionales?

El COGITI siempre ha sido excepcionalmente generoso con la AERRAITI, y siempre está pendiente de nuestras reivindicaciones y de acompañarnos y apoyarnos en nuestras actividades. Yo creo que todos los alumnos que tienen la oportunidad de conocer el trabajo del Consejo General y de los colegios valoran de forma muy positiva su labor y trabajo de defensa de las ingenierías de ámbito industrial.

A finales del pasado año, la Ingeniería Técnica, a través del INGITE, reunió a representantes de alumnos y directores de Escuela para poner en común cuestiones que afectan a profesionales, estudiantes y docentes, ¿cómo fue la experiencia?

Entender y valorar la diversidad de puntos de vista sobre un mismo problema es esencial para el progreso, la innovación y la justicia en cualquier campo, y la ingeniería no es una excepción. Haber podido participar en este encuentro ha resultado ser una experiencia extremadamente enriquecedora, donde hemos podido aprender de las experiencias únicas de cada participante. Cada uno, desde nuestra experiencia única, nuestros conocimientos y enfoques particulares, hemos podido aportar nuestra visión, permitiéndonos alcanzar como grupo una reflexión mucho más creativa, conciliadora e integradora.

La colaboración entre profesionales, educadores y estudiantes crea un ambiente propicio para el aprendizaje mutuo, y espero de corazón que estos espacios de diálogo multidisciplinario sigan teniendo lugar en el futuro, permitiéndonos abordar los problemas desde diferentes ángulos, y llegar a acuerdos más robustos, informados y que nos hagan avanzar como sociedad.

70 años de historia consolidan a Técnica Industrial como publicación de referencia de la ingeniería e industria españolas

La revista Técnica Industrial nació en 1952 como órgano oficial de la Asociación Nacional de Peritos Industriales, que se había constituido en torno al año 1924. Desde 1998 es editada por la Fundación Técnica Industrial, vinculada a su vez al Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial (COGITI), que junto con los 49 Colegios de Graduados a Ingenieros Técnicos Industriales y la Unión de Asociaciones de Ingenieros Técnicos Industriales y Graduados en Ingeniería de la Rama Industrial de España (UAIITIE) actúan como patronos de la Fundación.

En estas siete décadas de existencia de la revista Técnica Industrial, cabe destacar que, en sus inicios, su edición se correspondía con los estándares de publicación de la época, con una edición más rudimentaria, en blanco y negro, salvo la portada de la revista, y sus contenidos se centraban fundamentalmente en artículos técnicos, y en un espacio dedicado a la formación de los profesionales. En esta primera etapa, fue esencial la colaboración voluntaria del colectivo profesional, con la aportación de interesantes artículos, centrados principalmente en temas e investigaciones relacionados con la ingeniería de la rama industrial.

En el primer número de la revista, publicado en marzo de 1952, y en aquel entonces con una periodicidad trimestral, se hacía toda una declaración de intenciones de lo que pretendía ser Técnica Industrial: "Las páginas de esta publicación que hacen los peritos industriales de España se abren, por primera vez, con el deseo de cooperar intelectualmente con aquellos conocimientos que hace ahora cien años tienen puestos al servicio de la industria española. Los peritos industriales han sentido desde el primer momento la necesidad de que una industria eficaz contribuya a elevar el nivel de vida de España". Y así ha seguido siendo, hasta constituirse en "La revista de la Ingeniería española".

La estela iniciada por los peritos industriales de aquella época, continuó con los Ingenieros Técnicos Industriales, a los que se sumaron, posteriormente, ya con la implantación del Plan Bolonia y del Espacio Europeo de Educación Superior, los Ingenieros/as graduados/as en Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electrónica Industrial y Automática, Ingeniería Química Industrial, y otros Graduados/as en Ingeniería de la rama industrial que cumplan la Orden CIN 351/2009.

Evolución de la revista

Tras el periodo inicial, en posteriores eta-

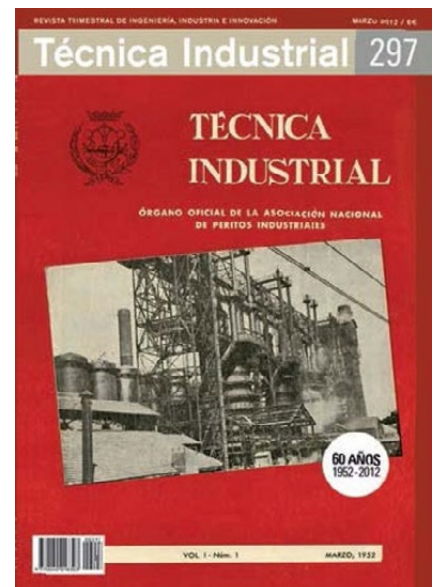
pas, la revista comienza a experimentar un excelente cambio en sus contenidos, ya que, sin olvidar los citados artículos técnicos, empiezan a aparecer también entrevistas y reportajes de actualidad sobre temas relacionados con la innovación y la tecnología, de una índole más periodística, y con modificaciones en el propio diseño de la publicación, logrando un aspecto más vanguardista.

La llegada del siglo XXI supuso, del mismo modo, una apuesta decidida por un nuevo cambio, más ambicioso todavía, y se propuso una ampliación de miras, con la sección de "Ingeniería y Humanidades". En estas páginas se publicaban amplias entrevistas a relevantes personalidades del mundo de la empresa industrial, pero también de la investigación y de la cultura, como el físico y premio Príncipe de Asturias Federico García Moliner, el filósofo Jesús Mosterín, la bióloga molecular Margarita Salas, el paleontólogo Eudald Carbonell y el matemático Manuel de León, entre otras muchas; así como artículos sobre historia, cultura o viajes, entre otros.

Más recientemente, en el primer número de 2019, comenzaba otra etapa de la revista, y nacía la sección de "Ingenieros en la historia", con el fin de dar a conocer el importante legado que han dejado a la humanidad destacados ingenieros a lo largo del tiempo.

De esa época data también la sección "Ingenieras destacadas", que tiene como objetivo dar a conocer a la sociedad y poner en valor el trabajo que desempeñan estas grandes profesionales de la Ingeniería, y al mismo tiempo servir de referente para otras ingenieras que están comenzando su trayectoria profesional, y despertar vocaciones hacia carreras técnicas, las denominadas STEM, por parte de las alumnas de educación secundaria.

En este periplo de más de 70 años



Portada de la primera revista Técnica Industrial (publicada en marzo de 1952), utilizada de nuevo como portada en el n° 297 para conmemorar el 60 aniversario de la publicación.

y 337 números publicados hasta el momento (marzo de 2024), la revista ha alternado la periodicidad bimestral, trimestral y cuatrimestral, con tiradas que en algunas etapas llegaron a superar los 65.000 ejemplares impresos, un número que descendió de forma considerable con la irrupción de Internet y el formato digital de la revista.

En este sentido, desde 2010, todo el contenido de la revista se publica, además de en papel, también en Internet, en el portal www.tecnicaindustrial.es. Otro punto de inflexión fue el año 2020, cuando sobrevino la pandemia mundial del Covid-19, y se decidió dejar todo el contenido en abierto, incluido el archivo histórico de la revista; de tal manera que en la actualidad se puede descargar por todo aquel que lo desee, ya que la publicación está abierta a toda la sociedad.

La revista tiene, por tanto, un formato, tanto digital (con el envío, además, de la newsletter a unos 30.000 usua-



Evolución de las portadas de la revista Técnica Industrial, desde la década de los años 1950, cuando comenzó su publicación, hasta la primera década del siglo XXI.

rios), como impreso (con una tirada habitual de unos 7.000 ejemplares, salvo algún número especial editado con una tirada mayor), con una periodicidad cuatrimestral.

Artículos técnicos y de investigación

Desde sus orígenes, Técnica Industrial se ha estructurado en torno a un núcleo de artículos técnicos, que constituyen la columna dorsal de la revista, y una base fundamental y representativa del conocimiento técnico o know how de la profesión. En los centenares de artículos publicados a lo largo de todos estos años, se han recogido innumerables resultados de la práctica profesional, trabajos originales de equipos de investigación de las empresas y la universidad, revisiones de infinidad de temas de interés técnico, y artículos sobre innovación tecnológica y empresarial, además de numerosos textos de opinión relacionados con la industria, la ingeniería y la innovación.

Desde su creación, los diferentes directores con los que ha contado la revista han ido dejando su impronta en la publicación, adaptándose a las tendencias y a los tiempos que tocaban vivir en cada momento. Técnica Industrial ha tenido como directores

res a Eduardo Serrano Cerezo (1952-1973), Luis Mir Sánchez (1974-1980), Elías Cruz Atienza (1981-1983), Mariano Muñoz Miguelláñez (1983-1986), José Carlos de Santiago Quintela (coordinador, 1986- 1987), Antonio de Santiago Gutiérrez (1987-1992), Gonzalo Casino (1993-2018) y Mónica Ramírez (desde 2018).

Revista científica

En 2011, la publicación dio un paso más que, sin duda, fue muy importante y supuso la consolidación de la misma como revista científica, gracias a la implantación de un sistema de revisión por expertos (revisión por pares) de los manuscritos recibidos, para garantizar el rigor y la calidad de los artículos. Este procedimiento, lejos de ser un freno para los autores, constituye un estímulo para enviar trabajos de investigación a Técnica Industrial, habida cuenta de que lograrán una mayor credibilidad, reconocimiento internacional y visibilidad.

