

Técnica Industrial 333

Ingeniería médica

INNOVACIÓN Y CRECIMIENTO POTENCIAL DE LA ENERGÍA RENOVABLE

Caso práctico: minicentrales hidroeléctricas

METODOLOGÍA PARA LA SELECCIÓN DE UN GESTOR DE RESIDUOS

Desde la óptica del cliente

CONCURSO DE ILUMINACIÓN ORNAMENTAL Y ARTÍSTICA DE EDIFICIOS

Caso de éxito de enseñanza en Ingeniería basada en proyectos

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE FLUJO DE ENERGÍA CON MICROSOFT EXCEL

Empleando el método de Gauss-Seidel

VEHÍCULO EXPERIMENTAL ELÉCTRICO

En la Escuela de Ingeniería Minera e Industrial de Almadén

EDUCATIONAL PROJECT DYOR

Do Your Own Robot

INCORPORACIÓN DE LA INDUSTRIA 4.0 Y DE LA ROBÓTICA COLABORATIVA

En la formación universitaria

MEJORA DE LAS ASIGNATURAS RELATIVAS A PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

Con la introducción de la robótica colaborativa

REPORTAJE

El futuro de la energía nuclear y su papel en la transición energética

ENTREVISTA

Pedro Manuel López, presidente de la Asociación Española de Ingeniería Hospitalaria (AEIH) y de la Federación Internacional de Ingeniería Hospitalaria-Europa (IFHE-EU)

INNOVACIÓN

Grupo de Investigación Reconocido VisualMed Systems de la Universidad de Salamanca

¡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.- **Accreditación 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.- **Accreditación EURO INGENIERO**, para reconocimiento en la UE.



Foto: Shutterstock

EN PORTADA Ingeniería médica

14 ENTREVISTA Pedro Manuel López Redondo Presidente de la Asociación Española de Ingeniería Hospitalaria (AEIH) y de la Federación Internacional de Ingeniería Hospitalaria-Europa (IFHE-EU).

M. R.

16 ENTREVISTA José Antonio Arenilla Rodríguez Presidente de ATISAS y Jefe de Servicio de Mantenimiento, Obras, Seguridad y Medio Ambiente en el Área de Gestión Sanitaria Sur de Sevilla (Hospital Universitario de Valme).

M. R.

20 ENTREVISTA Víctor de la Cueva Revilla Jefe de Servicio Técnico en el Hospital Ramón y Cajal de Madrid.

M. R.

22 ENTREVISTA Antonio Tomás Borja Subdirector de Gestión y Servicios Generales en el Área de Salud I-Murcia Oeste (Servicio Murciano de Salud).

M. R.

24 ENTREVISTA Juan Antonio Juanes Méndez Doctor en Medicina y Cirugía, y Director del Grupo de Investigación Reconocido VisualMed Systems (Sistemas de Visualización Médica Avanzada) de la Universidad de Salamanca.

M. R.

28 La impresión funcional: soluciones al servicio de la "nueva medicina"

Susana Barasoain Arrondo

32 ENTREVISTA Elena García Armada Científica del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), y cofundadora y CEO de Marsi Bionics.

Redacción T.I.

34 ENTREVISTA Pedro Arraiza y Juan Calabia Fundadores y directores de Giveme5d (desarrollo de *software* para los profesionales médicos y radiólogos).

M. R.

36 El sistema robótico da Vinci: la última evolución de la cirugía mínimamente invasiva

M. R.

38 ENTREVISTA Alba González Álvarez Doctora en Ingeniería Biomédica e Ingeniera Industrial y de Diseño Industrial. Ganadora del Premio Nacional de Diseño 2022 en la modalidad "Jóvenes Diseñadores".

M. R.

40 Proyectos directores de hospitales: futuro programado

Fernando Doncel

38 ENTREVISTA Dr. Francisco Miguel Sánchez Margallo Director científico del Centro de Cirugía de Mínima Invasión Jesús Usón (CCMIJU).

M. R.

ACTUALIDAD

04 El futuro de la energía nuclear y su papel en la transición energética El desafío climático, junto a la actual crisis energética global causada por los elevados precios del gas y de otros combustibles fósiles como el gasoil, y agravada por la guerra en Ucrania, han puesto de manifiesto la necesidad de aumentar los esfuerzos para cambiar el modelo energético.

Marita Morcillo

10 ENTREVISTA Carlos Fernández CEO y socio fundador de Gogoa Mobility Robots, y de su filial Cyber Human Systems, desarrolladora de un exoesqueleto realizado con textiles "inteligentes": "Con esta tecnología, el exoesqueleto se integra con la persona como un grupo muscular suplementario".

Mónica Ramírez

12 ENTREVISTA Jordi Pelegrí Country manager de Universal Robots en España y Portugal: "Las industrias médica, farmacéutica y química son las que más adoptan la robótica colaborativa".

Mónica Ramírez

PROFESIÓN

03 Editorial El ser o no ser de la Ingeniería Técnica Industrial

José Antonio Galdón Ruiz

86 El Observatorio de la Ingeniería de España presenta su primer estudio sobre la situación actual del sector

El estudio muestra que España tiene 750.000 ingenieros en activo, y un 20% son mujeres. La evolución que se espera que siga la ingeniería facilitará la determinación de las medidas a tomar para favorecer el crecimiento del sector en nuestro país, lo que supondrá un importante impulso para el desarrollo y el crecimiento económico.

88 Presentación del estudio en el Congreso de los Diputados

88 El COGITI firma un convenio con la Dirección General del Catastro

89 MadridMotorStudent: estudiantes universitarios muestran su talento en Ingeniería de competición

89 Celebrado en Coimbra el II Congreso Internacional de Ingeniería

86 ENTREVISTA Cristina Aristoy Cadenas Ingeniera de Diseño Industrial y socia fundadora de Singular: "Cada persona puede y debe estudiar lo que le motiva y hace feliz".

M. R.

96 Engineida/UAITIE

INGENIERÍA Y HUMANIDADES

92 INGENIEROS EN LA HISTORIA Mónico Sánchez Moreno, el ingeniero precursor de la radiología portátil

Laura Álvaro y Rosa Lerma

95 Publicaciones

Técnica Industrial Revista cuatrimestral de ingeniería, industria e innovación revisada por pares. www.tecnicaindustrial.es

Directora: Mónica Ramírez Helbling

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

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

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

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

ARTÍCULOS

- 44 ORIGINAL
Innovación y crecimiento potencial de la energía renovable. Caso práctico: minicentrales hidroeléctricas
 Innovation and potential growth of renewable energy. Practical case: Mini hydroelectric plants
Francisco Javier Martínez Monseco
- 54 ORIGINAL
Metodología para la selección de un gestor de residuos desde la óptica del cliente
 Methodology for selecting a waste manager from the customer's perspective
Emilio José García Vilchez.
- 60 ORIGINAL
Contest of ornamental and artistic lighting of buildings: a successful case of teaching in Engineering based on projects
 Concurso de iluminación ornamental y artística de edificios: caso de éxito de enseñanza en Ingeniería basada en proyectos
Fco. Ramón Lara Raya, José Zamora Salido, Juan Cantizani Oliva, Eduardo Ruiz Vela, Fco. Javier Jiménez Romero and José Ramón González Jiménez
- 64 ORIGINAL
Solving power flow problems through the Gauss-Seidel method using Microsoft Excel. Case applied to the course on Generation, Transmission, and Distribution of Electric Power
 Resolución de problemas de flujo de energía con Microsoft Excel empleando el método de Gauss-Seidel. Caso aplicado a la asignatura Generación, Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica
Carlos Vargas-Salgado, Manuel Alcázar-Ortega, David Alfonso-Solar y Elías Hurtado-Pérez
- 70 ORIGINAL
Experimental Electric Vehicle at Almadén School of Mining and Industrial Engineering
 Vehículo Experimental Eléctrico en la Escuela de Ingeniería Minera e Industrial de Almadén
Ángeles Carrasco García, José Tejero Manzanares, Julio Alberto López Gómez, Xiaoxin Zhang, Raquel Jurado Merchán, Elena Beamud González, José Manuel de la Cruz Gómez, Eduardo Palomares Novalbos, Francisco Mata Cabrera
- 74 ORIGINAL
Educational Project DYOR: Do Your Own Robot
 Proyecto educativo DYOR: Do Your Own Robot
Leopoldo Armesto Ángel and Eugenio Ivorra Martínez
- 78 ORIGINAL
Incorporación de la industria 4.0 y de la robótica colaborativa en la formación universitaria
 Incorporation of industry 4.0 and collaborative robotics in university education
Miguel Ángel Mariscal, Susana García, Sergio Ortiz y Eva María López
- 82 ORIGINAL
Mejora de las asignaturas relativas a prevención de riesgos laborales con la introducción de la robótica colaborativa
 Improvement of subjects related to prevention of occupational risks with the introduction of collaborative robotics
Miguel Ángel Mariscal, Clara López Santamaría, Sergio Ortiz y Eva María López



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

Fundación Técnica Industrial

Comisión Permanente

- Presidente** José Antonio Galdón Ruiz
Vicepresidenta Ana M^a Jáuregui Ramírez
Secretario Jesús E. García Gutiérrez
Tesorero Fernando Blaya Haro
Interventor José Luis Hernández Merchán
Vocales Antonio Miguel Rodríguez Hernández y Angélica Gómez González
Gerente Santiago Crivillé Andreu

Patronos

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

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

El ser o no ser de la Ingeniería Técnica Industrial

“Ser o no ser, esa es la cuestión” es la primera frase del soliloquio del personaje Hamlet de la obra de teatro *Hamlet, príncipe de Dinamarca*, del dramaturgo inglés William Shakespeare, y que se ha convertido en una referencia universal más allá del simple cuestionamiento existencial (existir o no existir), que nos lleva a la reflexión sobre cómo actuar, tomar medidas o posicionarnos o no ante los diferentes acontecimientos.

*Ser, o no ser, ésa es la cuestión.
¿Cuál es más digna acción del ánimo,
sufrir los tiros penetrantes de la fortuna injusta,
u oponer los brazos a este torrente de calamidades,
y darlas fin con atrevida resistencia?...*

Así continúan los versos que pronuncia el príncipe Hamlet, sumido en un conflicto interno ante la fatalidad de los hechos y las dudas que le asaltan tras el “fallecimiento inusual” de su padre y los acontecimientos que le suceden, y no cabe duda, de que en mayor o menor medida, hemos experimentado todos y cada uno de nosotros ante situaciones adversas, inciertas o simplemente evolutivas.

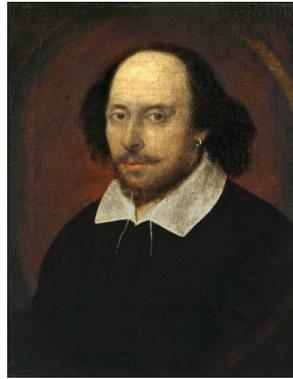
Y esto es algo en lo que nuestra profesión, pese a estar inmersa de forma prolongada en estas situaciones, no ha tenido ninguna duda sobre la actitud que hay que adoptar para afrontar todo tipo de situaciones, y todo ello, fruto de las esencias que definen la Ingeniería Técnica Industrial, que no son otras que las de solucionar los problemas, mejorar lo existente y crear evolución.

Somos una profesión a la que nunca nadie ha regalado nada y siempre hemos tenido que demostrar con hechos nuestra solvencia y propiciar nuestra evolución de forma conjunta a la de la sociedad, enfrentándonos al conservadurismo propio de las sociedades y a los anhelos de quienes pretenden mantener privilegios propios del siglo XIX.

Pero el resultado está ahí, y debemos estar orgullosos de formar parte de una profesión que sigue contribuyendo de forma esencial en la prosperidad y el desarrollo de nuestra sociedad, que no se amilana ante las dificultades y que confía firmemente en los valores sobre los que se ha cimentado nuestra profesión.

Somos la más numerosa de todas las profesiones técnicas (Ingeniería y Arquitectura), con 74.000 colegiados, y la que más colegios profesionales tiene (49 Colegios).

Realizamos más del 80% de los proyectos y direcciones técnicas de las instalaciones industriales (líneas y redes de alta y baja tensión, centros de transformación, instalaciones eléctricas, naves industriales, estaciones de servicio, plantas fotovoltaicas y eólicas, instalaciones térmicas, de protec-



ción contra incendios, instalaciones de gas, licencias de apertura, instalaciones industriales, APQ, reformas de vehículos, estudios de impacto ambiental, acústica, certificaciones, mediciones, peritaciones, etc.).

El 65% de nuestros colegiados participa en las empresas industriales y de servicios, mejorando, modernizando y propiciando la competitividad y el desarrollo sostenible. Estando muchos de nosotros al frente de compañías muy importantes, no solo por tamaño y facturación, sino además altamente estratégicas.

Participamos de forma muy directa (7% de nuestros colegiados) en el sistema educativo, tanto en el universitario como en la educación secundaria, Bachillerato y Formación Profesional.

Estamos presentes tanto de forma directa como indirecta en la práctica totalidad de los municipios españoles, participando de forma activa en la concesión de licencias de actividad, mantenimiento de instalaciones, redacción de proyectos, direcciones de obra, seguridad y salud, en todos los servicios públicos (AP, agua, residuos, saneamientos, etc.) y por supuesto en urbanismo, medio ambiente.

Y tenemos también un gran espíritu emprendedor, con casi un 4% de empresarios en todos los sectores y, sobre todo, en el ámbito de las instalaciones y construcciones.

Pero además somos la profesión que tiene una mayor cantera, dado que las titulaciones de Grado en Ingeniería del ámbito industrial (Mecánica, Eléctrica, Química Industrial, Electrónica y Automática, ...), que dan acceso a nuestra profesión, son las que más alumnos tienen en España dentro de las del ámbito técnico. Y todo ello es porque nuestra profesión es la que más salidas profesionales tiene, es una profesión multidisciplinar, que abarca numerosas materias y proporciona una versatilidad muy importante que es lo que necesita el mercado.

Por todo ello, por nuestro pasado, pero sobre todo por nuestro futuro, debemos sentirnos privilegiados por poder disfrutar de nuestra profesión y seguir escribiendo la historia de superación y éxitos que hemos heredado.

José Antonio Galdón Ruiz

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

El futuro de la energía nuclear y su papel en la transición energética

El desafío climático, junto a la actual crisis energética global causada por los elevados precios del gas y de otros combustibles fósiles como el gasoil, y agravada por la guerra en Ucrania, han puesto de manifiesto la necesidad de aumentar los esfuerzos para cambiar el modelo energético. En este escenario, los países están buscando fórmulas que aseguren el suministro constante de electricidad, con precios competitivos más estables –menos susceptibles a la volatilidad– y compatibles con bajas emisiones de carbono



Central nuclear de Trillo, en Guadalajara.

Marita Morcillo

Las medidas para la reducción de emisiones se han centrado principalmente en impulsar las energías renovables, pero estas son intermitentes y necesitan el apoyo de sistemas de almacenamiento a gran escala, que aún se encuentran en fase temprana. Como resultado, algunas políticas energéticas están teniendo en cuenta una fuente constante, gestionable, confiable y, relativamente, económica: la energía nuclear.

El 1 de enero de 2023 entrará en vigor el acto delegado de taxonomía de la Comisión Europea, que incluye algunas actividades relacionadas con la energía nuclear en la lista de actividades transitorias económicas medioambientalmente sostenibles, a pesar de la oposición de países como España, Austria, Dinamarca o Luxemburgo.

La decisión de la Comisión Europea sigue un dictamen científico, cuya con-

clusión es que “la energía nuclear, sujeta a estrictas condiciones ambientales y de seguridad (incluida la eliminación de residuos) que garanticen el respeto del principio de no causar daños significativos, puede desempeñar un papel en la transición hacia la neutralidad climática de conformidad con el Pacto Verde Europeo”.

Aunque el ejecutivo comunitario asegura que las energías renovables seguirán siendo el centro de atención para los inversores, el acto delegado favorecerá la inversión privada en otras tecnologías que también tienen un papel clave en la transición energética.

Como era de esperar, la decisión ha sido recibida con optimismo en la industria nuclear. Ignacio Araluce, presidente de Foro de la Industria Nuclear Española, considera que “es muy positivo para el conjunto del sector nuclear contar con este apoyo institucional, ya que la realidad demuestra que, para alcanzar los ob-

jetivos energéticos y climáticos previstos por la Unión Europea, habrá que seguir contando con la energía nuclear como fuente capaz de operar 24/7, ofrecer seguridad de suministro e independencia energética y sin emitir gases ni partículas contaminantes a la atmósfera”.

A la hora de incluir la energía nuclear entre las fuentes medioambientalmente sostenibles, la Unión Europea se suma al criterio de otras organizaciones internacionales que recuerdan el papel de la energía nuclear, no solo en la transición energética, sino también en la sostenibilidad del planeta por sus múltiples aplicaciones.

Coincidiendo con la 26ª Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP26), celebrada en Glasgow en noviembre de 2021, el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) de la ONU publicó un informe titulado “Nuclear Science and Technology for

Climate Adaptation and Resilience”, que describe una serie de técnicas nucleares que contribuyen a la gestión sostenible de la tierra y el agua, la agricultura climáticamente inteligente, los sistemas de producción de alimentos, el análisis de las emisiones de gases de efecto invernadero, la protección de las costas o la monitorización de los cambios en los océanos.

Días antes de la COP 26, el OIEA también publicó otro informe, el “Nuclear Energy for a Net Zero World”, en el que destacaba el papel fundamental de la energía nuclear para la consecución de los objetivos del Acuerdo de París y la Agenda 2030, al desplazar el carbón y otros combustibles fósiles, facilitando un mayor despliegue de energía renovable, y convertirse en una fuente económica de grandes cantidades de hidrógeno limpio.

Según el informe del OIEA, reemplazar el 20% de la generación de carbón con 250 GW de generación nuclear reduciría las emisiones en 2 Gt de CO₂, o alrededor del 15% de las emisiones del sector eléctrico por año. El documento incluso señala que la energía nuclear puede sustituir a las calderas de carbón para la calefacción urbana y la industria.

Debido a que es una tecnología de bajas emisiones, flexible y confiable, el

OIEA considera que una asociación entre la energía nuclear y las renovables será clave para llevar las emisiones al nivel cero neto, al mismo tiempo que ayuda a reducir los costes del sistema de generación de electricidad en general.

En esta línea, la World Nuclear Association (WNA) inició en 2019 un programa llamado Harmony, cuyo objetivo es conseguir que en 2050, el 25% de la electricidad que se produzca a nivel mundial proceda de la energía nuclear – ese porcentaje ahora mismo está en un 10%-. Este reto supone triplicar el número de reactores y construir 1.000 GW de nueva capacidad para 2050. Alcanzarlo requiere, según la WNA, que la tecnología nuclear sea reconocida por su confiabilidad, y debe ser tratada en los mismos términos que otras tecnologías bajas en carbono como parte de una combinación sólida de bajas emisiones.

La energía nuclear en el mundo

Según la Agencia Internacional de la Energía (IEA), la tecnología nuclear representa alrededor del 10% de la generación de electricidad a nivel mundial, llegando a casi el 20% en las economías avanzadas.

En los datos anuales publicados por el Sistema de Información sobre Reactores

de Potencia del OIEA (PRIS), a finales de 2021, la capacidad mundial de energía nuclear operativa era de 389,5 GW, proporcionada por 437 reactores operativos en 32 países.

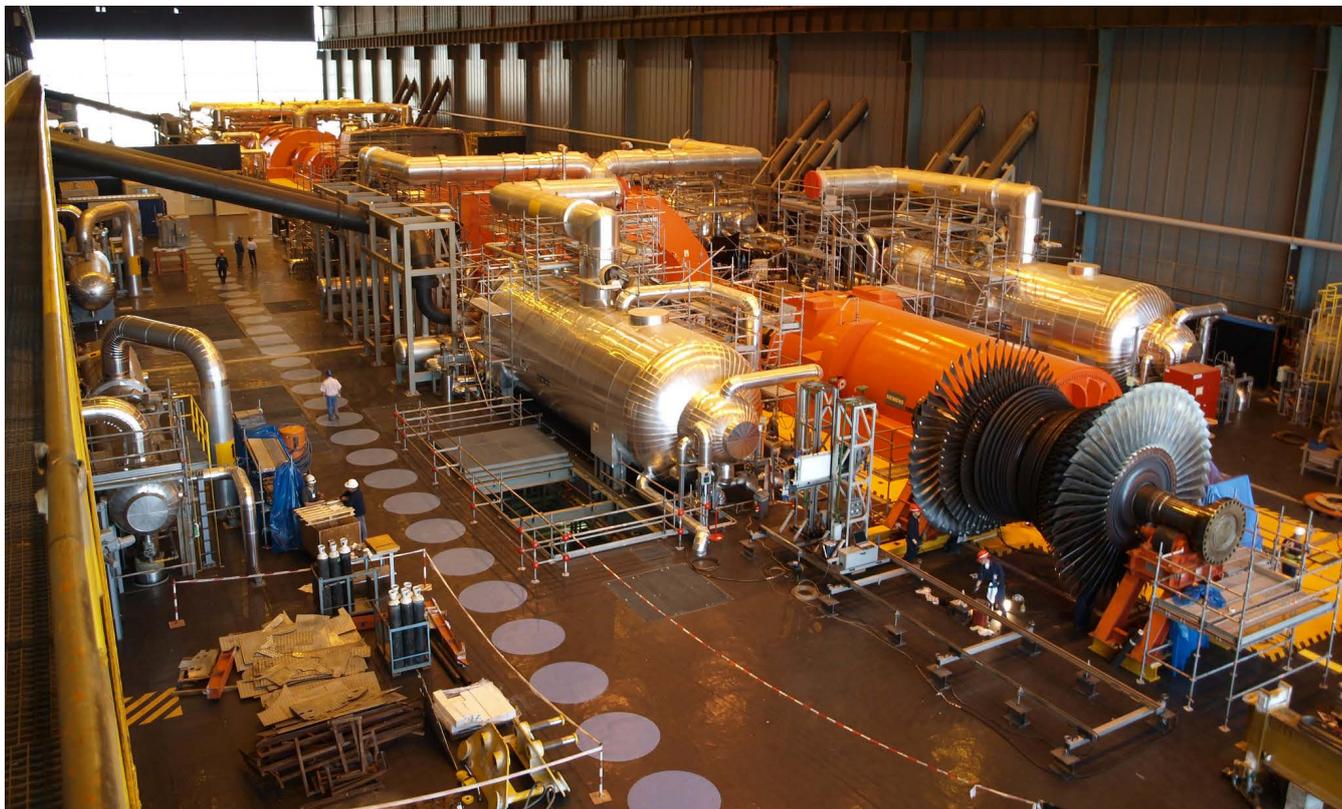
A lo largo de 2021, el parque mundial de reactores nucleares suministró 2.653,1 TWh de electricidad de bajas emisiones, un poco más que en 2020, y representaron más de una cuarta parte de la generación de electricidad baja en carbono del mundo.

A 31 de diciembre de 2021, se estaban construyendo 56 reactores con una capacidad total de 58,1 GW en 19 países, y se conectaron a la red 5,2 GW de capacidad de energía nuclear con seis nuevos reactores, todos ellos en Asia.

Por el contrario, se cerraron permanentemente 10 reactores que representan 8,7 GW de capacidad nuclear. Unos 5,1 GW de esa capacidad perdida provinieron de tres reactores en Alemania (Brokdorf, Grohnde y Gundremmingen-C) y tres reactores en Reino Unido (Dungeness Gas-Cooled Reactor unidas B-1 y B-2 y Hunterston B-1).

SMR, la nueva generación de reactores

En su informe de seguimiento de la electricidad nuclear, publicado en septiembre de este año, la IEA destaca que en los úl-



Edificio de turbinas de una central nuclear.

timos 50 años, la industria nuclear ha evitado alrededor de 66 Gt de emisiones de CO₂ a nivel mundial, al reducir la necesidad de carbón, gas natural y petróleo.

Sin la energía nuclear, las emisiones de CO₂ del sector eléctrico en las economías avanzadas, lideradas por Estados Unidos y la Unión Europea, habrían sido un 20% más altas en los últimos 50 años.

La IEA advierte de que para ponerse en marcha el Escenario Cero Neto, la energía nuclear deberá continuar expandiéndose a un ritmo de 10 GW por año hasta 2030, lo que exigirá por una parte, ampliar la vida útil de las actuales centrales nucleares y, por otra, construir centrales nuevas.

Estados Unidos, Francia, Bélgica o Corea, entre otros países, han aprobado la extensión de la vida útil de los reactores nucleares existentes. Además, se ha anunciado la inversión en nuevos proyectos a gran escala. En Europa, Reino Unido tiene previsto construir ocho nuevos reactores, seis en el caso de Francia. Por su parte, India tiene la intención de construir otros diez proyectos, y China se ha propuesto la meta de alcanzar 70 GW para 2025.

Estas ambiciones de crecimiento han fomentado la innovación en tecnologías nucleares y han dado lugar a nuevos reactores de menos de 300 MW, un tercio de la capacidad de producción de los reactores tradicionales.

Los denominados pequeños reactores modulares (SMR), que forman parte de la Generación III de centrales nucleares, enfocada a una mayor seguridad, son más fáciles y rápidos de construir. Actualmente hay 70 diseños en desarrollo en todo el mundo. Una de sus ventajas es que se pueden construir en una fábrica y ser trasladados a su ubicación final, reduciendo los riesgos, los tiempos y los costes. Además, necesitan menos espacio que una gran central nuclear convencional, por lo que pueden instalarse en zonas aisladas o de difícil acceso a la red eléctrica.

El hecho de que en los últimos años algunos países estén apoyando la construcción de los SMR, ha desbloqueado la inversión privada, impulsando aún más su desarrollo. Estados Unidos es uno de los países que más cerca está de contar con SMR operativos en 2030. Siguen su ejemplo Canadá, con una hoja de ruta que prevé la implementación de los SMR a finales de la década de 2020, y Francia, donde los pequeños reactores han reci-

bido un apoyo gubernamental de 1.000 millones de euros para, igualmente, hacerlos realidad en 2030.

Uno de los países más avanzados es China, que tiene varias tecnologías nucleares en desarrollo, con algunos proyectos como las unidades HTR-PM en Shidao Bay, ya conectadas a la red en 2021 y otras en construcción.

Rusia cuenta con una central nuclear flotante formada por dos reactores de 35 MW cada uno. Otros países que están apostando por los SMR son Argentina o Corea del Sur, donde hay reactores en fase de construcción o de concesión de licencias.

La inversión tanto privada como pública en estos desarrollos será crucial. Según la Agencia Internacional de la Energía, la inversión en la industria nuclear para cumplir con el Escenario Cero Neto deberá superar los 100 mil millones de dólares por año a fines de la década de 2020, más del triple del nivel reciente, que se sitúa en 35.000 millones de dólares anuales. Para lograr este objetivo, la IEA apunta que será fundamental que los gobiernos aumenten la seguridad jurídica o limiten los cambios políticos respecto a la energía nuclear.

El futuro de la energía nuclear

Más allá de 2030 y de 2050, las expectativas se centran en una nueva generación de reactores que incorporan cambios importantes en los enfoques de diseño, combustible, materiales o configuración de sistemas en comparación con los existentes.

Para hacer posibles los proyectos que aún se encuentran en fase de investigación, en el año 2000 se constituyó el Foro Internacional Generación IV (GIF), en el que están involucrados 13 países (Argentina, Australia, Brasil, Canadá, China, Francia, Japón, Corea, Rusia, Sudáfrica, Suiza, Reino Unido y Estados Unidos), además de Euratom, que representa a los 27 miembros de la Unión Europea.

GIF ha seleccionado seis tecnologías de reactores para continuar con la I+D: el reactor rápido refrigerado por gas, el reactor rápido refrigerado por plomo, el reactor de sales fundidas, el reactor refrigerado por agua supercrítica, el reactor rápido refrigerado por sodio y el reactor de muy alta temperatura.

El proyecto ITER

Todas las tecnologías mencionadas se corresponden con la técnica de fisión nu-

clear, que es la que se utiliza en la actualidad. Pero existe otra técnica que está atrayendo esfuerzos de investigación y desarrollo a nivel mundial: la tecnología de fusión.

El Consejo de Seguridad Nacional (CSN) define la fusión nuclear como una "reacción nuclear en la que dos núcleos de átomos ligeros, en general el hidrógeno y sus isótopos (deuterio y tritio), se unen para formar otro núcleo más pesado, generalmente liberando partículas en el proceso".

El experimento de fusión más grande y avanzado del mundo es, con siete miembros internacionales (China, India, Japón, Corea del Sur, la Unión Europea, la Federación Rusa y los Estados Unidos), el proyecto Reactor Termonuclear Experimental Internacional (ITER), que se está construyendo actualmente en Cadarache, Francia.

Basado en el concepto tokamak (utilizando un dispositivo que confina el plasma a través de un campo magnético), el ITER está diseñado para lograr una ganancia de potencia de fusión de al menos 10 y producir 500 MW de potencia de fusión.

España participa en el ITER a través del Laboratorio Nacional de Fusión, dependiente del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, CIEMAT.

Isabel García Cortés, investigadora del Laboratorio Nacional de Fusión y presidenta del Claustro Científico-Técnico del CIEMAT, explica que en España la inversión está concentrada en el TJ-II, cuyo objetivo es el estudio de la física de plasmas confinados magnéticamente, con énfasis en el impacto de la configuración magnética en el transporte de calor y partículas. Estos estudios deberían contribuir significativamente a los esfuerzos internacionales para desarrollar la fusión por confinamiento magnético como una fuente de energía.

La fusión tiene por delante muchos retos que superar. Las máquinas son tan complejas que actualmente el trabajo en el Laboratorio es más de ingeniería que de física. "La fusión tiene muchos desafíos tecnológicos y ahora mismo tienen un papel determinante los ingenieros", explica la científica, quien considera que la fusión podría formar parte del mix energético en 50 o 100 años.

La investigadora se muestra optimista con los avances que se están dando y estima que los primeros plasmas se conseguirán en 2025 o 2026, y los primeros resultados con deuterio tritio en los que se demuestre la fusión están previstos para 2030.

REACTORES MODULARES PEQUEÑOS (SMR)



- Compactos y sencillos
- Potencia eléctrica hasta **300 MWe**
- Sirven para producir electricidad, vapor de proceso a alta temperatura o hidrógeno y desalar el agua del mar
- Puesta en servicio prevista en las próximas dos décadas
- Producción modular en fábrica y transporte al emplazamiento para ensamblaje y operación



Características principales



Beneficios

- Modulares
- Facilidad de licenciamiento y estandarización
- Reducción de tiempos de construcción y de costes
- Flexibilidad en la elección del emplazamiento
- Más eficiencia
- Posibilidad de hibridación con otras fuentes de energía
- Diversidad de aplicaciones

Más de **70** diseños diferentes en distintas etapas de desarrollo

Fuentes: Foro Nuclear, US Office of Nuclear Energy y NuScale

Características y ventajas de los pequeños reactores modulares. Fuente: Foro Nuclear.