En este sentido, guarda una considerable relevancia el hecho de que la revista esté indexada en las principales bases de datos, repertorios o catálogos de revistas científicas de consulta mundial, como Google Scholar (Google Académico), EBSCO, Ca-

tálogo Latindex, ICYT – Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Catálogo colectivo de Rebiun, o Compludoc, entre otras.

Compromiso con la innovación y la vanguardia tecnológica

Como complemento a los artículos técnicos, la revista también ha prestado especial atención a la innovación, las novedades y la información tecnológica de actualidad, haciendo un hueco, asimismo, para las humanidades, desde el convencimiento de que la profesión debe estar conectada con la sociedad.

En las páginas de Técnica Industrial se han publicado entrevistas a relevantes personalidades del ámbito industrial, empresarial y académico, así como de la investigación y de las nuevas tendencias tecnológicas; junto a amplios reportajes y artículos referentes, por ejemplo, a la Inteligencia Artificial, la transición energética, la sostenibilidad, la economía circular, las ingenierías médica, militar y ferroviaria, o el patrimonio industrial, entre muchos otros.

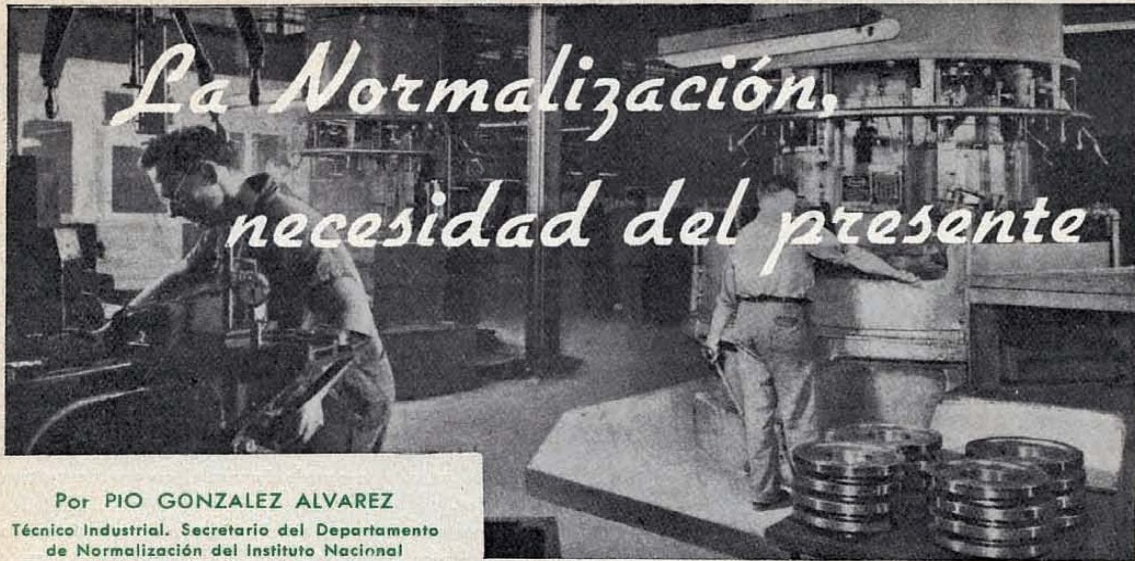
Además, la revista ha tenido en su punto de mira las actividades e iniciativas emprendidas por sus instituciones, desde los propios colegios profesionales, distribuidos por toda la geografía española, hasta el Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España (COGITI) y la Unión de Asociaciones de Ingenieros Técnicos Industriales y Graduados en Ingeniería de la Rama Industrial de España (UAIIE).

Como el presidente de la Fundación Técnica Industria, José Antonio Galdón Ruiz, ha destacado en alguna ocasión, "sus 337 números editados hasta la fecha refrendan el compromiso firme y sin fisuras de la Ingeniería Técnica Industrial por ofrecer una publicación actualizada y adaptada a los nuevos tiempos, sin olvidar a los graduados e ingenieros técnicos que con su trabajo contribuyen a mejorar la calidad de vida de las personas y a lograr una sociedad cada vez más desarrollada y sostenible, como se pretende también reflejar en las páginas de nuestra revista, a través de artículos técnicos de calidad, reportajes, entrevistas, informes, etc."

A ello hay que sumar una vocación de mejora editorial permanente para atender las necesidades de conocimiento y formación de un colectivo que actualmente cuenta con más de 70.000 profesionales colegiados.

Premios a los mejores artículos técnicos

Cada dos años, la Fundación Técnica Indus-



Por **PIO GONZALEZ ALVAREZ**
 Técnico Industrial. Secretario del Departamento
 de Normalización del Instituto Nacional
 de Racionalización del Trabajo.
 C.D.658.516

CUANTO más alta sea la técnica empleada y más laboriosos sean los procesos de fabricación, en la industrialización de un país, más necesarias son las directrices científicas que encaucen aquella y dirijan éstos, para producir más, mejor y económico, que son las bases sobre las que se asienta el progreso económico-social de los pueblos. Pues bien la *racionalización del trabajo*, con sus dos grandes ramas, la *normalización* y la *organización científica del trabajo*, cumple esta misión rectora; de poco servirán los colosales esfuerzos del maquinismo de la hora presente si no estuvieran dirigidos por una base científica, sin la cual no se hubieran llegado a producir.

De las dos grandes ramas de la *racionalización del trabajo*, la *normalización* es la que ocupa el primer lugar, ya que para poder organizar la producción lo primero que se necesita es conocer la forma y dimensiones del objeto a fabricar, la materia de que ha de hacerse, sus características: mecánicas, químicas, eléctricas, etc., en una palabra, *la norma* que determine las condiciones de fabricación, teniendo en cuenta que los requisitos exigidos sean los técnicamente mejores y más económicos, que es, en definitiva, el fin primordial que persigue. Más tarde viene la *Organización Científica del Trabajo*, y sienta las bases de la producción partiendo de la norma del producto a fabricar. En la vida industrial estas dos ramas se simultanean, ya que unas veces nace la norma, que la Organización Científica del Trabajo aplica, y otros, al pretender organizar científicamente un proceso industrial, suprimiendo tipos, surge la necesidad de normalizarlo para conseguirlo técnicamente mejor; así complementándose contribuyen a la mejora de la producción.

Nunca como hoy se ha dejado sentir tanto la necesidad de crear normas aplicadas a los grandes procesos industriales para mejor servir y acelerar éstos y sin los cuales sería de todo punto imposible que aquéllos se pro-

dujeran. La colosal industria automovilística, la eléctrica, la química, las grandes fabricaciones en serie, son obra de minuciosos estudios normativos, que les permiten producir cantidades fabulosas a precios económicos.

Las países que marchan a la cabeza de la industrialización y por ende a la de la civilización, disponen de numerosos organismos que gastan cuantiosas sumas para la producción de normas; unas veces con carácter general y otras específicas para cada industria y disponen en la actualidad de un cuerpo de normas tan extenso, que abarca todas las manifestaciones de la vida humana. Ale-