Las objeciones a la energía nuclear

Los argumentos que defienden la contribución de la energía nuclear a la transición energética chocan con la visión de varias organizaciones que se oponen a esta tecnología e incluso piden el cierre

de las centrales nucleares.

El divulgador Alfredo García considera que el origen de las reticencias y los prejuicios contra la energía nuclear se encuentra en el desconocimiento de cómo funcionan las centrales nucleares y de sus riesgos reales, así como de

campañas antinucleares para conseguir adeptos, con objetivos políticos o económicos.

En su oposición a la energía nuclear, los detractores citan los tres mayores accidentes que se han producido en la industria nuclear mundial: Three Mile Island, Chernóbil y Fukushima.

“La influencia de los accidentes se ha distorsionado, no se han explicado correctamente, sino que se han utilizado para fomentar el miedo. Por ejemplo, en el accidente de Fukushima, causado por un tsunami y que terminó fundiendo tres núcleos, no causó ninguna muerte por radiactividad científicamente demostrable, y se habla más del accidente de la central nuclear que de las 20.000 personas que perdieron la vida por el seísmo y posterior tsunami de 2011”.

Sobre Chernóbil, Foro Nuclear explica que el accidente de 1986 tiene su raíz en la “falta de una cultura de seguridad, consecuencia a su vez de la falta de un régimen político y social democrático en la Unión Soviética”. La organización también cita el mal diseño de la central nuclear de Chernóbil, con un reactor RBMK que nunca hubiera sido autorizado en occidente, así como la ausencia de un sistema independiente de inspección y evaluación de la seguridad de las instalaciones nucleares.

Después del accidente de Chernóbil, se fundó la World Association of Nuclear Operation (WANO), con el objetivo de alcanzar los más altos niveles de seguridad y fiabilidad en la operación de las centrales nucleares.

La energía nuclear en España

En España, la dependencia de la energía nuclear es mayor que la media global. Según el informe anual “Resultados nucleares de 2021 y perspectivas de futuro” de Foro Nuclear, el año pasado el 20,8% de la electricidad producida tuvo origen nuclear, aunque seis de las siete centrales nucleares en operación tuvieron que realizar paradas de recarga de combustible programadas (más largas de lo habitual por las medidas preventivas frente a la Covid-19).

En España existen actualmente siete reactores operativos, Almaraz I y II, Ascó I y II, Cofrentes, Trillo y Vandellós II, que produjeron 54.040 GWh netos, lo que representa el 30,36% de la electricidad libre de carbono de nuestro país. Cabe destacar que es la única tecnología que lleva más de diez años consecutivos pro-

duciendo una quinta parte de la electricidad consumida.

A 31 de diciembre, la potencia neta total instalada en el conjunto de tecnologías de generación eléctrica en España era de 112.801 MW, de los que 7.117 MW netos correspondían al parque nuclear, representando el 6,31% del total de la capacidad neta instalada en el país, un porcentaje que, aunque parezca bajo, no es nada desdeñable si tenemos en cuenta que esa cifra es responsable del 20,8% de toda la producción, evitando la emisión de cerca de 20 millones de toneladas de CO₂ a la atmósfera.

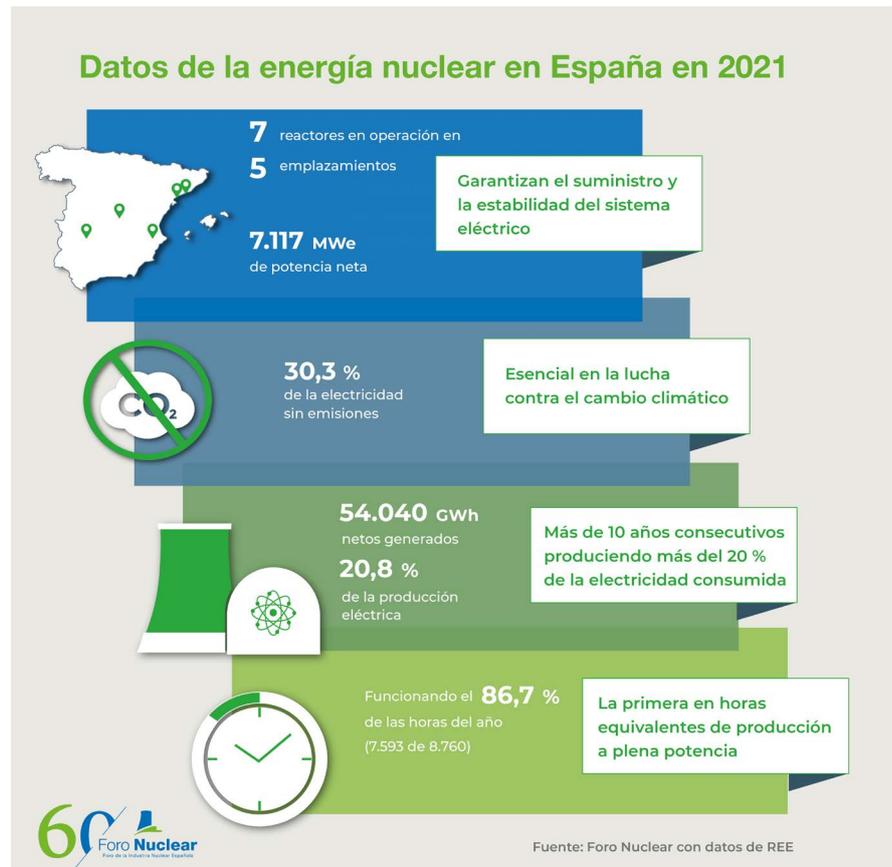
Por todo ello, la tecnología nuclear "resulta esencial en la lucha contra el cambio climático", asegura Ignacio Araluce, presidente de Foro de la Industria Nuclear Española.

Plan de cierre de centrales nucleares en España

A pesar de estos datos, el parque de reactores nucleares de España se encuentra inmerso en un proceso de cierre. El Plan Nacional Integrado de Energía y Clima para el periodo 2021-2030 del Gobierno español prevé para el año 2030 una potencia bruta total instalada en el sector eléctrico de 161 GW, de los que tan solo 3 GW corresponden a la tecnología nuclear. Es decir, el PNIEC prevé rebajar la potencia nuclear instalada, pasando de los 7,39 GW actuales a tan sólo 3 GW en 2030, con el objetivo último de prescindir por completo de esta fuente a partir de 2035. La potencia retirada será compensada, según el PNIEC, con la penetración de tecnologías renovables, especialmente la eólica y la solar.

El cierre de las centrales nucleares previsto en el PNIEC y pactado por el Gobierno con las compañías eléctricas será ordenado, escalonado y flexible, de manera que cuatro reactores de los siete existentes cerrarán en el periodo comprendido entre 2021 y 2030, y los tres restantes lo harán entre 2030 y 2035.

El divulgador Alfredo García, autor del libro *La energía nuclear salvará el mundo*, considera que cerrar centrales nucleares en el contexto actual "es un auténtico suicidio, que lastrará las transiciones de los lugares donde se produzca, aumentará la pobreza energética y la dependencia del gas exterior. La experiencia ha demostrado que cerrar centrales nucleares se traduce en quemar más gas, no solo en Europa, sino también en Estados Unidos o Japón". En definitiva, el experto cree que



Con siete reactores operativos, el parque nuclear español produce el 30,3% de la energía libre de emisiones. Fuente: Foro Nuclear con datos de REE.

"la mayoría de los cierres previstos por razones ideológicas van a ser revertidos, como ya ha ocurrido en Corea del Sur, que seguirá operando sus 24 reactores nucleares, y Japón, que está reabriendo los suyos".

En este sentido, Jaime Redondo, vocal de la Junta Directiva de Jóvenes Nucleares de la Sociedad Nuclear Española (SNE), explica que la decisión de cierre no está respaldada por ningún criterio técnico. Mientras que países con posturas similares a la española como Alemania y Bélgica han dado marcha atrás en sus políticas de cierre, "España es el único país que no ha movido ni un ápice su postura".

Cabe preguntarse qué consecuencias puede tener para nuestro país el cierre definitivo de todas las centrales nucleares. ¿Es viable un sistema energético que prescinda por completo de la energía nuclear?

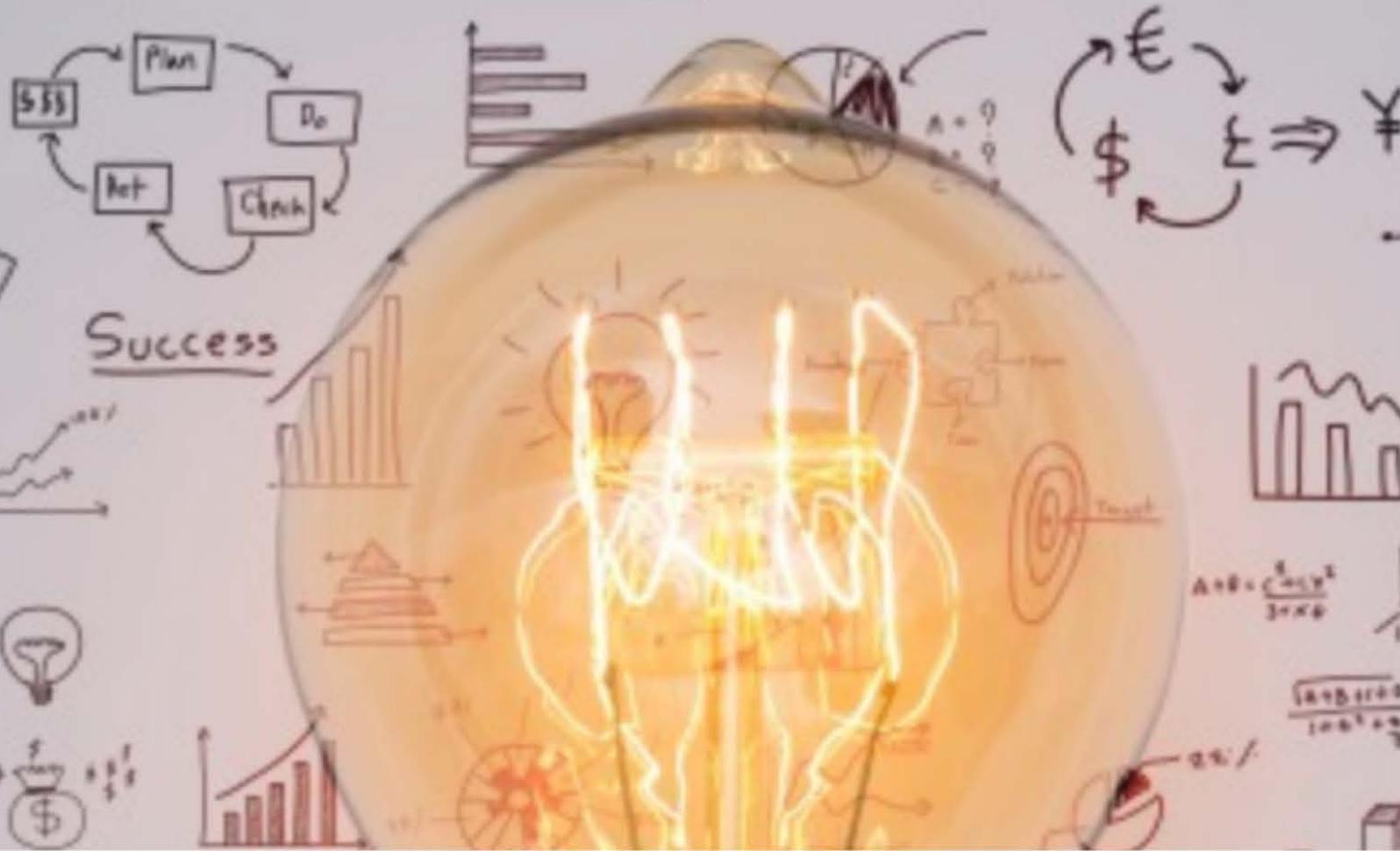
Jaime Redondo responde que es tecnológicamente posible, porque tenemos un parque de centrales de ciclo combinado de gas que nos asegura el suministro, siempre y cuando seamos capaces de acceder a ese combustible fósil, cuyo

coste actualmente es muy elevado. "No sufriremos un desabastecimiento, pero desde el punto de vista económico, el cierre de las centrales nucleares es para el ciudadano perjudicial, y desde el punto de vista de los objetivos de lucha contra el cambio climático, es claramente una utopía".

No obstante, Redondo remarca que el plan de cierre es reversible y España aún está a tiempo de subirse al tren nuclear del futuro. No se puede dar marcha atrás en el último momento, asevera, se necesita una planificación previa. "Cinco años en el mundo nuclear son muy pocos y las inversiones necesarias deben ser acometidas con tiempo suficiente como para poder prever la operación de reactores a más largo plazo".

La industria nuclear española está preparada para ello y cuenta con gran cantidad de empresas a la vanguardia, que han diversificado e internacionalizado su negocio. "Desde el punto de vista tecnológico, no tenemos ningún problema para acometer las mejoras tecnológicas que se necesitarían para alargar la operación del parque nuclear español", concluye el experto.

PREMIO FUNDACIÓN TÉCNICA INDUSTRIAL



**A LA INNOVACIÓN
TECNOLÓGICA,
EMPRESARIAL Y
SOSTENIBILIDAD**

WWW.FUNDACIONTINDUSTRIAL.ES

Carlos Fernández

CEO y socio fundador de Gogoa Mobility Robots, y de su filial Cyber Human Systems, desarrolladora de un exoesqueleto realizado con textiles "inteligentes"

"Con esta tecnología, el exoesqueleto se integra con la persona como un grupo muscular suplementario"

Mónica Ramírez

Una 'startup' vasca, Cyber Human Systems, se convertía en 2021 en la primera empresa española que diseñaba, patentaba y comercializaba exoesqueletos ultraligeros dirigidos solo a entornos industriales. Su primer producto fue un exoesqueleto para reducir lesiones en la zona lumbar. Ahora, la firma lanza la solución 'Exoarms', un exoesqueleto realizado con textiles "inteligentes", que permite reducir lesiones en brazos, hombros y cuello. En ambos casos, se trata de ayudas dirigidas a prevenir los riesgos laborales derivadas de esfuerzos, trabajos en posiciones forzadas durante largos periodos de tiempo y/o movimientos repetitivos, trastornos que hoy en día constituyen una buena proporción de los partes abiertos por las mutuas laborales.

Técnica Industrial ha entrevistado a Carlos Fernández, CEO de Cyber Human Systems (filial del grupo vasco Gogoa Mobility), para conocer las principales innovaciones de los proyectos que lleva a cabo la compañía, que trabaja también en el desarrollo de exoesqueletos en el ámbito de la rehabilitación robótica.

¿Cómo fueron los comienzos de la empresa Cyber Human Systems ?

Desde nuestra empresa matriz Gogoa Mobility Robots llevábamos trabajando en el desarrollo de exoesqueletos para rehabilitación de la movilidad desde el año 2015. En 2019, varias empresas del sector de la automoción se pusieron en contacto con nosotros para saber si podríamos fabricarles exoesqueletos para el soporte a la actividad de sus empleados; centrados en dos actividades que están provocando un número significativo de bajas laborales, por encima del 15 % de la plantilla que trabaja en esos puestos: el levantamiento de cargas y los trabajos con las manos por encima de los hombros.

Desarrollamos inicialmente dos exoesqueletos para cubrir estas funcionalidades, Aldak para el soporte lumbar y Besk



Carlos Fernández, CEO de Gogoa Mobility Robots.

para el soporte ingravido de los brazos. Estos exoesqueletos están actuados con cilindros hidroneumáticos y aportan una reducción de carga de 30 kg en soporte lumbar y de hasta 14 kg en el soporte de brazos.