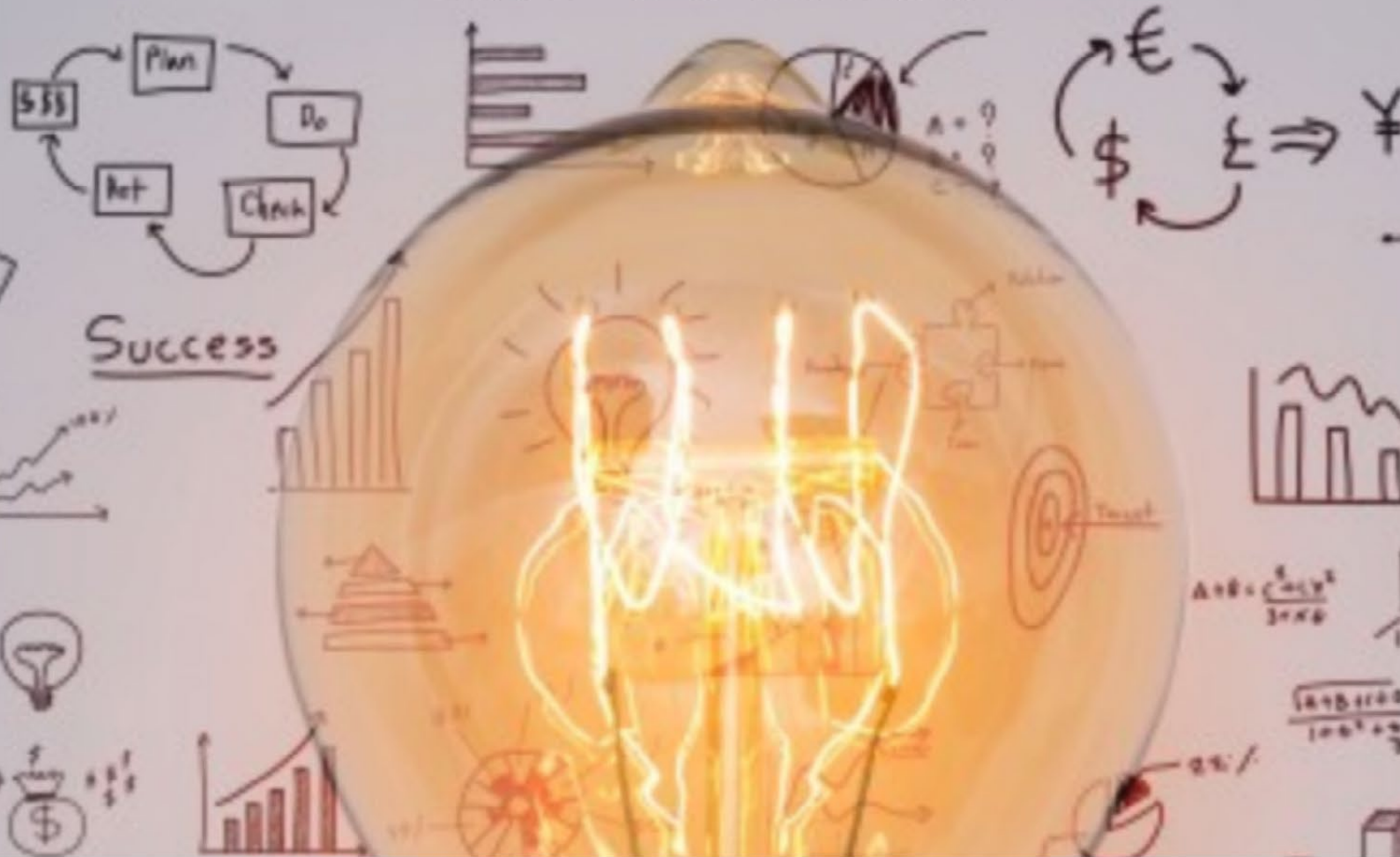
Primera página del artículo técnico "La normalización, necesidad del presente", de Pio González Álvarez, Ingeniero Técnico Industrial y secretario del Departamento de Normalización del Instituto Nacional de Racionalización del Trabajo, publicado en el primer número de la revista Técnica Industrial (marzo de 1952).

trial (editora de la revista) entrega los "Premios a los mejores artículos técnicos", cuya finalidad nace de sus propios estatutos, que señalan como objetivo primordial "la promoción, el desarrollo, la protección y el fomento de la investigación científica y técnica en el

campo industrial". El origen de los premios se sitúa en la década de los años 1950, y su denominación ha ido variando a lo largo de los años. Este año se ha convocado una nueva edición de los premios, y el jurado calificador

evaluará los artículos técnicos publicados en la revista Técnica Industrial, entre los números 328 y 336. Cabe destacar la calidad de los trabajos premiados y, en general, de todos los artículos que se publican en la revista.

PREMIO FUNDACIÓN TÉCNICA INDUSTRIAL



**A LA INNOVACIÓN
TECNOLÓGICA,
EMPRESARIAL Y
SOSTENIBILIDAD**

WWW.FUNDACIONTINDUSTRIAL.ES

Mónica Ariño Castellano

Ingeniera Técnica Industrial y responsable local en Derichebourg España

“La principal dificultad con la que me encuentro todos los días es la retención del talento, la regulación gubernamental y la demanda de sostenibilidad”

Mónica Ramírez

Nuestra “ingeniera destacada” en este número de la revista Técnica Industrial dirige dos plantas de reciclaje de baterías del Grupo Derichebourg, además de liderar el proyecto de ampliación de la planta de Albalate del Arzobispo, en la provincia de Teruel. Entre sus principales funciones se encuentran las de planificar, dirigir y coordinar todas las actividades tanto de este centro, como con la Dirección General de la empresa, con sede en Madrid.

En el terreno profesional, destaca como un reto primordial “asegurar la eficiencia operativa y la rentabilidad a largo plazo” de dicho centro de trabajo, mientras que, en el plano personal, y no por ello menos importante, manifiesta “la necesidad de equilibrar su vida personal con la profesional”.

Mónica Ariño forma parte del elenco de ingenieras que han sido elegidas para participar en la iniciativa “Mujeres ingenieras de éxito y su impacto en el desarrollo industrial”, el programa que hace varios años puso en marcha la Unión de Asociaciones de Ingenieros Técnicos Industriales y Graduados en Ingeniería de la rama industrial de España (UAITIE), y que incluye la exposición itinerante “Mujeres ingenieras de éxito”, que recorre los distintos Colegios Oficiales de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de España.

¿Qué le hizo decidirse por estudiar Ingeniería Técnica Industrial en especialidad Química?

En Bachiller empecé a interesarme por las ciencias medioambientales y mi plan era hacer el primer ciclo de



Mónica Ariño Castellano

Ingeniería Técnica, para posteriormente cursar el segundo ciclo de Ciencias Ambientales, pero durante el estudio de la Ingeniería Técnica comprobé que donde realmente me encontraba cómoda era en las asignaturas relacionadas con el mundo industrial, de forma que encaminé mi formación hacia allí.

“Mis funciones principales son planificar, dirigir y coordinar las actividades del centro y con la Dirección General”

En 2006, al finalizar sus estudios de Ingeniería, completó su formación con las titulaciones de máster en Gestión de Calidad y Técnico en Prevención de Riesgos laborales, iniciando así su trayectoria en este ámbito profesional, ¿cómo fueron los comienzos en esta primera etapa?

Mi primer trabajo fue a través de unas prácticas como parte de la formación del máster en Gestión de Calidad. Al finalizarlas, me ofrecieron continuar trabajando en una empresa familiar de construcción, y allí comencé mi trayectoria profesional. Mientras trabajaba en Construcciones Hermanos Ortillés me matriculé a distancia en el máster en Prevención de Riesgos Laborales. Siempre tuve claro que quería trabajar en un entorno más industrial que la construcción, por lo que seguí buscando empleo, y antes de finalizar el máster en Prevención de Riesgos comencé a trabajar en lo que aquellos años se llamaba Recobat, y ahora Derichebourg, como coordinadora de medioambiente y prevención. Mi comienzo laboral fue duro porque estudiar y trabajar a la vez requiere de un gran esfuerzo y capacidad de trabajo, pero a la vez fueron años muy gratificantes para mí, puesto que aprendí mucho en poco tiempo.

Como ha indicado, posteriormente se incorporó a Derichebourg España, filial del Grupo Derichebourg Environnement, especializada en el tratamiento de productos de consumo fuera de uso, así como en la gestión integral de residuos industriales y en la recuperación de chatarras, en general, ¿cómo fue

su incorporación y su evolución en este grupo empresarial?

Mi incorporación fue en el departamento de Medioambiente y Prevención, y uno de mis primeros objetivos fue la implantación y certificación del sistema de gestión de calidad y medioambiente. La planta de Albalate, donde me incorporé, llevaba menos de dos años en funcionamiento y había mucho por hacer. En menos de un año pasé a encargarme de los temas de medioambiente y prevención de las dos plantas que tenía Recobat, Pina y Albalate, y poco más de un año después me ofrecieron el puesto de responsable de Producción y adjunta a dirección de la planta de Albalate del Arzobispo. Desde el año 2008 al año 2019, cuando quedé embarazada, desempeñé ese puesto en la planta de Albalate, y seguí formándome en Gestión de Innovación y Dirección de Empresas.

“Los Ingenieros Técnicos Industriales jugamos un papel muy importante en el desarrollo de métodos de trabajo”

¿Qué cargo ocupa en la actualidad en Derichebourg España? ¿Qué funciones desempeña principalmente?

A finales de 2020, tras incorporarme después de mi baja de maternidad, por cuestiones organizativas, tuve la oportunidad de asumir la dirección de ambas plantas de reciclaje de baterías del Grupo Derichebourg, además de liderar el proyecto de ampliación de la planta de Albalate del Arzobispo. Actualmente la planta de Pina de Ebro se encuentra en cierre temporal, y mis funciones se centran en la planta de Albalate, donde ocupó el puesto de responsable local. Mis funciones principales son planificar, dirigir y coordinar todas las actividades del centro y con la Dirección General de la empresa, que se encuentra en Madrid.

¿Cuáles son los principales retos y dificultades con los que se encuentra a la hora de desempeñar su trabajo?

La principal dificultad con la que me encuentro todos los días es la

retención del talento, la regulación gubernamental y la demanda de sostenibilidad, unida a la responsabilidad social corporativa. Considero que en estos momentos es un problema generalizado en el mundo empresarial, pero el tema del personal, en nuestro caso se encuentra agravado por llevar a cabo nuestra actividad en un entorno rural, donde muchas veces es difícil encontrar ciertos perfiles más especializados. En cuanto a mi principal reto en estos momentos está en la necesidad de equilibrar mi vida personal con la profesional.

¿Qué es lo que más le gusta de su trabajo?

Lo que más me gusta es el trabajo en equipo, encontrarme con retos de manera habitual e implantar soluciones que nos faciliten y mejoren el trabajo día a día.

¿Cuáles son sus próximos proyectos?