A partir del aprendizaje y el análisis de las necesidades reales de los trabajadores comenzamos a trabajar en un nuevo concepto totalmente integrado en las personas, como una segunda piel con músculos; desarrollamos un conjunto de textiles inteligentes que dieron paso al exoesqueleto "Exosoft" en 2021. Una tecnología que está revolucionando el mercado.

Háblenos del equipo humano que forma parte de la compañía.

En Gogoa convivimos ingenieros de distintas especialidades: mecánicos, de diseño industrial, biomédicos, eléctricos, electrónicos, y de organización, con un economista y varias fisioterapeutas. Un equipo que combina experiencia con juventud, que nos permite innovar y lanzar al mercado productos de forma rápida. El pasado verano, la firma lanzaba la solución 'Exoarms', que permite reducir lesiones en brazos, hombros y cuello

- ¿Cuál ha sido la motivación del proyecto y cuáles son las principales innovaciones que han incorporado en este exoesqueleto con "textiles inteligentes"?

El desarrollo de "Exoarms" ha sido prácticamente a medida de los retos planteados por algunos de nuestros clientes como Airbus (UK), donde sus operarios tienen que trabajar durante horas realizando instalaciones eléctricas con las manos a la altura de los ojos.

Las principales novedades se centran en el uso de textiles con deformación variable y en el diseño de la estructura, que se acopla sobre los hombros y permite movilidad y soporte de los brazos en posiciones forzadas, trasladando la carga a grupos musculares más fuertes de la espalda, y reduciendo así la fatiga y el riesgo de lesiones. Además, hemos comprobado que permite aumentar la precisión en el trabajo y, como derivada, la productividad.

Hasta llegar a su fabricación, ha sido necesario emplear más de 1.500 horas en investigación, desarrollo e innovación, ¿cómo ha sido este camino? ¿Qué papel han jugado los ingenieros en todo este proceso?

Nuestro equipo de ingeniería es clave en el diseño y desarrollo de nuestros productos. El ingenio y la creatividad son claves para encontrar soluciones funcionales y con costes asumibles por el mercado. Han sido muchas horas de trabajo, de prueba error, hasta llegar a conseguir que el producto funcione como queríamos.

El exoesqueleto, diseñado y fabricado en Bizkaia, aspira a exportarse a otros países de la Unión Europea, ¿qué proyección se espera tener?

Ya estamos en mercados como el finlandés, el italiano, el francés o el alemán, y hemos llegado también a USA, México o Chile. Esta nueva tecnología permite que el exoesqueleto se integre con la



Exoesqueleto de brazos de Gogoa Mobility Robots.

persona como un grupo muscular suplementario; esto hace que sean cómodos, con libertad de movimientos y den el soporte adecuado solo cuando se necesita, y esto está haciendo que el mercado lo adopte a nivel global.

Por otra parte, Cyber Human Systems es una 'spin off' (filial) del grupo vasco Gogoa Mobility Robots, pionero en España en el desarrollo y comercialización de exoesqueletos para usos médicos o de rehabilitación. ¿Cuáles son los principales proyectos que se han desarrollado en este ámbito?

Estamos diseñando la nueva generación de exoesqueletos para extremidades inferiores con una arquitectura y tecnología totalmente distinta a todo lo que hay actualmente en el mercado, incorporando motores lineales que emulan a los músculos de cada articulación frente a la solución actual, en la que contamos con sistemas de movimiento rotatorio. También estamos trabajando en un sistema de rehabilitación de tobillo de bajo coste, que lanzaremos al mercado para finales de año.

Gogoa Mobility Robots es una de las cinco empresas en el mundo, y la primera europea, que ha conseguido la homologación como fabricante de este tipo de equipamiento médico, ¿cómo es el proceso para la obtención de dicha homologación?

Complejo y caro, al final el proceso es similar al que hay que desarrollar para

la certificación de un medicamento. El exoesqueleto se ha certificado como equipamiento médico de clase 2A, lo que implica que sirve para tratar distinto tipo de patologías como lesiones medulares parciales, daño cerebral adquirido (ICTUS) o enfermedades neurodegenerativas como Parkinson o Ataxias, con lo cual tienes que haber desarrollado ensayos clínicos que demuestren que el tratamiento con tu exoesqueleto es beneficioso para los pacientes, y que realmente les ayuda en su proceso de rehabilitación. Eso, además de que los materiales sean biocompatibles, evitar la posibilidad de descargas eléctricas a los usuarios y a los pacientes, pasar las pruebas de compatibilidad electromagnética, tener toda la red de proveedores certificada, y contar con la licencia de fabricante de equipos médicos y con la norma de calidad 13485.

¿En qué situación se encuentra actualmente el mercado de exoesqueletos en el ámbito médico y de la rehabilitación?

Aún en un estadio incipiente. La mayoría de las ventas son para realizar ensayos, pruebas..., más para jugar que para usarlos realmente en procesos de rehabilitación de pacientes. A día de hoy podemos afirmar que en España, únicamente en nuestras propias clínicas de rehabilitación en Urretxu y en Bilbao se están realizando tratamientos completos de rehabilitación con exoesqueletos. Esperamos que con la demostración real que está suponiendo en la rehabilitación de pacientes, más centros de rehabilitación y clínicas se animen a incorporar los exoesqueletos a su oferta de rehabilitación.

¿Cuáles son, en su opinión, los principales avances que supone este tipo de ayuda frente a los tratamientos convencionales?

Un exoesqueleto permite un tratamiento intensivo con la participación activa del paciente, algo que es imposible con un tratamiento convencional. La repetición de un patrón de marcha diseñado específicamente para cada paciente, en función de su situación y su patología, permite que en un plazo de 3 o 5 meses la persona mejore de forma significativa su patrón de marcha, consiguiendo en muchos casos volver a andar.

¿Queda todavía mucho camino por recorrer en este ámbito asistencial?

Muchísimo, tenemos que tener en cuenta

que hasta ahora la rehabilitación en sanidad es la hermana pobre. Hoy por hoy, por ejemplo, tras un ICTUS el objetivo es estabilizarte y enviarte a casa lo antes posible, la rehabilitación se limita a cuatro sesiones de tratamiento convencional durante un máximo de 6 meses; se supone, aunque no es cierto, que ya no te puedes rehabilitar más. En nuestros ensayos clínicos y en nuestras clínicas de rehabilitación hemos demostrado que no es así y que pacientes que sufrieron un ICTUS hace 5 años y caminaban con el paso del segador (batiendo la pierna), ahora tienen un patrón de marcha normal, cuando antes solo eran capaces de andar 200 metros, ahora andan 5 Km todos los días.

También hemos medido el ahorro que supone para la sanidad pública el que una persona se rehabilite de forma adecuada, y son millones de euros, muchas menos enfermedades derivadas, muchas menos visitas al médico, muchos menos medicamentos, mucha menos necesidad de asistencia social, etc.

Para desarrollar estos proyectos necesitarán el asesoramiento por parte de médicos y profesionales sociosanitarios expertos en la materia, ¿cómo es la interacción con ellos?

Contamos en nuestro equipo con fisioterapeutas y colaboramos con médicos rehabilitadores y neurólogos. Hemos encontrado unas cuantas *rara avis*, que les encanta la tecnología y que nos ayudan muchísimo en la definición de las necesidades y en la valoración de los productos.

¿Cómo se imagina todo este sector dentro de 10 o 20 años?

Creo que los exoesqueletos habrán evolucionado a sistemas más integrados, como lo están haciendo en los exoesqueletos industriales, y que su uso se habrá expandido, y lo normal será que la gente se rehabilite con exoesqueletos y no con terapias convencionales con las que en realidad es muy difícil conseguir avances significativos.

¿Cuáles son las principales dificultades y retos a los que se enfrentan como expertos en innovación?

Como siempre, el principal problema es la financiación, sobre todo la inversión. En nuestro país nadie apuesta por la tecnología dura, todos los inversores quieren software, poner poco dinero y ver si dan el pelotazo. Nadie quiere invertir en productos complejos.

Jordi Pelegrí

Country manager de Universal Robots en España y Portugal

“Las industrias médica, farmacéutica y química son las que más adoptan la robótica colaborativa”

Mónica Ramírez

Los avances de la robótica en el ámbito de la medicina son ya una realidad en muchos centros sanitarios. Desde plataformas móviles autónomas que desinfectan plantas de hospital, hasta brazos robóticos que ejecutan tratamientos de fisioterapia mediante aire comprimido, pasando por aquellos que manipulan material delicado o que se dedican al montaje de piezas pequeñas de prótesis y dispositivos médicos. Son solo algunos ejemplos de robots colaborativos en este campo asistencial, y una muestra de su precisión y de su trabajo con uniformidad, en el que el error humano o la aleatoriedad quedan fuera de su marco de actuación.

Uno de los principales objetivos de esta tecnología es contribuir a deshacer cuellos de botella, y preservar el tiempo y el talento de los profesionales sanitarios para que puedan centrarse en la atención al paciente, la mejora continua, la elaboración de informes, etc. De hecho, según un estudio de McKinsey & Company, automatizar los procesos sanitarios permite ahorrar hasta un 80% del tiempo destinado a las tareas repetitivas del sector.

Desde Universal Robots, sus profesionales han tenido la oportunidad de participar en numerosos proyectos junto a centros sanitarios, lo que les ha permitido comprobar el potencial transformador de la robótica colaborativa, en pro de la calidad asistencial. Jordi Pelegrí es ingeniero electrónico, y cuenta con más de 10 años de experiencia en el ámbito de la automatización y control de procesos industriales, durante los cuales ha trabajado con destacadas empresas. En la actualidad, es Country Manager de Universal Robots en España y Portugal.

¿Cuál es la situación actual de la implementación de los robots colaborativos o cobots en términos generales?

Tras un primer período de efervescencia y crecimiento, la robótica colaborativa



Jordi Pelegrí

es ahora un mercado maduro, y una de las mayores tendencias de la automatización. Lo comprobamos en el parque de brazos robóticos instalados en todo el mundo (más de 50.000 equipos, en el caso de Universal Robots), y también en la consolidación de un ecosistema de ingenierías, integradores, distribuidores y desarrolladores de garras y accesorios, que trabajan para desplegar aplicaciones concretas y adaptadas a las necesidades concretas de la industria. Este hecho ha conducido a una diversificación y a la garantía, cada vez más clara, de que cualquier fabricante puede encontrar en la robótica colaborativa una solución adaptada a sus desafíos de producción.

¿Y concretamente en los centros hospitalarios?

Las industrias médica, farmacéutica y química se encuentran entre las que más están adoptando la robótica colaborativa. Seguramente tenga mucho que ver el hecho de que automatizar los procesos sanitarios permite ahorrar hasta un 80% del tiempo destinado a tareas repetitivas del sector, según señaló un estudio de McKinsey & Company. Los avances en robótica ayudan a deshacer los cuellos de botella y a proteger el tiempo de los profesionales sanitarios para labores de mayor impacto.

¿A qué piensa que se debe el hecho de que la robótica colaborativa sea una de las tecnologías emergentes en los centros sanitarios y los laboratorios médicos? ¿Qué ventajas ofrecen?

Son muchas las características de los cobots que pueden resultar beneficiosas para los laboratorios. En primer lugar, su precisión al manipular materiales delicados o hacer la medición o la mezcla de materiales. Por tanto, reducen la posibilidad del error. En segundo lugar, son higiénicos, lo que disminuye los ciclos de entrada y salida a zonas limpias y los desechos en materiales de protección desechable. En tercer lugar, son ligeros y compactos, por lo que pueden trabajar en laboratorios pequeños y al lado de los empleados de forma segura. En cuarto lugar, se pueden reprogramar con facilidad para realizar nuevas tareas. Son versátiles. Y finalmente, están interconectados, lo que garantiza la trazabilidad y aporta un mayor grado de fiabilidad.

Desde Universal Robots han tenido la oportunidad de participar en numerosos proyectos junto a centros sanitarios que les ha permitido comprobar el potencial transformador de la robótica colaborativa, en pro de la calidad asistencial, ¿podría citar algunos ejemplos?

Por ejemplo, ayudamos al Hospital Universitario de Copenhague a automatizar la clasificación de muestras de sangre con dos cobots UR5. De este modo, los robots pueden gestionar 3.000 muestras diarias, colocándolas en una de las cuatro gradillas disponibles en función de los datos contenidos en el código de barras de cada muestra. Más del 90% de los resultados están listos para su entrega en menos de una hora.

Otro caso paradigmático es el de la ONG india Aurolab, que aumentó un 15% la producción de kits contra las cataratas tras incorporar siete robots colaborativos UR. Los cobots se dedican a la manipulación de materiales y el *pick and place*.

¿Cómo se imagina el futuro de los avances de la robótica en la medicina?

Creo que los avances tendrán mucho que ver con la interconexión entre distintas tecnologías que intervienen en el ámbito médico, y con la oportunidad del *machine learning* que nos proporciona la acumulación e interpretación de los datos. Otra tendencia que ya se observa en los centros médicos es el de la robótica móvil, que facilita las tareas de intralógica dentro de un hospital, a la vez que amplía el rango de acción de los robots y nos acerca a la idea de los hospitales inteligentes o automatizados.

En paralelo, donde veo más margen de mejora es en la adopción de la robótica por parte de los profesionales sanitarios. En la medida en que ellos se sientan protagonistas de esta revolución, vean la utilidad de la robótica en su quehacer diario y comprueben que su uso es sencillo, el impacto de la robótica en el mundo médico será mucho mayor.

Como muestra de ello, en España tenemos el caso de Adamo Robot, una solución robótica del grupo Inspiralia que ayuda a los fisioterapeutas en el tratamiento de patologías musculoesqueléticas. La solución se basa en un cobot de UR que aplica aire a la presión adecuada en los puntos de tratamiento que previamente ha definido el profesional sanitario. Esto garantiza tratamientos precisos, uniformes, fiables y trazables, supervisados por un fisioterapeuta.

¿Y cómo piensa que será su simbiosis tecnológica con el big data, la nanotecnología o la inteligencia artificial en el ámbito hospitalario?

La simbiosis tecnológica va a ser clave para que la automatización de hoy signi-

“Tras un primer periodo de efervescencia, la robótica colaborativa es ahora un mercado maduro, y una de las mayores tendencias de la automatización”

fique conocimiento y mejora continua el día de mañana. Ya estamos viendo cómo los robots se benefician de esta interconexión. Por ejemplo, pueden compartir sus resultados o el registro de su actividad con otros equipos.

Además de en el entorno sanitario, ¿en qué otros sectores se están implantando con mayor facilidad los cobots? ¿En qué ámbitos considera que existe un gran potencial?

La automoción ha sido tradicionalmente una industria que se ha situado a la vanguardia en automatización, por la necesidad de buscar la máxima eficiencia en cada proceso. Pero están sobresaliendo otros sectores. Entre ellos destacaría el de la electrónica y el de la industria alimentaria, además de una industria transversal como es la logística.

En su opinión, ¿la robotización será una importante aliada para ganar en competitividad y eficiencia?

Ya lo está siendo, sin duda. La robótica colaborativa permite ganar en precisión y, por tanto, en calidad final. Permite asumir picos de trabajo gracias a una productividad sin interrupciones que puede incluso cubrir turnos de noche. Es suficientemente versátil como para manipular lotes de producción pequeños y diversos. Y, además, es compacta y fácil de usar, lo que reduce los costes asociados al proceso de implementación y mantenimiento.

Como ingeniero electrónico, ¿qué papel juegan los ingenieros en el gran reto de robotizar un tejido productivo dominado por pequeñas y medianas empresas?