Mis próximos proyectos están encaminados a optimizar la actividad productiva y procedimientos de trabajo del centro de Albalate del Arzobispo. Hace poco más de un año pusimos en marcha una segunda línea de fusión en la que aumentamos en más de un 50% la producción de la planta. Ahora nuestro principal reto es asegurar la eficiencia operativa y rentabilidad a largo plazo. Esto implica optimizar los procesos de producción, gestionar adecuadamente los recursos humanos, mantener estándares de calidad consistentes y adaptarse a los cambios en el entorno empresarial y tecnológico para mantener la competitividad. Además, un cambio legislativo a nivel europeo en la Directiva relativa a la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos, durante el trabajo modificará a corto plazo los valores de plomo ambientales y de sangre. La adaptación a esta nueva normativa implicará grandes cambios en nuestro sector, en los que ya nos encontramos trabajando.

¿Cómo cree que evolucionará este sector empresarial en los próximos años?

Probablemente los próximos años vayan a estar marcados por una digitalización y automatización de todos los sectores, donde la inteligencia artificial cambiará

muchas formas de trabajar habituales a día de hoy.

¿Qué valor añadido considera que pueden aportar los ingenieros de la rama industrial en este ámbito profesional?

Los ingenieros técnicos industriales podemos jugar un papel muy importante en el desarrollo de métodos de trabajo y diseño de herramientas para mejorar las condiciones de trabajo. En nuestro caso, con especial importancia en el desarrollo de ambientes de trabajo con mejores condiciones de seguridad e higiene.

A pesar de la importante demanda de ingenieros por parte de las empresas (el índice de desempleo en esta profesión es prácticamente nulo), en la actualidad se detecta una falta de vocaciones a la hora de decidirse por carreras técnicas, ¿a qué piensa que es debido?

Las carreras técnicas pueden ser percibidas como difíciles o aburridas; además, a menudo requieren de un nivel más alto en habilidades matemáticas y científicas, así como una formación específica, lo que puede resultar disuasorio para muchos estudiantes. La falta de referentes y modelos a seguir actuales, también puede hacer que los estudiantes no se sientan motivados a elegir este tipo de estudios.

¿Qué medidas o iniciativas se podrían llevar a cabo para cambiar esta situación?

Creo que asignaturas más prácticas en etapas más tempranas, o incluso colaboraciones del mundo empresarial con colegios o institutos, podrían ayudar a dar otra visión acerca de este tipo de estudios. Programas educativos y experiencias prácticas, en colaboración con la industria, estableciendo asociaciones que desarrollen programas de aprendizaje y ofrezcan becas para el estudio de estas ramas.

Lo más importante es que las nuevas generaciones tengan acceso a información y referentes de calidad, destacar ejemplos de éxito en campos técnicos y tecnológicos, creando referentes para ellos donde puedan ver el impacto positivo que estas personas tienen en nuestra sociedad.

MADRID

>> Gran éxito de GENERA, la feria sobre energía y medio ambiente



La Feria Internacional de Energía y Medioambiente (GENERA), organizada por IFEMA Madrid y con el apoyo del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), se ha celebrado el pasado mes de febrero, durante los días 6, 7 y 8. Con un total de 500 expositores en los 24.000 metros cuadrados repartidos en los pabellones 9 y 10 del recinto madrileño, esta cita, que versa sobre energía y medio ambiente, ha obtenido un récord de asistencia, con más de 35.000 visitantes, un 15% más que en la edición anterior. En la jornada inaugural participó tanto el presidente del Gobierno, Pedro Sánchez, como la ministra para la Transición Ecológica y Reto Demográfico, Teresa Ribera.

Asimismo, en el marco de esta feria, la Federación Nacional de Empresas de Instalaciones Eléctricas, de Telecomunicaciones y Climatización de España (FENIE) organizó, el 6 de febrero, una jornada titulada “Los aspectos clave del colectivo de empresas instaladoras en el proceso de electrificación”, en la que se habló sobre seguridad industrial, la importancia del mantenimiento de las instalaciones, y las oportunidades que ofrece la electrificación para el tejido empresarial, entre otras cuestiones. En ella participó el presidente del Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España (COGITI), José Antonio Galdón Ruiz. En concreto, Galdón formó parte de la mesa redonda titulada “Mantenimiento y seguridad industrial. Binomio fundamental del proceso de electrificación”, que estuvo moderada por Jesús Román, secretario general de FENIE.

Del mismo modo, el presidente de COGITI estuvo acompañado en la mesa por José Manuel Prieto, subdirector general de Calidad y Seguridad Industrial del Ministerio de Industria y Turismo; Enrique del Valle, presidente de la comisión de Industria de FENIE, y Alberto Bernárdez, presidente de honor de FEDAO.

Galdón puso de relieve el envejecimiento del parque inmobiliario de nuestro país, donde hay más de 10 millones de viviendas con una antigüedad superior a los 45 años y que, por tanto, necesitan una actualización y mejora de las instalaciones, en el caso de que no se haya realizado. También incidió en el riesgo que conllevan unas instalaciones eléctricas obsoletas y mal mantenidas, teniendo en cuenta que el 30% de los incendios que se producen son debidos a fallos eléctricos, a consecuencia de deficiencias en las instalaciones.

Con cifras récord de expositores y superficie, así como de actividades, ya se prepara la próxima edición de la feria, que se celebrará en noviembre de 2025. De nuevo, la ubicación será la misma, el recinto ferial de IFEMA de Madrid, y será su edición número 28.

FRANKFURT

>> Techtextil 2024, la feria líder en la industria textil



Del 23 al 26 de abril se celebrará, en Messe Frankfurt, la feria internacional líder en textiles técnicos y no tejidos, Techtextil 2024. Como cada año, más de 1.300 expositores de 48 países, y casi 27.500 visitantes de 97 naciones diferentes, asisten a esta gran cita en la ciudad alemana de Frankfurt, funcionando como una plataforma para los usuarios y fabricantes de textiles técnicos y tejidos del mundo.

En esta feria se pretende abordar el tema de la digitalización en la industria textil en lo que a innovación se refiere, así como los retos a los que se enfrenta actualmente este sector, las novedades o el futuro digital de la industria textil, entre otras cuestiones relevantes.

De igual forma, Techtextil se celebra de forma paralela a Texprocess, el evento líder en la industria del ámbito de la confección y el procesamiento de textiles. Ambas son puntos de encuentro para innovaciones, soluciones textiles y redes. Con más de 1.600 expositores de alrededor de 50 países, Techtextil y Texprocess reflejarán el extraordinario grado de innovación que prevalece en los sectores, en donde los expositores internacionales presentarán todo el espectro de textiles técnicos, no tejidos, textiles para ropa funcional y tecnologías textiles.

Texprocess es la plataforma internacional para expositores de lo último en maquinaria, equipos, procesos y servicios para la fabricación de prendas de vestir, así como de materiales textiles y flexibles. La gama de productos que se podrán ver abarca desde tecnología y materiales de costura, tecnología de bordado, fijación, CAD/CAM y corte hasta tecnologías de reciclaje y mucho más.

Los visitantes podrán ver las propuestas de Carrington Textiles de Gran Bretaña, Concordia Textiles de Bélgica, Everest Textile de Taiwán, Kuraray de Japón, Kusumgar Corporates de India, Groz-Beckert, Outlast Technologies y Sandler de Alemania como expositores en Techtextil; y ASTAS de Turquía, FK Group de Italia, Kai Corporation y Tajima Industries de Japón, Amann & Söhne, Assyst/Style3D, bullmer, Brother Internationale Industriemaschinen y Dürkopp Adler de Alemania, en Texprocess.

Por su parte, la confederación de la industria textil – TEXFOR, junto con ICEX España Exportación e Inversiones, en el marco del Plan Sectorial 2024, han organizado una participación agrupada en la feria.

Asimismo, los visitantes que quieran ampliar sus conocimientos, descubrir los últimos resultados de investigación, nuevos desarrollos de productos e innovaciones progresivas no deben perderse el Techtextil Forum, en el pabellón 9.1, y el Texprocess Forum, en el pabellón 9.0.

Allí se desarrollará un completo programa sobre los temas más recientes e innovadores, transferencia de conocimientos e intercambio de ideas e información, con expertos de renombre de la investigación y la industria. El espectro de temas tratados en el Foro Techtextil abarca desde materiales fun-

cionales de base biológica hasta textiles inteligentes. Por su parte, en el Foro Texprocess se aborda desde la automatización hasta las cadenas de suministro. Los buenos resultados que acompañan a Techtextil y a Texprocess manifiestan el extraordinario grado de innovación que impera en estos sectores.

HANNOVER

>> Hannover Messe, la feria líder mundial de tecnología industrial



Del 22 al 26 de abril se celebrará Hannover Messe, la principal cita de la industria a nivel mundial, en la que empresas del ámbito de la ingeniería mecánica, ingeniería eléctrica e industrias digitales, así como del sector energético, se van a reunir para presentar las soluciones para esta industria, que se encuentra en alto rendimiento, y en la que la sostenibilidad es un asunto muy importante a tratar.

En este caso, serán más de 4.000 las empresas que se congregarán como un ecosistema industrial interconectado, y demostrarán cómo puede lograrse la neutralidad climática mediante la electrificación, la digitalización y la automatización.

BARCELONA

>> Advanced Factories, la cita anual de la innovación industrial que aboga por la IA



La transformación de la industria es un hecho, y en Advanced Factories son conscientes de ello. Por ello, en la octava edición del congreso, que llega del 9 al 11 de abril a la Gran Fira de Barcelona, la Inteligencia Artificial tendrá un papel destacado. Sin duda, el desarrollo de todas las ediciones anteriores ha hecho que Advanced Factories se catapulte como la cita anual sobre la innovación industrial, y considerado además como el evento líder en automatización, robótica industrial e industria 4.0 del sur de Europa.

“Bajo el lema ‘Integrating Automation Systems’, queremos dar un paso más allá en la transformación de la industria y abordar la integración de todos los equipos, sistemas y tecnologías para potenciar la competitividad de las plantas de producción”, señala Victor Blanc, Event Manager de Advanced Factories. Por ello, durante las tres jornadas de duración de esta cita en la ciudad condal, más de 560 firmas expositoras presentarán las novedades en sistemas de automatización industrial, robótica, fabricación aditiva, inteligencia artificial, gemelo digital, analítica de datos, ciberse-

guridad o sistemas integrados de producción, entre muchas otras soluciones.

Como se indicaba, la Inteligencia Artificial (IA) será uno de los ejes vertebradores del Industry 4.0. Congress de esta edición. Expertos en el ámbito compartirán como la IA generativa puede impulsar la innovación, la eficiencia operativa y la ventaja competitiva en las pymes. También se analizará el uso de la IA y los algoritmos de Machine Learning para predecir posibles fallos antes de que estos ocurran, y el uso de la visión artificial para el control de calidad durante la fabricación, además de explorar en detalle la nueva Ley de Inteligencia Artificial, pionera en la Unión Europea, que busca regular el uso de esta tecnología en los diferentes sectores industriales.

Precisamente, dentro del Industry Congress 4.0. se darán cita más de 320 expertos internacionales, que compartirán cuáles son los cinco grandes ejes de la transformación digital de la industria: Inteligencia Artificial, Big Data, IoT, robótica y ciberseguridad. Además, abordarán el impacto de estas tecnologías en diferentes industrias como la automoción, la electrónica, la movilidad, la alimentación, el sector textil, energético o incluso, el sector farmacéutico.

“El uso de los datos para generar mejores experiencias de cliente, la utilización de la inteligencia artificial para hacer mucho más eficientes los procesos empresariales, la mutación de los productos a servicios para generar nuevos modelos de negocio y, especialmente, la búsqueda de la excelencia en los equipos humanos, son aspectos fundamentales para abordar con éxito el desafío digital que supone este momento de disrupción actual”, apunta Roger Casellas, nuevo director del programa del Industry 4.0 Congress.

En este sentido, el congreso presentará casos de éxito de empresas que están evolucionando hacia modelos de negocio orientados a servicios, aprovechando tecnologías digitales como el IoT, la IA y la analítica de datos, para ofrecer soluciones orientadas a resultados y experiencias personalizadas a los clientes.

Pero no solo se hablará de Inteligencia Artificial, la robótica y su integración, así como la automatización en diversos aspectos operativos y el impacto que ha tenido a la hora de mejorar estándares de seguridad en las plantas de producción también tendrá su espacio en esta gran cita, reflejando que la robótica es fundamental para automatizar tareas peligrosas o rutinarias, implementar sistemas de monitoreo en tiempo real para prevenir accidentes, y conseguir mayor flexibilidad en la producción, llevando a la industria a un nuevo nivel de eficiencia y adaptabilidad a las demandas actuales del mercado.

Relacionado con los datos, la ciberseguridad también será un tema central del Industry 4.0 Congress, que explorará las estrategias y prácticas más actuales para salvaguardar las instalaciones industriales y los sistemas de producción contra ataques cibernéticos. Asimismo, se analizará cómo los CIOs (Chief Information Officer o responsable de los sistemas y de las tecnologías de la información de una empresa) pueden liderar la implementación de estas medidas robustas de seguridad, y la importancia de las organizaciones de adherirse a las regulaciones y estándares para proteger sus datos, mitigar riesgos y garantizar la privacidad en un entorno cada vez más digitalizado.

HUELVA

>> Pionera y exitosa cita del I Congreso Nacional de Hidrógeno Verde



El I Congreso Nacional de Hidrógeno Verde, celebrado en Huelva el pasado mes de febrero, del 7 al 9, y promovido por la Federación Onubense de Empresarios (FOE), ha congregado a la gran industria a nivel nacional. De igual forma, en sus ponencias se han desglosado todos los factores que afectan de manera directa a la implantación del hidrógeno verde como forma de producción industrial.

Esta gran cita en la ciudad andaluza ha contado con más de 900 personas acreditadas, más de 300 empresas y ha superado la cantidad de 60 ponentes, así como representantes de hasta 20 asociaciones nacionales, 10 internacionales y clústeres y valles nacionales unificados. Sin duda, un respaldo unánime de los sectores del Hidrógeno Verde y de las energías renovables, lo que ha supuesto una gran oportunidad para poner en valor el destacado protagonismo del hidrógeno verde en el desarrollo de la actividad económica.

Se trata de la primera edición de este certamen, pionero en España, donde la transición ecológica y la gran oportunidad que ofrece el hidrógeno a la hora de crear riqueza y empleo ha estado de manifiesto en los días que ha durado este evento, celebrado en el Palacio de Congresos Casa Colón de Huelva.

El I Congreso Nacional de Hidrógeno Verde ha contado con el patrocinio de las empresas líderes de la industria energética, tales como Cepsa, Siemens Energy, Enagás, Fertiliberia, Exolum, Atlantic Copper, Masa, Hiperbaric, Grundfos, Veolia, Telam, Navantia, Iber-

drola, Air Liquide, Andersen, DH2 Energy, Dekra, Yokogawa, Inerco o Resato, entre otras muchas; además del apoyo institucional de Ayuntamiento de Huelva, Junta de Andalucía, Diputación de Huelva, Puerto de Huelva y el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo.

En la jornada inaugural, en la que participó la secretaria de Estado de Energía, Sara Aagesen, recordó lo que supone en cifras el hidrógeno verde y su utilización en España. "Recientemente, se presentó un informe que hablaba de más de 32.000 millones de euros de PIB, y más de 80.000 empleos asociados al hidrógeno verde", expuso Aagesen. Asimismo, es necesario indicar que el Plan de Recuperación y Resiliencia ha destinado más de 3.150 millones de euros al hidrógeno renovable, con más de 60 proyectos en marcha, de los que más de un tercio están en Andalucía, aspectos que la misma secretaria recordó.

Precisamente, Juan Manuel Moreno Bonilla, presidente de esta comunidad autónoma, recalcó que los 23 proyectos de hidrógeno verde que se están desarrollando en tierras andaluzas permitirán la creación de cerca de 18.000 empleos. También adelantó la próxima aprobación de la Hoja de Ruta del Hidrógeno Verde de Andalucía, cuyo principal objetivo es proporcionar a las empresas "energía limpia, segura y barata, que es la base para atraer nuevas inversiones" detalló.

De igual forma, es importante remarcar que en el transcurso de esta cita, representantes de las asociaciones del hidrógeno de Alemania, Irlanda, Rumanía, Portugal, México, Costa Rica, Australia, Chile, Corea, Canadá y España, se han reunido para buscar puntos comunes de colaboración de cara a avanzar más rápidamente en la implementación de la economía del hidrógeno, no solo en sus respectivos territorios, sino también a nivel global.

Éxitos son lo que le esperan a este gran congreso, que en su primera edición ya ha puesto de manifiesto lo importante y trascendental que es para una sociedad el hidrógeno verde como vector energético con mucho futuro.





ELIGE TU GRADO DE INGENIERÍA CON TODA LA INFORMACIÓN

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



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

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

¡TU FUTURO ESTÁ EN JUEGO!



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

Wilhelm Conrad Röntgen, el ingeniero mecánico que revolucionó la medicina con el descubrimiento de los rayos X

El mundo de la medicina avanza constantemente. Siempre está y ha estado en continuo cambio. En este sentido y gracias al descubrimiento de los Rayos X, Wilhelm Conrad Röntgen consiguió dar un giro de 180 grados para el mundo de la época de finales del siglo XIX. De esta forma, por ejemplo, no se podría entender la traumatología sin el descubrimiento de la radiología y, por supuesto, de los rayos X de Röntgen.

Laura Álvaro

Estos descubrimientos le valieron el Premio Nobel de Física en el año 1901, el primero que se entregó en la historia de estos famosos galardones internacionales. Este ingeniero mecánico alemán dio la vuelta al mundo en este ámbito, casi sin saberlo.

Nacido en un pequeño pueblo ubicado al oeste de Alemania llamado Lennep, antigua Prusia y hoy llamado Remscheid, el 27 de marzo del año 1845, Röntgen pasó sus primeros años de vida en esta pequeña localidad germana en la que vivía con sus padres. Era el hijo único del matrimonio formado por Friedrich Conrad Röntgen, tejedor y comerciante textil, y Charlotte Constance Frowein.