Creo que nuestra labor consiste en bajar la tecnología robótica al terreno de juego en el que las empresas de cualquier tamaño tienen que luchar a diario. Las cerca de 400 soluciones certificadas en nuestro ecosistema UR+ se han desarrollado a partir de esa observación

de la realidad de los fabricantes. La dificultad para cubrir puestos de trabajo en las fábricas, la volatilidad de la demanda, el tamaño reducido de muchas naves industriales... Todo eso y mucho más se tiene en cuenta en las soluciones de robótica colaborativa que desarrollamos.

¿Es importante ofrecer formación de calidad en robótica y automatización adaptada a los nuevos retos?

Es esencial. Las personas tienen que ser el centro de la automatización, ya que el liderazgo, la resolución de problemas o la creatividad no se pueden automatizar. Por tanto, necesitamos que los grandes profesionales sean capaces de dominar esta tecnología y ponerla al servicio de los resultados que la empresa precisa. Las empresas necesitan estos perfiles formados en el uso de cobots, y los profesionales también tienen que dar este paso para mantenerse cualificados en un entorno industrial que ya no puede prescindir de la automatización.

¿Qué posibilidades se abren en este sentido?

En Universal Robots contamos con una academia online gratuita para que cualquiera pueda dar los primeros pasos en robótica colaborativa invirtiendo poco tiempo. Además, contamos con una red de centros de formación para especializarse en la programación de cobots de manera avanzada. Asimismo, ayudamos a las universidades, centros de FP y centros de investigación a garantizar que los alumnos experimenten con equipos reales desde el primer día. Lo hacemos a través de un Kit de Educación que no solo incluye un brazo robótico real y accesorios, sino también material didáctico y acceso a una comunidad educativa donde compartir buenas prácticas.

¿Cuáles son sus próximos proyectos profesionales?

He dedicado los últimos 7 años a la introducción de la robótica colaborativa en Iberia. Creo que estamos aún en los inicios de la revolución que está siendo esta tecnología. Mi proyecto profesional pasa por la consolidación de las innumerables aplicaciones en nuevos sectores que estamos desarrollando actualmente y hacerlas extensivas dentro y fuera del sector industrial. Nuestro proyecto pasa por hacer que las personas trabajemos con robots y no como robots.

Pedro Manuel López Redondo

Presidente de la Asociación Española de Ingeniería Hospitalaria (AEIH) y de la Federación Internacional de Ingeniería Hospitalaria-Europa (IFHE-EU)

“La Ingeniería Hospitalaria tiene cada vez mayor protagonismo en la asistencia sanitaria”

Mónica Ramírez

Uno de los principales valores de la Ingeniería y los ingenieros es, sin duda, su dedicación a la sociedad; su capacidad para mejorar la calidad de vida de las personas, a través de su trabajo y sus conocimientos. Así es en todos los sectores en los que estos profesionales dejan patente la huella de su quehacer diario, y el ámbito hospitalario no iba a ser menos.

Durante la pandemia de la Covid-19, la International Federation of Hospital Engineering-Europe ha sido un órgano asesor de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y un referente técnico muy importante, especialmente en la resolución de problemas que se han evidenciado, como la necesidad de ventilación de áreas críticas o la elevada demanda de oxígeno para los pacientes, entre muchos otros.

Pedro Manuel López Redondo es el presidente de la International Federation of Hospital Engineering-Europe (IFHE-EU) y de la Asociación Española de Ingeniería Hospitalaria (AEIH). Ingeniero Técnico Industrial en la especialidad Electrónica Industrial por la Universidad Politécnica de Valencia, y Licenciado en Economía, tiene una larga experiencia en el ámbito hospitalario, como Jefe de Servicio de Ingeniería, Director y Subdirector de Gestión, y Subdirector Gerente en varios hospitales. En la actualidad es Jefe de Servicio de Ingeniería del Hospital Universitari I Politecnic La Fe de Valencia.

¿Qué podemos entender por Ingeniería Hospitalaria?

Si la ingeniería en sentido amplio se define como disciplina y profesión que aplica los conocimientos científicos y tecnológicos, que utiliza las leyes naturales y los recursos físicos con el fin de diseñar e implementar materiales, estructuras, máquinas, dispositivos, sistemas y procesos para alcanzar un objetivo deseado, en nuestro caso el objetivo es la asistencia sanitaria, complementando y potencian-



Pedro Manuel López Redondo

“La evolución tecnológica y su aplicación en el campo de la salud nos ha llevado a que cada vez haya más ingenieros vinculados a los procesos asistenciales”

do la evolución de la medicina y la asistencia en todas sus vertientes, incluyendo la prevención de la enfermedad.

¿Qué profesionales forman parte de ella?

Todos los profesionales de la ingeniería y arquitectura que de alguna forma estén vinculados a la salud, tanto por parte de la industria como por parte del sistema sanitario, público y privado.

Como presidente de la AEIH, ¿en qué momento diría que se encuentra la In-

geniería Hospitalaria en el conjunto de España?

En un momento en el que cada vez tiene mayor protagonismo e importancia. La evolución tecnológica y su aplicación en el campo de la salud nos ha llevado a que cada vez haya más ingenieros vinculados directamente a los procesos asistenciales y no sólo al diseño, construcción y mantenimiento de infraestructuras sanitarias.

¿Cuáles son los principales retos a los que se enfrenta tanto la Asociación como los ingenieros que la integran?

Creo que la Asociación debe jugar un papel importante en aglutinar todas las especialidades de la ingeniería que están posibilitando las nuevas titulaciones y especialidades universitarias, que tienen cabida y de hecho ya están trabajando plenamente en el sector sanitario. De la división antigua entre Ingeniero Técnico e Ingeniero Superior hemos pasado a una división mucho más amplia y especializada en diferentes campos de aplicación a la asistencia sanitaria, como la bioingeniería o la ingeniería de procesos. El amplio número de ingenieros que está demandando en estos momentos el sector salud, obliga a una ordenación y especialización también de los puestos demandados por las organizaciones, empresas y administración sanitaria.

Del 19 al 21 de octubre se celebra el 39 Seminario de Ingeniería Hospitalaria (Congreso Nacional), en la ciudad de Valencia, ¿cuántos profesionales se estima que participen y cuáles serán los principales temas que se van a tratar?

En estos momentos, se están desbordando las previsiones iniciales y estamos barajando un número cercano a los 1.300 asistentes, entre congresistas y ponentes. Creo que el excelente programa científico que han preparado los compañeros de la Comunidad Valenciana-

na está resultando muy atractivo, ya que han conseguido incluir una gran variedad de temas de rabiosa actualidad y ponentes de gran nivel para cada una de estas áreas temáticas. En este sentido, podemos encontrar en Valencia lo último en gestión de equipamiento de alta tecnología, optimización energética, diseño y construcción eficiente infraestructuras sanitarias, interoperabilidad de sistemas, entre otros, y las más de cien comunicaciones libres que se han presentado y que tendremos la oportunidad presenciar en el congreso.

Los difíciles momentos vividos durante la pandemia de la Covid-19 y la necesidad de tomar decisiones rápidas y eficaces puso de manifiesto la importancia de la Ingeniería Hospitalaria, ¿qué papel jugaron los ingenieros en todo ese proceso de adaptación e innovación de las instalaciones e infraestructuras hospitalarias?

Durante la pandemia vivimos lo mejor de los profesionales que trabajan en el sector de la salud, los ingenieros hospitalarios, que como he dicho al principio, incluyen también a los que desarrollan su trabajo en las empresas, tuvieron que exprimir su imaginación e ingenio para abordar un problema que nos sobrepasó a todos. Esta imaginación e ingenio, junto con su gran profesionalidad y el enorme esfuerzo y dedicación empleado, permitieron la adaptación en tiempo récord de nuestros hospitales y centros sanitarios a las necesidades extraordinarias que se requerían.

Prueba de ello son los reconocimientos que han recibido por el trabajo realizado. La Comunidad de Madrid, por ejemplo, distinguió, en abril de 2021, con la Cruz de la «Orden del Dos de Mayo» a la Asociación Española de Ingeniería Hospitalaria, por la asistencia técnica para los proyectos y ejecución de obra del Hospital Enfermera Isabel Zendal, ¿piensa que estos reconocimientos han servido para que la sociedad conozca un poco más acerca del trabajo que realizan los ingenieros que se dedican a este ámbito profesional?

No cabe duda de que el Hospital Isabel Zendal es el símbolo por excelencia de cómo ingenieros y arquitectos fueron capaces de reaccionar y dar todo lo que tienen a la sociedad en un momento tan extraordinario. Es importante reconocer que en todos los hospitales y centros

asistenciales se diseñó un “pequeño Zendal”, cuyo mérito es de los compañeros responsables de ingeniería de estos centros que, de manera individual y abnegada, actuaron en muchos momentos como héroes de esta gran gesta de todos los profesionales sanitarios.

En cuanto a las necesidades y carencias que se detectaron en los centros hospitalarios, ¿les ha hecho reflexionar acerca de los nuevos diseños de hospitales y otras infraestructuras sanitarias?

Efectivamente, la pandemia ha supuesto un antes y un después para los nuevos diseños de centros sanitarios, así como en las reformas y adecuaciones de los existentes. El planteamiento tradicional de las instalaciones de gases medicinales, la climatización y los sistemas de compartimentación o delimitación de espacios ha cambiado. No sólo debemos pensar en lo que ha pasado en concreto sino en nuevas amenazas inesperadas que puedan producirse. Creo que la palabra “flexibilidad” es la que más hemos escuchado en todos los foros de ingeniería que se han producido tras la pandemia.

En los más de 35 años de experiencia que tiene en este campo, ¿ha evolucionado sustancialmente el papel de la Ingeniería Hospitalaria?

Sin duda alguna, la evolución ha sido espectacular y ha ido de la mano de la evolución tecnológica y su paulatina incorporación a las infraestructuras y al equipamiento médico. Esta evolución ha llevado a que haya aumentado el número de ingenieros que trabajan en el sector salud, así como una mayor especialización. A modo de ejemplo, de uno o dos ingenieros en un hospital de tamaño medio, hemos pasado aproximadamente a 10. Esto nos da una idea del gran salto que se ha producido, y de forma equivalente en las empresas que trabajan en el sector.

¿Cómo son las últimas tecnologías e innovaciones que se han incorporado?

Principalmente, en la automatización, control y gestión de procesos. La proliferación de los hospitales llamados “inteligentes”, en los que todos los sistemas están interconectados, incluyendo al equipamiento médico. Esta evolución, junto con las enormes mejoras en la tecnología de diagnóstico y tratamiento, está permitiendo una mayor seguridad, calidad y garantía asistencial.

Los ingenieros que trabajan en este ámbito necesitan estar constantemente formados, ¿cómo se canaliza toda esta formación actualizada?

Como he mencionado anteriormente, la evolución de la ingeniería hospitalaria nos ha llevado a un gran nivel de especialización. Por un lado, las nuevas titulaciones y especialidades universitarias han evolucionado por este camino. Por otro lado, y no menos importante, tanto las universidades como las propias empresas desarrollan sus programas de cursos y másteres de formación específicos que concretan esta especialización del ingeniero.

En su opinión, ¿cómo se podría mejorar la disciplina de la Ingeniería Hospitalaria y hacer que toda la asistencia sea más eficiente?

Creo que el sistema sanitario, sobre todo el sector público, debería realizar una reingeniería para definir las nuevas categorías profesionales necesarias en la actualidad y en un futuro cercano, en coordinación con las universidades y en consonancia con las necesidades presentes y futuras. La medicina evoluciona con gran rapidez y estos cambios exigen cada vez más la presencia de ingenieros en equipos multidisciplinares que se forman para abordar los nuevos procesos asistenciales. Por ejemplo, el diagnóstico por imagen está avanzando en el desarrollo de herramientas automatizadas de apoyo al profesional sanitario, mediante algoritmos basados en grandes bancos de almacenamiento de imágenes digitales. Los equipos que desarrollan estos proyectos están formados en buena parte por ingenieros.

Alguna reflexión más que considera que habría que hacer sobre la Ingeniería Hospitalaria...

Para terminar, me gustaría trasladar mi experiencia personal como presidente de turno de la IFHE-EU, Federación Europea de Ingeniería Hospitalaria. Desde que asumí este cargo en el congreso del año pasado celebrado en Gijón, he podido constatar el gran nivel de la Ingeniería hospitalaria en España. Los problemas y restos de los demás países son muy similares a los nuestros y el entendimiento con nuestros colegas es máximo, puesto que nos une un idioma y un objetivo común como son la ciencia y el servicio a la sociedad.

José Antonio Arenilla Rodríguez

Presidente de ATISAS y Jefe de Servicio de Mantenimiento, Obras, Seguridad y Medio Ambiente en el Área de Gestión Sanitaria Sur de Sevilla (Hospital Universitario de Valme)

“Los ingenieros hospitalarios resolvemos situaciones que impactan en la seguridad del paciente”

Mónica Ramírez

En las últimas décadas, hemos asistido a la tecnificación del sector hospitalario, lo que ha generado la necesidad de contar con ingenieros técnicos especializados en equipos médicos e instalaciones sanitarias.

La Ingeniería Hospitalaria es, por tanto, una rama de la sanidad que se orienta hacia la gestión, planificación, análisis, diseño, desarrollo e implementación de tecnologías que ofrezcan alternativas y soluciones mejoradas a los problemas del entorno hospitalario, a través de las tecnologías más punteras, especialmente en el sector sanitario. De hecho, es una de las profesiones que más están evolucionando y que más van a evolucionar en los próximos años.

José Antonio Arenilla Rodríguez es el presidente de la Asociación Técnica de Ingenieros del Servicio Andaluz de Salud (ATISAS) y Jefe de Servicio de Mantenimiento, Obras, Seguridad y Medio Ambiente en el Área de Gestión Sanitaria Sur de Sevilla (Hospital Universitario de Valme), y en la siguiente entrevista nos desvela las claves de su trabajo.

¿Cuándo y cómo comenzó a ejercer su profesión como Jefe de Servicio de Mantenimiento, Obras, Seguridad y Medio ambiente en el ámbito de los centros hospitalarios?

Mi profesión como tal, en el ámbito del Servicio Andaluz de Salud, se ha desarrollado durante aproximadamente 16 años, en la categoría de “Ingeniero Técnico Industrial” en el Hospital Universitario Virgen del Rocío. Mediante un concurso de traslado, accedí en el año 2017, a este mismo puesto en el Hospital Universitario Virgen de Valme.

Posteriormente, en agosto de 2020, comencé a desarrollar las funciones de Jefe de Servicio de Mantenimiento, Obras, Seguridad y Medio ambiente en el Área de Gestión Sanitaria de Sur de Sevilla (Hospital Universitario de Valme).



José Antonio Arenilla Rodríguez

“Los Jefes de Servicio son responsables de la coordinación e integración de los recursos mediante el proceso de planificación y organización”

¿Es fundamental ser Ingeniero Técnico Industrial para desarrollar este trabajo?

Entendiendo que el Jefe de Servicio debe ser un facilitador de tareas para su equipo y gestor de “problemas” para la Dirección, no es difícil discernir que para facilitar estas “tareas técnicas” y gestionar estos “problemas técnicos”, la profesión regulada como tal, debe de ser Ingeniero Técnico Industrial.

Dado el ámbito sanitario donde desarrollamos nuestra labor y realizando un símil sanitario, no comprenderíamos

un Jefe de Servicio de la Unidad de Pediatría, de cualquier hospital del sistema Nacional de salud, que fuera Grado en Historia del arte, con un Master en Historiador, incluso también sería difícil de comprender que fuera Urólogo.

¿Cuáles son las principales funciones que desarrolla?

Los Jefes de Servicio son responsables de la coordinación e integración de los recursos mediante el proceso de planificación, organización y control de su Servicio Técnico, con el fin de cumplir las metas y objetivos asignados al mismo, dentro de los criterios marcados por la Dirección. Debe saber planificar para su equipo unas metas realistas y ambiciosas, ha de organizar sus recursos, tanto humanos como técnicos, para optimizar su rendimiento.

¿Cuántas personas trabajan en su departamento y qué tipo de trabajo realizan?

En el SAS no existen criterios comunes de cara a dimensionar los recursos humanos mínimos en los servicios técnicos de cada hospital. En mi Servicio, en particular, trabajan las siguientes personas:

Personal de Oficio: los actualmente denominados en el SAS, Técnicos Especialistas en Mantenimiento de Edificios e Instalaciones Industriales (TEMEII), categorías antiguamente denominadas, como electricistas, mecánicos y fontaneros, y técnicos de Mantenimiento (anteriormente albañiles, pintores y carpinteros), jardineros y peones (como ayudantes de un oficio), en torno a 50 profesionales.

Personal Técnico: 2 ingenieros técnicos industriales y un maestro industrial.

Personal de Gestión: Técnicos Medios de Función Administrativa (un TMFA).

Sin duda, la vigilancia y el seguimiento de las instalaciones vitales del complejo hospitalario y de las específicas

de seguridad son primordiales, ¿qué ámbitos e instalaciones abarcan?

El ámbito de las instalaciones industriales es completo, o sea, todas las instalaciones industriales de un centro sanitario son competencia del Ingeniero Técnico Industrial, el cual en mi caso, depende orgánica y funcionalmente de mi Servicio.

Igualmente, el equipamiento electromédico también es competencia del Ingeniero Técnico Industrial, aunque en la realidad este ámbito está compartido con otros profesionales que ostentan otras titulaciones, fundamentalmente físicos e ingenieros industriales. Estas titulaciones no tienen categorías específicas asociadas, en el ámbito del Servicio Andaluz de Salud.

Otro ámbito que gestiona el Ingeniero Técnico Industrial en los centros sanitarios es el correspondiente a las obras y reformas. En este caso también ocurre que existen otros profesionales con otras titulaciones (pero contratados como TMFA o TFA), que desarrollan su trabajo gestionando obras.

Las instalaciones de un hospital, salvando las distancias, las podemos asimilar a las existentes en un gran hotel, teniendo además a otras específicas de la propia actividad sanitaria. En cualquier caso, la fiabilidad y disponibilidad de las instalaciones en los hospitales es mucho más exigente que en cualquier otra actividad, algunas de estas instalaciones son instalación eléctrica: BT, AT y grupos electrógenos; instalación de agua: AFCH y ACS (legionella); instalación de climatización: producción térmica (calderas, enfriadoras, bombas de calor...), climatizadoras, conductos, etc.; instalaciones de protección contra incendios: detección y extinción; transporte vertical (ascensores); puertas automáticas; transporte neumático; cocina industrial; lavandería industrial; iluminación; sistema de control de acceso; sistemas de seguridad: volumétricos, contactos magnéticos, cámaras...; red de vertidos; red de riego de zonas verdes, y otras instalaciones.

Algunas de las instalaciones exclusivas de los hospitales son la instalación de vacío; instalación de gases medicinales; instalación de nitrógeno criogénico; instalación de CO₂ para laparoscopia; quirófanos y salas de intervención; UCI's; procesos de esterilización e instalación de agua osmotizada para diálisis.

¿Cómo es su día a día en lo que respecta a la organización del trabajo?

El hospital tiene el don de sorprenderte,

por mucho que se planifique, siempre aparecen situaciones sobrevenidas e inesperadas, a lo cual estamos acostumbrados los ingenieros hospitalarios. Es a todas luces un entorno VUCA, acrónimo anglosajón de volatilidad, incertidumbre, complejidad y ambigüedad. Tal y como se define en las escuelas militares de los Estados Unidos.

Independientemente de lo dicho, si no

“La prioridad es la seguridad del paciente y dar servicio a nuestros clientes, básicamente los sanitarios, cumpliendo la normativa de Seguridad Industrial”

se dispone de una planificación de base es imposible poder cumplir todos los requisitos que implica gestionar las instalaciones hospitalarias. Tenemos que ser elásticos, adaptarnos a lo sobrevenido, pero sin olvidar lo programado. Esto no es fácil, pero es la realidad que tenemos. La prioridad es la seguridad del paciente y dar servicio a nuestros clientes, básicamente los sanitarios, sin menoscabo del cumplimiento de la normativa de Seguridad Industrial. Por tanto, si surge cualquier situación que impacte negativamente en la seguridad del paciente tenemos que resolverla.

Es importante tener en cuenta que la seguridad del paciente no se vea afectada sólo por la actividad principal, la sanitaria. La actividad soporte también afecta directa e indirectamente a la seguridad del paciente, entre las que se encuentran las desarrolladas por los Servicios Técnicos (Mantenimiento, Obras, Seguridad, Medioambiente y Electromedicina). Por ejemplo, si no se revisan convenientemente los quirófanos, podría suceder (y a veces ha sucedido) que ocurra un conato de incendio en la mesa quirúrgica o que el paciente sufra alguna descarga eléctrica.

En esta línea, se hace necesario resaltar el papel que ha tenido la instalación de gases medicinales en la pandemia. Estas instalaciones estaban concebidas para unos criterios de diseño (presiones, caudales e índice de simultaneidad), que han sido insuficientes para la demanda de oxígeno que requerían las terapias indicadas por los

médicos. Esto impactaba directamente sobre la seguridad del paciente y tuvimos que reaccionar de inmediato para resolver la situación.

Otro aspecto importante en el día a día es la supervisión de los servicios subcontratados. En la actualidad existen instalaciones con alto nivel de especialización, que deben contar con mantenimiento externalizado y es tarea y función del Ingeniero Técnico Industrial el control de estos. Aparte de la gestión técnica, el día a día también implica el ámbito organizativo: sustituciones de personal, conflictos laborales, reuniones con dirección, gestionar las peticiones de los Servicios Centrales del SAS, resolver problemas con proveedores (pedidos, albaranes, facturas...), seguimiento de obras, respuestas a reclamaciones, etc.

Y en lo que respecta a las últimas innovaciones que se han incorporado en el ámbito hospitalario, ¿cuáles destacarías?

Quizás lo más destacado últimamente sea las soluciones que hemos concebido para dar respuesta a las necesidades que han surgido durante la pandemia. En esta línea, en los hospitales del sistema sanitario público de Andalucía, hemos tenido que hacer una labor de reingeniería, rediseñando el concepto de Boxes de observación o de UCI, como sala limpia de ambiente controlado. Hasta la pandemia existían dos tipos: sala limpia con presión positiva para proteger al paciente dentro del box (inmunodeprimidos), y sala limpia con presión negativa para proteger al ambiente externo al box (infecciosos).

Pues a raíz de la pandemia, este tipo de espacios se conciben para poder disponer indistintamente presión positiva o negativa, según se necesite. Igualmente, todo lo relacionado con la calidad de aire interior, sobre todo renovaciones de aire, merece una adaptación a la nueva realidad.

Además, es presidente de la Asociación Técnica de Ingenieros del Servicio Andaluz de Salud (ATISAS), que en octubre de 2020 recibió el prestigioso Premio Martínez Montañés, máximo galardón que concede el Colegio Oficial de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de Sevilla (COGITISE), como reconocimiento a la importante labor que realizan los profesionales que integran dicha asociación. La entrega del premio se hizo en

un momento muy complicado, especialmente en los hospitales, debido al Covid-19, ¿qué significó este premio para usted y cómo vivieron los peores momentos de la pandemia?

Este premio nos cogió de sorpresa ya que, como dijimos en la ceremonia de entrega del premio, los ingenieros de los hospitales no estamos acostumbrados a salir en prensa ni que se hable de nuestro trabajo. Para nosotros, la falta de noticias siempre son buenas noticias. Desde aquí agradecemos, todos los ingenieros de ATISAS, este reconocimiento, el cual recibimos humildemente y en representación de todos nuestros compañeros de Andalucía.

La pandemia tuvo varias olas, como todos sabemos. La primera nos cogió de sorpresa y tuvimos que asumir muchas decisiones que en otro momento no hubiéramos hecho, pero era prioritario adaptar espacios para poder albergar a los pacientes, porque los ingenieros de los hospitales estuvimos en todo momento trabajando en los centros durante la pandemia.

A partir de la segunda ola, se dieron dos situaciones importantes. Por un lado, la medicalización de las residencias de ancianos, para las cuales tuvimos que disponer oxígeno, porque en dichas residencias no existía este medicamento, por lo que reaccionamos (casi siempre en fines de semana) para que nuestros abuelos y abuelas dispusieran de botellas de oxígeno en sus habitaciones. Esto ocurría habitualmente cuando ya había casos de COVID-19 en las residencias, por lo que trabajar en ellas era complicado, ya que se tenía que hacer uso de los EPI's necesarios, accediendo a zonas clasificadas como infecciosas.

Por otro lado, el uso de equipos de terapia respiratoria con mayores requerimientos de lo habitual supuso casi que sucumbieran las instalaciones de gases medicinales. Supimos reaccionar a tiempo, pero aquellos momentos fueron duros.

Otro aspecto que, aunque esté en el ámbito de la Gestión Ambiental, nos tocó de lleno, fue la gestión de los residuos de los EPI's usados en la atención de los pacientes con COVID-19, y los de las vacunas, cuando llegaron. Nuestro gestor autorizado de residuos no estaba preparado para esto, pero se reaccionó con todos los recursos disponibles y pudimos sacarlo adelante. La

segregación de estos residuos sanitarios peligrosos fue desmesurada.

En lo que respecta a ATISAS, ¿por qué se creó y cuáles son los principales objetivos de la Asociación?

La Asociación Técnica de Ingenieros del Servicio Andaluz de Salud (ATISAS) se creó para dar respuesta a una necesidad manifiesta entre un grupo de compañeros Ingenieros Técnicos Industriales, que coincidimos habitualmente en el Congreso anual de Ingeniería Hospitalaria, concretamente en el año 2017, en Las Palmas de Gran Canaria. Ya al Congreso llegamos con un grupo de WhatsApp creado, en el que nos intercambiábamos mensajes y documentación para intentar buscar soluciones que no encontrábamos en nuestra organización. En aquel entonces, empezamos con 5 compañeros y actualmente somos 57. Somos una organización de naturaleza asociativa y sin ánimo de lucro.

Nuestros fines son la formación en temas relacionados con las instalaciones de los centros sanitarios, industriales y electromédicas, y la gestión hospitalaria; la promoción del estudio de los problemas científicos o técnicos referentes a la Ingeniería Hospitalaria y la formulación de conclusiones o propuestas en torno a los mismos; o el fomento del conocimiento e intercambio de experiencias, entre otros.

¿Qué es lo que más le gusta de su trabajo?

Quizás lo que más me guste de mi trabajo es la adquisición de conocimientos nuevos, por pura necesidad... La necesidad agudiza el ingeniero y nosotros estamos siempre agudizando... La consecuencia de esto es que tienes que buscar soluciones constantemente, las cuales no siempre están disponibles en la normativa o bibliografía. Esto sería bueno tenerlo en cuenta cuando el legislador confecciona la normativa de seguridad industrial. Los hospitales son tan particulares que no sería muy descabellado que esta normativa particularizara algunos aspectos al ámbito hospitalario.

Teniendo en cuenta la importante responsabilidad que recae sobre el Servicio Técnico de Mantenimiento General (STMG) y la constante evolución técnica, ¿cómo ha de ser el reciclaje y la formación permanente de

todo el personal y, en especial, de los ingenieros técnicos?

Este es un tema que desde nuestra perspectiva entendemos de vital importancia, pero que desafortunadamente no está resuelto. La formación debería ser continua y obligatoria, pero la realidad es que ni una cosa ni la otra se dan. Es difícil formarse en un entorno en el que un día no se parece al siguiente y los recursos humanos son limitados. Esto no quiere decir que los ingenieros de los hospitales no nos formemos, de hecho, tengo constancia de que estamos continuamente formándonos e incluso formando, pero por convencimiento y necesidad, fuera de nuestra jornada laboral.

Es muy complicado realizar un curso, online o presencial, cuando te llaman constantemente por distintos problemas que surgen. Una de nuestras fuentes de información/formación, que no la única, de cara a la evolución técnica son nuestros proveedores. Estos nos ofrecen formación/información de productos nuevos e incluso de cambio de normativa.

Por último, a nivel profesional, ¿cuáles son sus próximos proyectos?

A nivel profesional, en relación a lo que estamos tratando, nuestro proyecto más inmediato es seguir luchando por lo que entendemos que es de justicia acometer, tanto la reforma de los Servicios Técnicos de Ingeniería y Mantenimiento en los centros sanitarios, como la adaptación de la ingeniería en los hospitales del sistema sanitario a los requerimientos del "Tratado de Bolonia, de ordenación de las titulaciones Universitarias", tal y como ya se han adaptado nuestras Universidades, desde hace más de una década.

Por mencionar algo más concreto y relacionado con instalaciones, en muchos hospitales del SAS estamos intentando instalar un sistema de producción de energía eléctrica, a través de energía solar mediante placas fotovoltaicas. Los hospitales tienen grandes cubiertas e incluso aparcamientos de superficie, que tienen un potencial tremendo para el autoconsumo mediante fotovoltaica. A modo de ejemplo, según un informe de la Agencia Andaluza de la Energía en el Hospital de Vame, podríamos disponer de una potencia pico de 2591 kWp y satisfacer casi el 30% de la demanda del hospital, lo cual no es ninguna tontería.

Plan Ingeniería el futuro

Ahora más que nunca, la unión hace la fuerza



FORMACIÓN online de COGITI



INFORMACIÓN ACTUALIZADA



**PORTAL DE LICITACIONES
EUROPEAS**



ACREDITACIÓN DPC Ingenieros



SOFTWARE TÉCNICO



WEBINAR Y TV EDUCATIVA



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



ACTUACIONES SOLIDARIAS COLEGIOS



**REVISTA TÉCNICA INDUSTRIAL
en abierto**



YOUNG ENGINEERS



CUESTIONARIO



CLUB COGITI

Víctor de la Cueva Revilla

Jefe de Servicio Técnico en el Hospital Ramón y Cajal de Madrid

“La mayor satisfacción es cuando te felicitan por tus acciones dentro de tu actividad profesional”

Mónica Ramírez

Víctor de la Cueva Revilla es otro ejemplo de profesional que vela cada día por el perfecto funcionamiento de un gran hospital, y al mismo tiempo, por el mantenimiento de las instalaciones y la seguridad tanto del personal sanitario como de los pacientes que acuden al mismo. Como Ingeniero Técnico Industrial, en la especialidad de Electricidad, además de tener el título universitario oficial de Máster en Arquitectura, Organización y Gestión de Infraestructuras Hospitalarias, es Jefe de Servicio Técnico en el Hospital Ramón y Cajal de Madrid desde el año 2016, cuando se produjo su nombramiento, aunque su trayectoria profesional en este centro hospitalario comenzó hace ahora 23 años.

¿Por qué decidió dedicarse profesionalmente a la Ingeniería del ámbito hospitalario?

Mi dedicación profesional a la ingeniería hospitalaria viene principalmente por la influencia que ejerció mi padre, siendo el referente en el ámbito de la ingeniería sanitaria; el cual me hizo ver las virtudes dentro del entorno de la ingeniería, enfocada en el sector hospitalario, por ser una rama de la misma donde se encuentran la totalidad de especialidades que te puedes encontrar en nuestro oficio.

¿Cuáles son las principales funciones y actividades que realiza de forma habitual?