Primeros años en Lennep

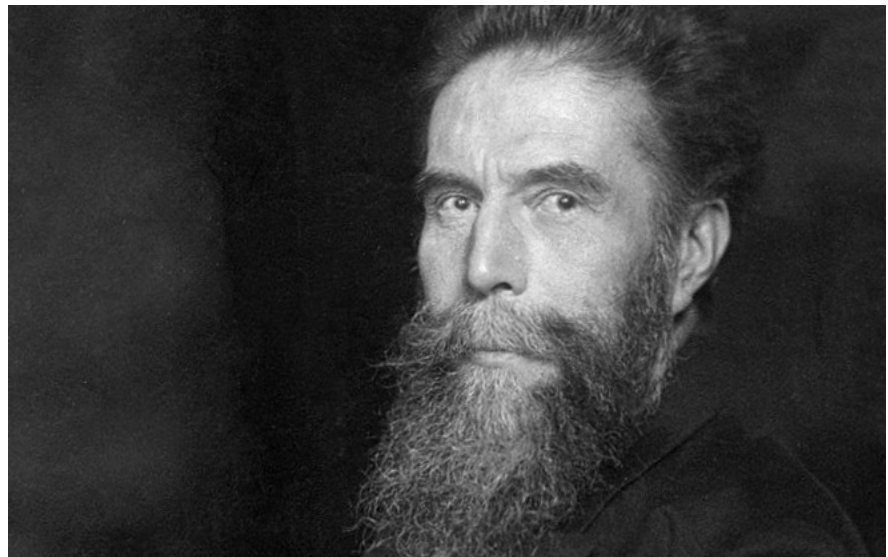
Röntgen pasó sus primeros tres años de vida en la elegante casa que la familia tenía en Lennep, y que durante décadas les sirvió tanto de residencia como de sede para el comercio textil, pero pasados esos años tuvieron que mudarse a los Países Bajos, de donde procedía Charlotte.

Según diversas fuentes consultadas, su padre fue un comerciante textil de clase acomodada, y su madre provenía de una familia holandesa de renombre en el área de la manufactura y la navegación. Es por ello que Wilhelm tuvo una educación privilegiada siendo un niño, que ya desde bien pequeño mostraba un gran interés por la experimentación. Sin embargo, su padre tenía el deseo de que Röntgen pudiera heredar el negocio familiar.

Cuando tenía tres años de vida, su familia decidió mudarse a Holanda, se dice que, con los familiares de Charlotte, su madre. Así, fue en el municipio holandés de Apeldoorn, donde Röntgen pasó la mayor parte de su infancia.

Inicios y primeros contactos con la física

En el país holandés fue donde Röntgen recibió la educación primaria, concretamente en el Instituto de Martinnus Herman van Doorn. Más



Wilhelm Conrad Röntgen en una fotografía de 1915.

adelante, en el tiempo que estuvo en la Escuela Técnica de Utrecht, tuvo que trasladarse a vivir a casa de un amigo de su padre, el médico Jan Willen Gunning, que también impartía clases de química en la universidad. En este momento Röntgen comenzó una gran fascinación por las ciencias naturales, aspecto que fue alimentando con el paso de los años.

En esta época, durante su paso por la Escuela Técnica de Utrecht, se dice que Röntgen fue acusado de forma injusta de un altercado por una caricatura hacia un profesor, en el que al parecer no tuvo nada que ver. Esto le supuso la expulsión de la Escuela Técnica de Utrecht.

Más tarde, en 1865, a la edad de 20 años, inició su andadura en la Escuela Politécnica Federal de Zúrich y tres años más tarde, en 1868, consiguió su título de ingeniero mecánico. Tal era su capacidad de esfuerzo que un año después se doctoró.

Pronto mostró interés por las ciencias y, especialmente, por la física, debido, en gran parte, a la influencia de sus profesores Julios Clausius y August Kundt. Röntgen consiguió su título de Ingeniería Mecánica, pero a la hora de realizar el doctorado cambió de materia, ya

que en 1869 se doctoró en Física. Mucho tiene que ver su relación con el profesor August Kundt, y al que nuestro protagonista siempre le guardó un cariño especial, recordándole como la persona que lo había introducido en la materia y, según cuentan, le había disipado todas las incertidumbres sobre su futuro.

Gracias a su introducción en el mundo de la física experimental junto a su profesor, el cual vio en Röntgen un gran potencial, fue aproximándose al que sería su gran descubrimiento, el que cambiaría el devenir de la medicina.

Sus primeros trabajos como investigador estaban relacionados con la conductividad técnica por los cristales. Más adelante, como director del Instituto de Física de la Universidad Hessian-Ludwigs, en Giessen, Alemania, estudió la relación de la luz con la electricidad. De igual modo, durante su etapa como rector de la Universidad de Würzburg, fue donde obtuvo sus primeros hallazgos, gracias a sus experimentos con los rayos catódicos.

Etapa como docente

Tras obtener su doctorado, ejerció la docencia en diversas universidades. En el año 1874 im-

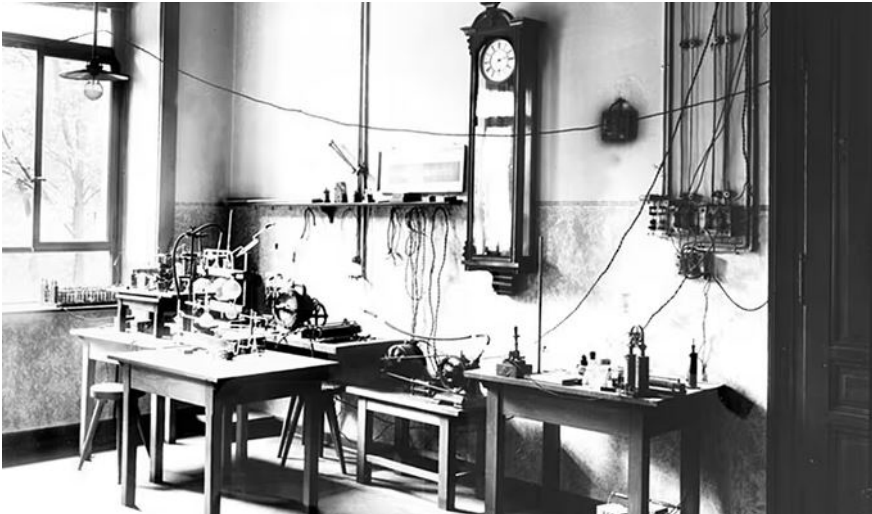


Imagen del Laboratorio de Wilhelm Conrad Röntgen, en la Universidad de Würzburg, Alemania. Fuente: Deutsches Röntgen-Museum (dominio público).

partió clases en la Universidad de Estrasburgo, y en 1875 consiguió ser profesor en la Academia de Agricultura de Hohenheim (Wurtemberg).

De nuevo, en 1876, y durante tres años, retomó como docente de física a la Universidad de Estrasburgo, y después, en la universidad alemana de Giessen, llegó a ser director del Departamento de Física de la universidad, hasta 1888.

Más adelante, fue nombrado rector de la Universidad de Würzburg hasta 1900 y, además, le fue concedida la cátedra de física en la Universidad Múnich durante dos décadas, hasta 1920. De igual forma, fue nombrado director de un nuevo instituto físico creado en esta misma ciudad.

La primera radiografía en la historia de la ciencia

El físico e ingeniero alemán se encontraba en su laboratorio investigando en el tubo de rayos catódicos -aquel tubo de cristal en el que se había practicado previamente el vacío-, cuando se percató de que por medio de un tipo de radiación era capaz de ver a través de los diferentes materiales, incluso la propia piel.

La mano izquierda de su mujer sobre una placa metálica. Esa es la primera radiografía en la historia de la ciencia y la realizó Röntgen a finales de 1895, en el mes de noviembre. A partir de ese momento y horrorizada ante lo que estaba viendo, la mujer de Röntgen se negó a seguir participando en los estudios que estaba realizando su marido, a pesar de que siempre se prestaba a ayudar al físico germano.

Proceso de realización de la primera radiografía

Según las fuentes consultadas para la realización de este reportaje, se cuenta que el pro-

cedimiento fue de la siguiente manera. Todo sucedió la tarde del 8 de noviembre de 1895, al colocar el propio Röntgen una placa fotográfica envuelta en papel negro en un soporte que expuso a los rayos desconocidos que estaban generando los rayos catódicos. Entonces, al activar el dispositivo, percibió un destello de luz en la habitación en la que se encontraba, dándose cuenta de que algo interesante y digno de estudio había sucedido.

Todo cobró sentido cuando reveló la placa fotográfica ya que descubrió una imagen tan inusual como la mano de su esposa, la cual tuvo que aguantar quieta durante más de quince minutos. Esa imagen mostraba los huesos de la mano izquierda de su mujer, pero también algunos detalles internos, el aspecto que más sorprendió a Röntgen, ya que con ello demostraba que estos rayos, desconocidos hasta este momento, tenían la asombrosa capacidad de penetrar a través de los tejidos blandos del cuerpo humano y, por ello, llegaban a producir una imagen de los huesos.

A partir de este momento, el físico alemán denominó a su descubrimiento como los "rayos X", revolucionando así el mundo de la medicina y la ciencia. Es indudable que la radiografía se convirtió en una herramienta incuestionable a la hora de poder diagnosticar, pero, sobre todo, de visualizar las estructuras internas del cuerpo humano sin la necesidad de arduos procedimientos invasivos.