Mis principales funciones competenciales dentro del centro hospitalario y centros adscritos del Hospital Ramón y Cajal, son las propias de un Jefe de Servicio de Mantenimiento, que se resumen en supervisar el correcto servicio de los edificios hacia los pacientes, los profesionales y las personas de paso que los albergan.

En lo que respecta al personal, ¿cómo se estructura su departamento?



Víctor de la Cueva Revilla

“Hemos incorporado *softwares* de gestión de instalaciones y equipamiento para su supervisión y monitorización, con el fin de mejorar la eficacia”

El servicio de mantenimiento, el cual está integrado en la Subdirección Técnica de Ingeniería, está compuesto por ingenieros, maestros industriales, administrativos y personal de oficio, estructurado en secciones competenciales.

En fechas recientes, hemos conocido la noticia de la revista norteamericana «Newsweek», en la que se indica que diez hospitales públicos madrileños se encuentran entre los mejores del mundo, y uno de ellos es el Hospital Ramón y Cajal, ¿cómo es trabajar

en un hospital tan emblemático y con una larga trayectoria asistencial?

Mi experiencia de 23 años en el centro hospitalario del Ramón y Cajal, me lleva a la conclusión de que es un orgullo poder trabajar en él, debido su prestigio dentro de su ámbito y las personas que le dan vida, y me recompensan personalmente por mi quehacer profesional.

Este hospital está incluido también en la lista de los denominados “hospitales inteligentes”, con destacados avances tecnológicos, como la Inteligencia Artificial (IA), imágenes digitales, telemedicina, robótica y otras funcionalidades electrónicas, ¿cuáles son las últimas innovaciones que han incorporado en lo que respecta a su área de trabajo?

Las últimas novedades, que se van incorporando en nuestra área de trabajo, se centran en lo referente a los softwares de gestión de instalaciones y equipamiento, los cuales supervisan y monitorizan las mismas, con el fin último de obtener su mejor eficacia y eficiencia.

En mayo de 2020, Mónica López Rodríguez, especialista de Medicina Interna del Hospital Universitario Ramón y Cajal, recogió en representación de todos los madrileños la Medalla de Oro del Ayuntamiento de Madrid, otorgada al pueblo de Madrid por su comportamiento durante la pandemia del coronavirus, al haber sido uno de los hospitales con más pacientes ingresados por COVID-19 durante la pandemia. ¿Cómo vivieron estos momentos tan complicados? ¿Cómo afectó a la organización del hospital?

Fueron momentos muy duros, que se afrontaron con la más elevada profesionalidad que se puede imaginar; cada persona con su cometido, llevando a cabo todos los servicios necesarios, y



Foto: Shutterstock.

estando al nivel que se nos requiere en esos momentos.

¿Se podría decir que el centro hospitalario ha vuelto a la normalidad?

Sí, es un gran centro, que se ha adaptado en tiempo récord a las situaciones cambiantes que han ido acaeciendo, para dar el servicio asistencial requerido.

¿Ha cambiado en algunos aspectos a raíz de detectar posibles deficiencias o mejoras que se podrían realizar tras haber vivido los momentos más duros de la pandemia?

La actividad asistencial está a nivel pre-

vio a la pandemia, y no ha sido necesaria la incorporación de mejoras destacables (exceptuando material y personal de refuerzo), por el citado motivo, ya que un centro hospitalario como el Ramón y Cajal está preparado para situaciones de la magnitud acaecida durante la pandemia.

A nivel profesional, ¿qué proyectos tiene en mente?

Mis proyectos son el día a día, con el fin de que el centro tenga un servicio de mantenimiento que sepa atender a sus necesidades.

¿Cuáles son las mayores dificultades que se encuentra a la hora de realizar su trabajo?

Las mayores dificultades vienen cuando suceden imprevistos dentro de nuestra actividad programada de mantenimiento, que necesitamos solventar con prontitud, para que no se vea mermada la actividad en el centro.

¿Y las mayores satisfacciones?

La mayor satisfacción es cuando te felicitan por tus acciones dentro de tu actividad profesional, que te enorgullece por estar dentro de la organización del Hospital Ramón y Cajal.

Antonio Tomás Borja

Subdirector de Gestión y Servicios Generales en el Área de Salud I-Murcia Oeste (Servicio Murciano de Salud)

“El ingeniero aporta al sistema una visión técnica muy importante en los procesos”

M. R.

Antonio Tomás Borja (Ingeniero Técnico Industrial, graduado en Ingeniería Eléctrica e Ingeniero de Organización Industrial) es el Subdirector de Gestión y Servicios Generales en el Área de Salud I-Murcia Oeste (que tiene como centro hospitalario de referencia el Hospital Clínico Universitario Virgen de la Arrixaca), del Servicio Murciano de Salud. Además, tiene varios másteres universitarios: Gestión y Planificación de Servicios Sanitarios; Bioderecho, Ética y Ciencia, y Prevención de Riesgos Laborales.

¿Desde cuándo trabaja como subdirector de gestión de la Gerencia del Área de Salud I-Murcia Oeste? ¿Cómo llegó a esta ocupación?

El Hospital Clínico Universitario Virgen de la Arrixaca (HCUVA) es el hospital público de referencia del área y regional, y está ligado a la Universidad de Murcia y al Instituto de Investigación Biosanitaria de la Región de Murcia, en el cual tengo la oportunidad de prestar mis servicios desde hace más de 30 años, pudiendo formar parte de su equipo directivo durante los últimos quince años, en el puesto de subdirector de gestión y asuntos generales. Con anterioridad al puesto en dirección, pude desarrollar mi labor en el hospital en diversos puestos de jefaturas de servicio de aspectos relacionados con la ingeniería, mantenimiento, seguridad, etc.

Quizá a través de la diversa formación recibida durante los años de mi desempeño profesional en el hospital, en materia de organización y gestión hospitalaria, pude observar el abanico de áreas en las que el perfil de un ingeniero puede aportar sus conocimientos en el complejo mundo de la gestión hospitalaria, lo cual me animó a presentarme en diversas ocasiones al actual puesto que desarrollo.

¿Cómo se desarrolla su trabajo? ¿Cuáles son sus principales funciones?



Antonio Tomás Borja

“El ingeniero puede aportar al sistema una visión técnica muy importante, para gestionar todas las tecnologías e infraestructuras necesarias”

Las áreas de responsabilidad de mi actual puesto de trabajo se enmarcan en la división de gestión del área de salud, que está compuesta por un hospital de referencia, así como otros centros periféricos, como son un centro de especialidades, un centro de salud metal, diversos centros de salud y consultorios. En mi caso, las responsabilidades más directas están relacionadas con aspectos relacionados con obras, ingeniería, mantenimiento, servicios generales, hostelería, seguridad, personal subalterno y registro; así como formar parte de diversos comités, comisiones, mesa

de contratación, etc., necesarios para el desarrollo de la gestión hospitalaria. Además de apoyar a los compañeros de la dirección de gestión en el resto de servicios de la división, como son las áreas recursos humanos, gestión patrimonial, contratación pública, contabilidad y facturación, compras y logística.

Al formar parte del equipo directivo, también tenemos las labores de realizar otros temas necesarios para el desarrollo de la actividad asistencial, cuando así lo requiera la gerencia, división médica y de enfermería.

¿Cómo se estructura su departamento, en lo que al personal se refiere?

Para la gestión de las responsabilidades de esta área de la subdirección, actualmente existen un jefe de hostelería y uno de servicios generales, de los cuales dependen jefes de sección, responsables, gobernantas, y jefes de personal subalterno. En materia de ingeniería, en la actualidad a nivel interno existe un jefe de servicio de mantenimiento, con varios ingenieros, jefes de taller, encargados de mantenimiento y personal de oficio.

Cabría destacar que, en la estructura técnica de ingeniería, actualmente convivimos y nos coordinamos entre varios compañeros de perfil de ingeniería, tanto con vinculación directa al Servicio Murciano de Salud, como de empresas externas que desarrollan su servicio en nuestro centro de trabajo en base a contratos específicos. Por ejemplo, hay compañeros de empresas de servicios adscritos a temas más concretos, como podría ser la electromedicina y sanidad ambiental. Otros compañeros de ingeniería nos ayudan en las labores necesarias en los centros periféricos, así como en temas de seguridad privada, y otros de empresas de servicios industriales para temas de mantenimientos, seguridad industrial, obras, gestión energética, gestión medioambiental, etc.

Los ingenieros del hospital somos los responsables del seguimiento de la diversidad de servicios que son necesarios para el desarrollo de la actividad asistencial, así como de elaborar toda la documentación administrativa que nos exige la Ley de Contratación del Sector Público para la contratación de servicios técnicos, equipamiento, obras, etc., y gestionar las peticiones y necesidades del hospital en materia técnica.

Como ingeniero, ¿qué valores añadidos piensa que aporta la ingeniería en la gestión de un hospital y, por ende, los ingenieros?

El ingeniero puede aportar al sistema una visión técnica muy importante, para gestionar todas las tecnologías e infraestructuras necesarias para los procesos asistenciales, que cada día tienen mayor complejidad tecnológica. En nuestra labor, nos coordinamos con otros servicios transversales del hospital, como es el servicio de informática, así como con otros profesionales de medicina preventiva, protección radiológica, de prevención de riesgos laborales, etc., aportando nuestro conocimiento técnico para resolver todo aquel tipo de necesidades técnicas.

Teniendo en cuenta la constante evolución técnica, ¿cómo ha de ser el reciclaje y la formación continua de los ingenieros que trabajan en el ámbito hospitalario?

Ciertamente la evolución tecnológica tiene un ritmo frenético, a lo cual nos tenemos que enfrentar en el día a día, pues todo el equipamiento e instalaciones que recibimos cada día son más complejos, así como el cumplimiento de los requerimientos técnicos de los reglamentos y normas de aplicación en nuestro sector, que cada día son más exigentes. Para ello, la herramienta que tenemos es recibir formación continua a través de cursos, webinar, asistencia a congresos, jornadas técnicas, etc., relacionadas con nuestro sector y funciones.

En lo que respecta al Área de Salud I-Murcia Oeste y a su hospital de referencia, el Hospital Clínico Universitario Virgen de la Arrixaca, el mayor complejo hospitalario del Sistema Sanitario Público de Murcia, ¿cuáles son las últimas innovaciones que se han incorporado?

De forma constante estamos recibiendo

“Los ingenieros del hospital somos los responsables del seguimiento de la diversidad de servicios que son necesarios para el desarrollo de la actividad asistencial”

“La evolución tecnológica tiene un ritmo frenético, al cual nos tenemos que enfrentar en el día a día, y para ello contamos con la formación continua”

equipos de alta tecnología, bien como sustitución a otros equipos, que ya han entrado en obsolescencia o fin de su vida útil, o por nueva incorporación, entre los que podríamos destacar recientemente aceleradores lineales, salas intervencionistas, así como un neuronavegador para el quirófano de neurología.

¿Ha cambiado de algún modo la gestión en el Área de Salud a raíz de la pandemia de la Covid-19?

Sí, han cambiado diversas metodologías para estar preparados para posibles eventos. Por ejemplo, en los diseños de áreas asistenciales, se tiene en cuenta otros modelos de circuitos, triaje, etc., para que la actividad asistencial sea compatible con cualquier evento de este tipo. Así mismo, se tienen diseñados innumerables protocolos de contingencia para que en caso necesario, sea rápida su activación y minimice el impacto de cualquier evento de este tipo, como podría ser la reorganización de los recursos humanos en grupos isla, la logística de aprovisionamiento, la reorganización interna de espacios y hospitalización, la adaptación de las necesidades de hostelería, etc.

¿Cómo vivieron los momentos más difíciles?

Bueno, ciertamente con incertidumbre por desconocer lo que podría acontecer y su ritmo, así como la adaptación a las continuas evoluciones de los protocolos

de actuación. En esos momentos, todos nos alineamos con la dirección, y desde el punto de vista de ingeniería, se diseñó y actuó con la mayor agilidad, usando todo nuestro ingenio, para ejecutar las adaptaciones necesarias, y con ello poder atender toda la demanda asistencial que nos trasladaban los distintos servicios asistenciales, tanto a nivel del hospital, como a nivel de centros periféricos.

Gracias a la colaboración de empresas externas y profesionales, fuimos capaces, en tiempo récord, de ampliar zonas para atención a los usuarios, sacar el máximo partido a las infraestructuras e instalaciones hospitalarias. En este sentido, podríamos destacar el caso de las instalaciones de gases medicinales, sistemas de monitorización de paciente, etc.

¿Qué es lo que más le gusta de su trabajo?

Este trabajo me proporciona la posibilidad de conocer y relacionarme con muchos profesionales, lo cual personalmente es un atractivo. Son innumerables los profesionales del sistema con los que te puedes compartir experiencias en resolver temas necesarios para la asistencia sanitaria, así como relacionarte con gran cantidad de empresas externas de diversos sectores que prestan su labor en los centros del Área de Salud.

Asimismo, tengo la oportunidad de poder incorporarme a diversos grupos de trabajo multidisciplinarios con compañeros de otros hospitales, lo cual también es un reto profesional y fomenta el conocer otros puntos de vista de abordar diversas cuestiones.

Por último, ¿cuáles son los proyectos más inmediatos que tiene a la vista?

En este aspecto, indicaría unas metas a corto plazo, que corresponderían a poder coordinar con éxito la gestión integral necesaria de diversos proyectos que llevamos en curso, encaminados a la realización de diversas obras e infraestructuras para el suministro y puesta en marcha de diverso equipamiento de ámbito de la ingeniería clínica (aceleradores lineales, PET TAC, Spect TAC, RNM, TAC, radiología, sistemas de imagen, etc.), así como otros de ámbito de eficiencia energética, sistemas de información, etc., los cuales están siendo en la actualidad tramitados por medio de financiación europea.

Juan Antonio Juanes Méndez

Doctor en Medicina y Cirugía, y Director del Grupo de Investigación Reconocido VisualMed Systems (Sistemas de Visualización Médica Avanzada) de la Universidad de Salamanca

“El futuro de la aplicación de tecnologías de ingeniería industrial es muy prometedor en sanidad”

Redacción Técnica Industrial.

Los avances tecnológicos forman parte del desarrollo de la salud humana, y durante los últimos años se han centrado los esfuerzos en el desarrollo de sistemas informatizados y en la reconstrucción de modelos anatómicos 3D. Para tener un mayor conocimiento sobre esta pujante innovación tecnológica en el ámbito de la medicina, *Técnica Industrial* ha entrevistado al Prof. Dr. Juan Antonio Juanes Méndez, doctor en Medicina y Cirugía por la Universidad de Salamanca y Técnico en Software por la Universidad Pontificia de Salamanca. Asimismo, es miembro del panel de expertos del Programa ACADÉMIA (Rama Ciencias de la Salud), del Programa para la Acreditación Nacional para Profesores Titulares de Ciencias de la Salud, de la Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (ANECA), así como miembro del panel de expertos de la EQA (European Quality Assurance), Entidad de Certificación Acreditada para la Garantía Europea de Calidad.

También es profesor de Anatomía Humana y responsable del Grupo de Investigación Reconocido VisualMed Systems (Sistemas de Visualización Médica Avanzada), de la Universidad de Salamanca, y colaborador del grupo de investigación docente Grup d'Anatomia Virtual i de Simulació, del Centre de Recursos per a l'Aprenentatge i la Investigació, de la Universidad de Barcelona. Ha participado en el desarrollo de más de 30 procedimientos informáticos, de interés para la formación médica, en diferentes especialidades sanitarias, así como de varias aplicaciones informáticas (Apps) de carácter docente, para dispositivos móviles (tablets y smartphones), y cuenta con más de 60 proyectos de investigación e innovación docente subvencionados. Además, ha sido galardonado con 30 premios de investigación y docencia. Actualmente tiene publicados más de 300 artículos en revistas nacionales e internacionales; ha pre-



Juan Antonio Juanes Méndez

sentado más de 450 comunicaciones a Congresos nacionales e internacionales, y ha dirigido hasta el momento actual más de 30 tesis doctorales.