Se cuenta que fueron veinte los minutos que necesitó para conseguir la primera radiografía de la historia, con la que cambió el devenir de la medicina, marcando un hito en su historia. De igual forma, este gran descubrimiento supuso el inicio de la radiología y del diagnóstico por imagen. Asimismo, este gran descubrimiento le valió ser total merecedor del Premio Nobel de Física en el año 1901, el primero de la historia

de estos aclamados y prestigiosos galardones internacionales.

Posteriormente, en los años siguientes, publicó sendos estudios sobre un nuevo tipo de rayos X, estudios que fueron traducidos a varios idiomas, entre los que figuran el inglés, francés, italiano e incluso el ruso.

Faceta más personal y desconocida

Como se ha indicado anteriormente, la esposa de Röntgen se prestó a contribuir a los estudios e investigaciones de su marido. Ella era Anna Bertha Röntgen, una gran desconocida para la mayoría, pero con una amplia contribución al gran descubrimiento del físico alemán.

Wilhelm y Anna se casaron en 1872, el 7 de julio, en la ciudad holandesa de Apeldoorn, tras un noviazgo de 3 años. No obstante, fue en Zúrich donde se conocieron en 1869, cuando el protagonista de este reportaje desarrollaba sus trabajos como ayudante de su profesor de física, el ya mencionado Augustus Kundt y el que tanto le aportó en su vida como físico.

Según las fuentes consultadas, Anna era una mujer alta y atractiva, pero sobre todo encantadora. Hija de un alemán dueño de una pequeña taberna bastante popular entre los estudiantes, a la que acudió Röntgen y donde surgió el amor, el cual se dice que fue a primera vista, a pesar de la diferencia de edad entre ellos, ya que Anna era años mayor que Röntgen, nada común en la época.

Si el noviazgo no fue fácil, tampoco lo fue el matrimonio. La citada diferencia de edad entre ambos provocó la oposición del padre de Röntgen, que tenía otros planes para su hijo, y que no pasaban por casarse con una mujer humilde como Anna. Por ello, y tras el enlace, le retiró el apoyo financiero, teniendo que acos-



Primera radiografía médica de Wilhelm Röntgen de la mano de su esposa Anna Bertha Ludwig. (Crédito: Wellcome Library, London).

tumbarse a una realidad económica diferente.

A pesar de estas complicaciones financieras, Anna apoyó incansablemente a su marido y Röntgen fue haciéndose un hueco en el mundo de la física, haciendo crecer su carrera, llegando a ser elegido en 1894 el nuevo rector de la Universidad de Würzburg. Jornadas muy largas, tanto en la universidad como en el laboratorio que se había instalado en su casa, así era la nueva rutina de Röntgen.

El matrimonio no tuvo hijos biológicos, pero sí adoptaron a la hija del único hermano de Anna cuando éste falleció en 1887.

Últimos años de vida

Röntgen sabía que la salud de su mujer no era del todo buena. Ella sufría de cólicos renales y otros males que se le fueron agravando con el paso de los años. La muerte de Anna, en 1919, fue un tremendo varapalo para Röntgen, del que nunca se recuperó. Precisamente en estos años fue cuando se retiró de la docencia.

El propio Röntgen falleció a los 78 años de edad, según las fuentes consultadas, por un cáncer de recto, en la ciudad alemana de Múnich, el 10 de febrero de 1923, cuatro años después de que lo hiciera su mujer, y fue enterrado en el Cementerio de Huesen, junto a los restos de Anna.

Reconocimientos a una vida de éxito

En muchas publicaciones y escritos sobre su vida, es conocido como el padre de la radiología. Röntgen fue una persona muy reconocida en su época. Físico brillante donde los haya, revolucionó la medicina, y por el descubrimiento de los rayos X fue distinguido con infinidad de reconocimientos. Pero sin duda, su legado permanecerá para siempre, gracias a lo que la radiología supone en el mundo de la medicina.

Uno de los mayores y más grandes galardones que recibió es el Premio Nobel de Física, en 1901. Este se le concedió de manera oficial "en reconocimiento de los extraordinarios servicios que ha brindado con el descubrimiento de los notables rayos que llevan su nombre". Röntgen donó la recompensa monetaria a su universidad. Aunque no deseaba que los rayos X llevaran su nombre, en alemán se siguen conociendo como Röntgenstrahlen (rayos Röntgen).

De igual forma, entre otros reconocimientos figura el cráter lunar Röntgen, que lleva su apellido en su memoria, o el asteroide 6401 Röntgen que también conmemora su nombre. También la Universidad de Würzburg le otorgó el grado honorario de Doctor en Medicina y, además, en su honor recibe tal nombre la unidad de medida de la exposición a la radiación.

Roentgen como unidad de medida

A la unidad de medida de la exposición radiométrica se le llama roentgen o röntgen. Hace referencia a la carga total de iones liberada por masa de aire seco en condiciones estándar de presión y temperatura, que fue establecida en el año 1928.

El roentgen se define específicamente si atendemos a los términos de ionización del aire. Es equivalente a la cantidad de radiación X o gamma que produce la ionización de un número concreto de pares de iones en un centímetro cúbico de aire seco, a condiciones estándar de presión y temperatura. Históricamente, esta definición se basaba en la cantidad de carga eléctrica producida por la radiación ionizante en un volumen definido de aire.

Sin duda, el descubrimiento de los rayos X ha supuesto un antes y un después en la medicina. De igual forma, revolucionó el diagnóstico médico y allanó el camino para numerosas aplicaciones de la ciencia que se desarrollarían posteriormente, y sin las cuáles, la actualidad tal y como la vivimos sería inimaginable.

EL INGENIOSO INGENIERO/Pablo Saorín



Plan Estratégico de la UAITIE 2024-2027

La Unión de Asociaciones de Ingenieros Técnicos Industriales y Graduados en Ingeniería de la rama industrial de España, UAITIE, ha obtenido el respaldo general de la Junta General Ordinaria de la Corporación, celebrada el 8 de marzo de 2024, para implementar un Plan Estratégico que se presenta como una oportunidad para impulsar la eficiencia de la Organización y abordar los nuevos retos para mejorar los servicios al colectivo y a la sociedad, y que será el eje sobre el que se desarrollarán nuestras acciones y esfuerzos en los próximos años.

El Plan Estratégico pretende ser una herramienta de gestión que ayudará a tomar decisiones sobre la priorización de objetivos y necesidades de forma eficaz, actualizando el modelo de gobernanza, trabajando en la fidelidad de las Asociaciones, socios, captación de nuevas incorporaciones, e incrementando la capacidad de liderazgo del asociacionismo en la ingeniería.

La Ingeniería Técnica Industrial, como profesión de más de 150 años, impulsa el progreso industrial del país, además las Instituciones que agrupan y representan al colectivo, Unión de Asociaciones (UAITIE) y el Consejo General (COGITI), deben ser el referente para las Administraciones, las empresas y los ciudadanos.

“La UAITIE debe ser una de las máquinas que tire del tren de la Ingeniería, sabemos que la tarea no es fácil, pero por parte de la actual Junta Directiva no falta compromiso y esfuerzo para cimentar las bases de lo que queremos sea esta Institución, manteniendo su esencia dentro de esa invención con objetivos asentados en la generosidad y búsqueda de intereses comunes”, señala Ramón Grau Lanau, presidente de UAITIE.

- Análisis evolutivo de la UAITIE

La UAITIE está conformada por 38 Asociaciones provinciales y aglutina cerca de 50.000 ingenieros asociados. Está dotada de personalidad jurídica propia. Se ha realizado una investigación de la situación actual en la que se encuentra y su posicionamiento con el resto de Instituciones.

- Marco legal y competencial

Análisis del marco estatutario de la UAITIE, así como sus fines competenciales.

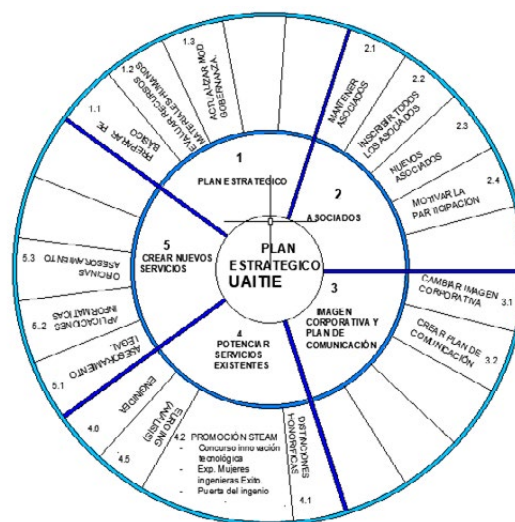
- Planteamiento institucional y análisis estratégico

Estudio de la misión, visión, y definición de objetivos.

- Evaluación de la Entidad



Ejes Plan Estratégico UAITIE.



Resumen de ejes y acciones.

Se han analizado las amenazas y oportunidades, así como las debilidades y fortalezas.

- Objetivos del Plan Estratégico

La definición de objetivos tiene como prioridad conformar un Plan general de actividades que permita alcanzar metas previamente diseñadas. Es fundamental determinar las iniciativas estratégicas que se van a impulsar para cumplir los objetivos: a) Crear una estrategia de trabajo dentro de UAITIE; b) Dar servicios a los asociados; c) Que todas las Asociaciones de ingeniería estén asociadas en la UAITIE; d) Conseguir recursos económicos para lograr el crecimiento de UAITIE y de las Asociaciones, y e) Visualizar y fomentar la profesión desde la responsabilidad social corporativa.

- Descripción de Ejes Estratégicos

Plan operativo y acciones

- Programación y planificación de acciones, plazos, prioridad, responsables, etc. Para desarrollar cada uno de los objetivos propuestos.
- Evaluación de los recursos materiales y hu-

manos. Todas las acciones necesitan una previsión presupuestaria y de recursos humanos, estudiando fórmulas para incrementar ingresos.

- Actualización del modelo de gobernanza.

Asociados

- Mantener y atraer asociados que fomenten el espíritu asociativo.

Imagen corporativa y Plan de comunicación

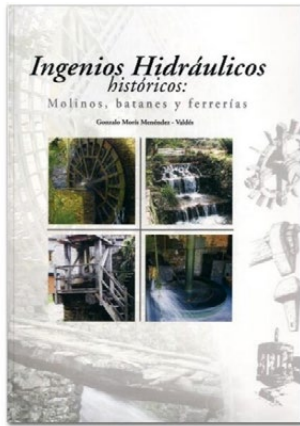
- Renovar y actualizar la imagen corporativa y el plan de comunicación.

Potenciar servicios existentes y crear otros nuevos

- Seguir impulsando y reforzando los servicios que la UAITIE tiene activos para potenciar las disciplinas tecnológicas (“Premio Nacional de Iniciación a la Investigación Tecnológica”, “Exposición Mujeres Ingenieras de Éxito” y “La Puerta del Ingenio”), así como otros; (Distinciones Honoríficas, plataforma de retos Engineidea, EUR ING, etc.).

Ingenios hidráulicos históricos: molinos, batanes y ferrerías

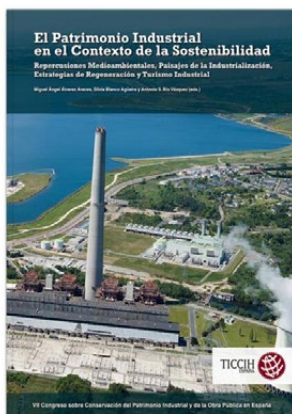
Gonzalo Moris Menéndez-Valdés.
Autor-editor. 230 págs.
ISBN: 978-8460630579



Este libro pretende un acercamiento al estudio y al conocimiento del patrimonio técnico preindustrial de Asturias, ampliamente representado por unos mecanismos o ingenios basados en la energía hidráulica, como fueron los molinos, los batanes y las ferrerías, interesantes muestras de la arquitectura, de la ingeniería y de la tecnología tradicional. Tiene también como objetivo dar un toque de atención sobre la importancia que tiene para los pueblos la defensa de su patrimonio industrial, que casi siempre fue objeto de una escasa valoración social y, por tanto, víctima de un deterioro y un abandono progresivos. En esta segunda edición se completa la obra inicial con otros estudios realizados por el autor en el campo de la recuperación de ingenios industriales y de la Arqueología Industrial.

El Patrimonio industrial en el contexto de la sostenibilidad

Miguel Ángel Álvarez Areces, Silvia Blanco Agüeira y Antonio S. Río Vázquez
Editorial CICEES. 516 págs.
ISBN 978-8494596650

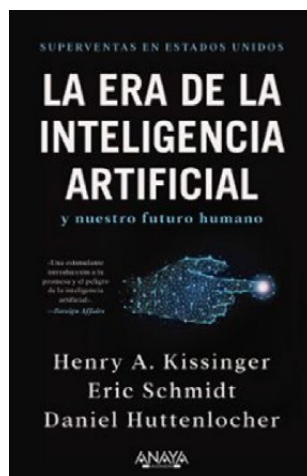


El Patrimonio Industrial en el contexto de la sostenibilidad. Repercusiones medioambientales, paisajes de la industrialización, estrategias de regeneración territorial y turismo industrial. Este libro contiene las Actas del VII Congreso sobre Conservación del Patrimonio Industrial y la Obra Pública, organizado por TICCIH España, celebrado en As Pontes (A Coruña), en julio de 2017, con la colaboración del Ayuntamiento de As Pontes de García Rodríguez y otras Instituciones públicas y privadas.

El libro consta de una introducción a cargo de Massimo Preite, arquitecto y miembro del Board de TICCIH, con una presentación y ponencia a cargo de Miguel Á. Álvarez Areces, presidente de TICCIH España, y ponencias introductorias de los coordinadores. Se publican cerca de 70 ponencias de autores procedentes de las distintas comunidades autónomas españolas y de varios países, como Italia, Portugal, Brasil, México y Alemania, que exponen casos e investigaciones en cuatro apartados: paisajes a cielo abierto, estrategias de regeneración territorial, repercusiones medioambientales del patrimonio industrial y turismo industrial.

La era de la inteligencia artificial y nuestro futuro humano

Henry A. Kissinger, Eric Schimidt y Daniel Huttenlocher
Editorial Anaya Multimedia. 240 págs.
ISBN 978-8441548503

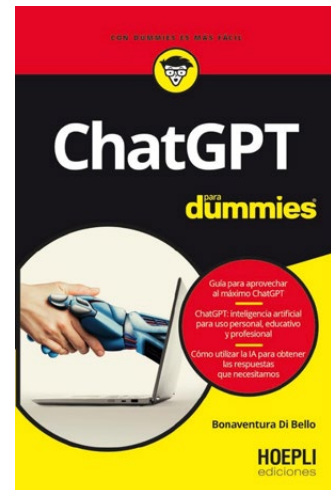


Una Inteligencia Artificial (IA) aprendió a ganar al ajedrez realizando jugadas que los grandes maestros nunca habían concebido. Otra IA descubrió

un nuevo antibiótico analizando propiedades moleculares que los científicos no comprendían. Aviones propulsados por IA están derrotando a experimentados pilotos en combates aéreos simulados. La IA está irrumpiendo en la investigación, la transmisión en directo o streaming, la medicina, la educación y muchos otros campos y, al hacerlo, está transformando la forma en que los humanos experimentan la realidad. La era de la Inteligencia Artificial es una hoja de ruta esencial para nuestro presente y nuestro futuro, una era distinta a todas las anteriores.

ChatGPT para dummies

Bonaventura di Bello
Editorial Hoepli. 176 págs.
ISBN 979-1254990124



Este no es un libro de oráculos o vaticinios, sino las reflexiones de dos autores que consideran que estar informados es la mejor forma de navegar la indefectible ola de la inteligencia artificial. En una conversación tan lúcida como estimulante, el neurocientífico superventas Mariano Sigman y el emprendedor Santiago Bilinkis repasan el origen, las utilidades y los riesgos de esta tecnología. ¿Será una lámpara de Aladino o una caja de Pandora? ¿Cómo acercarnos al mejor escenario? ¿Estamos caminando al borde del precipicio? ¿Qué ocurrirá si la inteligencia artificial encuentra aquello en lo que somos más débiles? Si bien exponen las razones por las que debemos ser cautos y responsables, huyen del pesimismo y nos invitan a pensar que de este desafío podemos sacar nuestra mejor versión.

➤ *Campus Virtual: Oferta formativa - Selección de cursos*

Técnicas de Drenaje Sostenible con SWMM.

Diseño y cálculo de estructuras de acero según EN 1993.

Normativa de Seguridad Industrial.

Cálculo de la Huella de Carbono Corporativa.

Fabricación Aditiva (Impresión 3D).

Patología en edificación para la redacción de informes para ITE e IEE.

Diseño e inspección de líneas eléctricas de Alta Tensión según el Reglamento R.D. 223/2008.

Avanzado en instalaciones eléctricas industriales. Industria 4.0.

Diseño y cálculo de estructuras de hormigón con CYPECAD.

Experto en Seguridad Contra Incendios.

Implantación del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo según ISO 45001.

Diseño y cálculo de instalaciones de almacenamiento y distribución de gases combustibles.

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.ingenierosformacion.com

Mupiti Vida

FLEXIBLE

El seguro de vida
con el que puedes
contratar el

DOBLE

o el

TRIPLE

del capital

DOBLE

- capital por fallecimiento por accidente
- capital por incapacidad permanente absoluta por accidente

x2

TRIPLE

- capital por fallecimiento por accidente de circulación
- capital por incapacidad permanente absoluta por accidente de circulación

x3

El **Seguro Mupiti Vida Flexible** es un seguro cuya cobertura básica es el fallecimiento por cualquier causa, además de la flexibilidad de contratar otras coberturas, como la incapacidad permanente absoluta o el doble o triple capital asegurado.

Algunas posibles opciones son:

- Fallecimiento
- Fallecimiento + doble
- Fallecimiento + doble + triple
- Fallecimiento + IPA
- Fallecimiento + IPA doble
- Fallecimiento + IPA + IPA doble + IPA triple
- Fallecimiento + todas las garantías complementarias

Más información en:
900 820 720
virginia@mupiti.com
www.mupiti.com