Como profesional médico, y profesor universitario, ¿cómo valora la relación entre la ingeniería y la medicina?

Es obvio señalar que la ingeniería médica requiere de la participación y colaboración conjunta entre profesionales de la ingeniería y especialistas médicos en diversas disciplinas médico-quirúrgicas. La medicina tiene un buen pilar en las técnicas y herramientas que le ofrece la ingeniería industrial. Gracias a esta colaboración se están construyendo materiales médicos muy valiosos, tanto para la docencia de la medicina como para la práctica quirúrgica.

El grupo de trabajo que dirijo, VisualMed Systems, es de carácter multidisciplinar e interuniversitario, es decir, está compuesto por diferentes especialistas médicos (anatomistas, radiólogos, cirujanos), y participan también en este grupo de investigación ingenieros informáticos e ingenieros industriales.

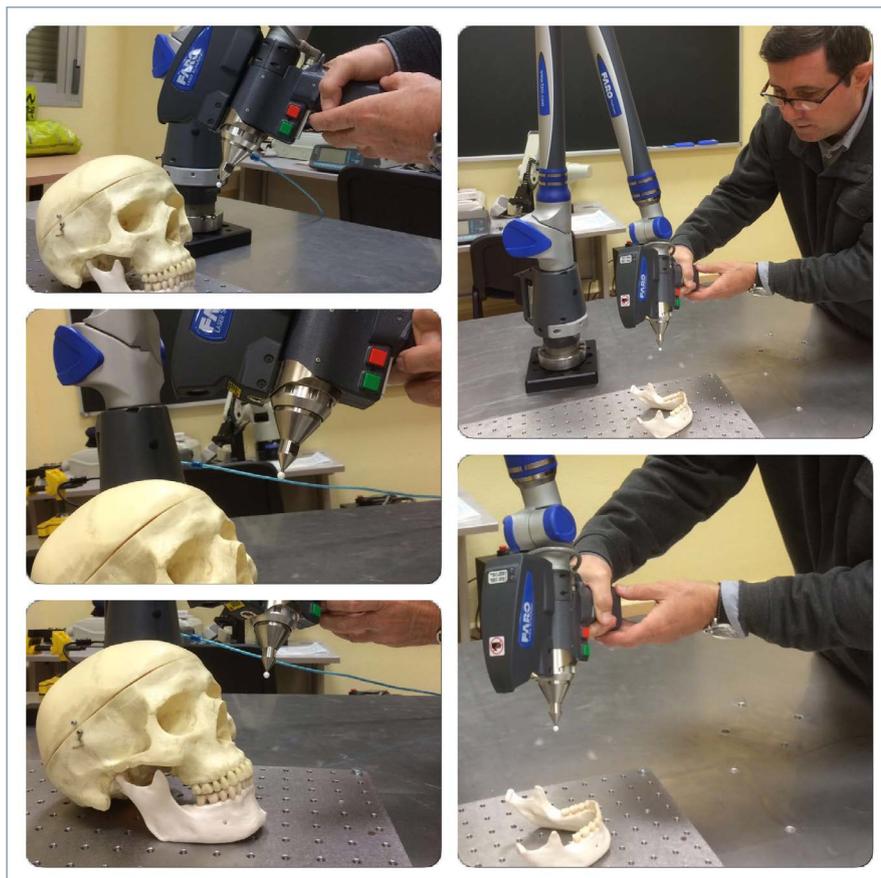
Además, el grupo trabaja en proyec-

tos, en colaboración con empresas líderes en el sector en estos y otros temas relacionados con la ingeniería, sistemas informáticos de tecnología educativa y proyectos de carácter clínico. Una de estas empresas es ARSoft, con la que venimos desarrollando trabajos científicos de interés tanto para la formación médica como para la práctica clínica. En esta línea hemos elaborado simuladores de intervenciones quirúrgicas y de exploraciones clínicas.

¿Podría señalarnos cuáles han sido los proyectos subvencionados en los que ha trabajado en los últimos años?

Entre los proyectos de investigación más notables subvencionados, que nuestro grupo ha llevado a cabo, destacamos los siguientes:

Proyecto NextMed: sobre Sistemas de modelado 3D automático para la salud, entre la Universidad de Salamanca (grupo VisualMed Systems), el grupo ARSoft (Augmented Reality Software) y el grupo Álava Ingenieros; dentro del programa estatal de investigación, desarrollo e innovación orientada a los retos de la sociedad, en el marco del



Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica, y de Innovación.

El proyecto NextMed constituye un novedoso sistema de Realidad Virtual (RV) y Realidad Aumentada (RA) de uso médico-quirúrgico, que permite la visión espacial, en tres dimensiones, de estructuras corporales generadas desde imágenes radiológicas en formato DICOM, que es el formato con el que trabajan las exploraciones radiológicas de tomografía computarizada y de resonancia magnética. Esto permite a los facultativos de cualquier especialidad trabajar con imágenes tridimensionales de forma más dinámica y cercana a la realidad. La gran ventaja del desarrollo de esta tecnología es la posibilidad de generar, de forma automática, modelos anatómicos tridimensionales, que pueden ser incluso exportados para su impresión 3D, y llevar a cabo así planificaciones quirúrgicas, antes de practicarlas sobre el paciente real.

Otro proyecto en curso versa sobre **Resultado clínico, radiográfico e histomorfométrico de los injertos óseos personalizados por robocasting, en pacientes desdentados con diversos grados de déficits alveolares**. Proyectos de I+D+i, en el marco de

los Programas Estatales de Generación de Conocimiento y Fortalecimiento Científico y Tecnológico del Sistema de I+D+i y de I+D+i Orientada a los Retos de la Sociedad, del Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación, del Ministerio de Ciencia e Innovación.

Y el Proyecto sobre **Arquitectura innovadora de visión 3D de estructuras corporales con fines docentes**, Programa de Mejora de la Calidad-Plan Estratégico General, Planes de Formación e Innovación de la Universidad de Salamanca. Fruto del desarrollo de estos proyectos han sido las diversas publicaciones que han sido difundidas en revistas de elevado índice de impacto.

¿Su grupo de trabajo mantiene algún tipo de colaboración con ingenieros de la rama industrial?

Si, efectivamente. La colaboración que durante los últimos años ha venido llevando a cabo el Departamento de Ingeniería Mecánica, Química y Diseño Industrial (de la Universidad Politécnica de Madrid), con el Grupo de Investigación Reconocido (de la Universidad de Salamanca) Visual-Med Systems, ha permitido desarrollar trabajos de investigación en el ámbito de

la ingeniería médica. Esta colaboración ha dado el fruto a varias publicaciones científicas en revistas de buen índice de impacto como Sensors, Mathematics, Journal of Medical System, entre otras.

Los trabajos desarrollados los podemos agrupar en aquellos de carácter más aplicativo hacia la docencia, utilizando técnicas de fabricación aditiva, y trabajos de carácter más aplicativo a la práctica clínica, como férulas sensorizadas, prótesis, órtesis, etc.

¿Cuáles son las aplicaciones de la ingeniería médica en las que más destacan?

En la actualidad, la ingeniería médica está adquiriendo un gran auge en su desarrollo, llevando a cabo diseños, equipamientos y dispositivos aplicados al campo biosanitario. La utilización de diferentes parámetros matemáticos para el desarrollo de piezas anatómicas constituye hoy día un avance tecnológico en ciencias de la salud, al permitir elaborar así estructuras corporales sintéticas que sirvan de apoyo a la formación médica y en las simulaciones quirúrgicas, como entornos o sistemas de entrenamiento previo a una intervención posterior.



Una de las aplicaciones más relevantes en el futuro será en la medicina reconstructiva o en la ortopedia, ya que gracias a las bioimpresoras tridimensionales, los cirujanos tendrán a su disposición implantes y hasta modelos de órganos humanos personalizados.

Fruto de este gran impacto que está teniendo esta ingeniería médica es la variedad de títulos propios, másteres y cursos que han surgido recientemente. Podemos decir, sin duda, que la ingeniería médica es una profesión con mucho futuro por delante. La demanda de este tipo de profesionales es cada vez más alta.

¿Ve un futuro prometedor en la ingeniería médica?

Sin lugar a dudas, el futuro de la aplicación de tecnologías de ingeniería industrial en el ámbito sanitario es muy prometedor. Estos procedimientos se están incorporando cada vez con más frecuencia en la formación médica y en la práctica médico-quirúrgica. Si bien es cierto que se necesitarían más esfuerzos económicos por parte de las administraciones públicas, para poder desarrollar e implantar desarrollos diversos, de ingeniería industrial, no solo en la docencia, que sin duda repercutirá en una formación más acorde al ritmo tecnológico que se impone en nuestra sociedad, sino que además mejorará la propia práctica clínica.

Creo que todavía estamos en los albores de la aplicación de técnicas y desarrollos de ingeniería de diversa índole, quedando aún mucho por andar para que estos procedimientos se implanten de una forma más cotidiana y frecuente en los entornos universitarios de nuestro país y en los centros hospitalarios, en sus diversas especialidades médicas.

Pero, aunque aún queda mucho camino por recorrer, en lo referente a la plena integración de la ingeniería médica en los entornos sanitarios, son evidentes las grandes posibilidades que ofrece en el campo de las aplicaciones médico-quirúrgicas en sus diversas especialidades.

El avance de la ciencia y las tecnologías nos descubrirá un futuro hasta ahora inimaginable, de lo que aportará sin duda la ingeniería médica en los entornos socio-sanitarios. Todo ello repercutirá en una mejora tanto en la formación médica como en la práctica clínica, así como una mejor calidad de vida para los pacientes.



COGITI TOOLBOX

El portal de gestión de licencias de software para colegiados

www.toolbox.cogiti.es



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



SUSCRIPCIÓN ANUAL A CANECO BIM - AUTOCAD 2021

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



ECOSTRUXURE SPECIFICATION
DESCARGA GRATUITA

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

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

5.400 € + IVA
4.400 € + IVA

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



NORMAS UNE

HELP engineering

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

SOLUCIONES DE INGENIERÍA MECÁNICA PARA FACILITAR EL TRABAJO DE LOS INGENIEROS

- Premium Professional
- Cuota mensual
- 33% dto.

HELPEENGINEERING:
LICENCIA PREMIUM PROFESSIONAL MENSUAL

PACK COMPLETO dmELECT

77% Descuento

- Instalaciones
- en Edificación
- en urbanización
- Térmicas

P.V. 2.100€+IVA
495€ + IVA

PAQUETE COMPLETO dmELECT

Paquete PACK Completo

87% Descuento

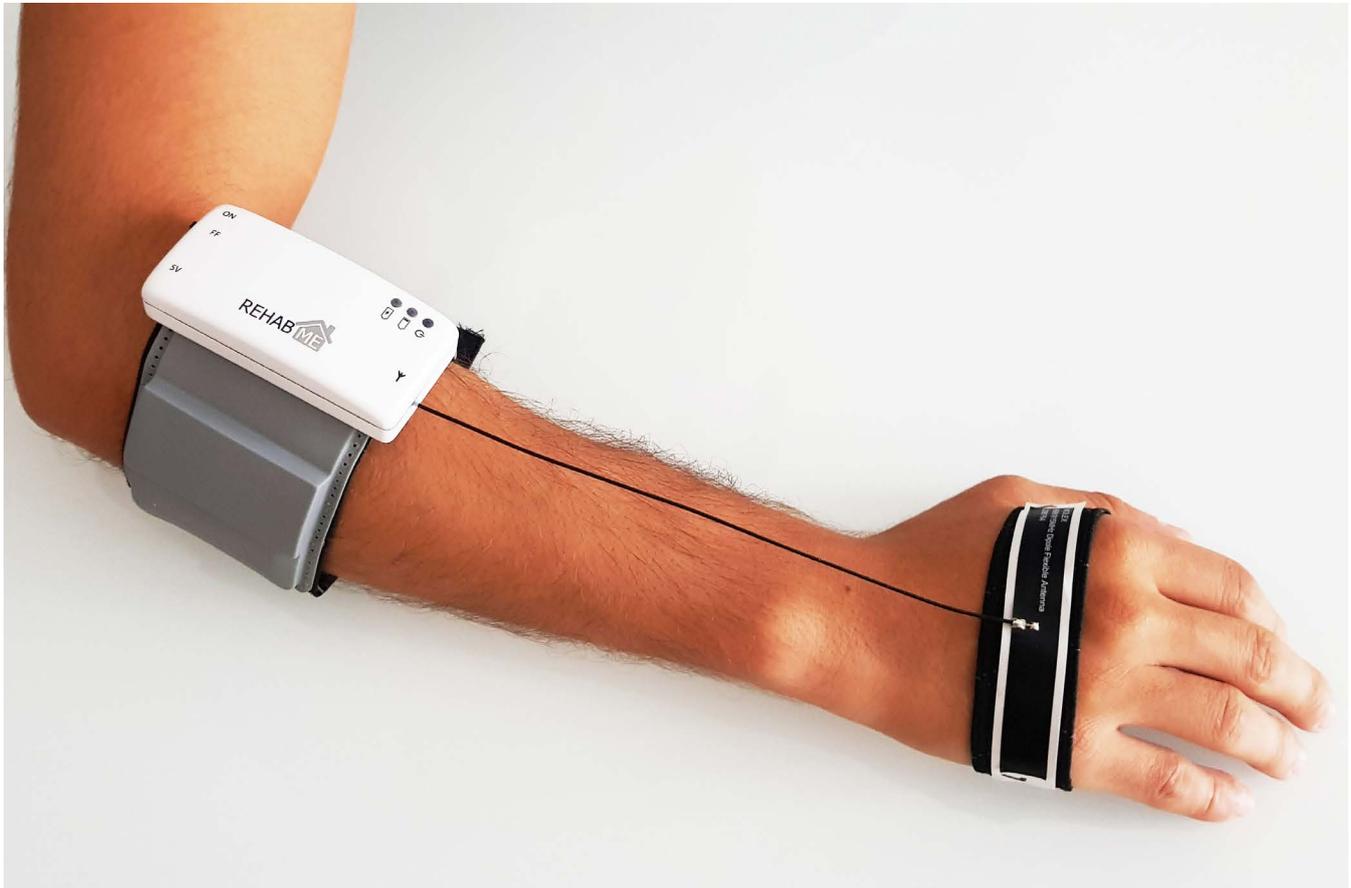
- ARQUIMIDES
- Generadores de planos
- Medición automática de planos y enlace programas CAD
- CYPECAD
- Implantación
- CYPECAD BASES UTM
- CYPECAD MEP CTE
- CYPECAD MEP Climatización

P.V. 7.812€+IVA
990 € + IVA

PAQUETE COMPLETO CYPE



La impresión funcional: soluciones al servicio de la “nueva medicina”



Brazalete para rehabilitación de pacientes desde casa, mediante la integración de electrónica flexible y antenas RFID de comunicación, desarrollado por Eurecat Centro Tecnológico.

Susana Barasoain Arrondo.
Gerente de Functional Print Cluster

La “nueva medicina” y la tecnología

La tecnología ha supuesto en los últimos años para el sector de la salud una auténtica revolución en todos los ejes del sector, ayudando a solventar y solucionar problemas, y respondiendo a las nuevas tendencias del sector sanitario.

Asistimos a un concepto ampliado de la salud. La salud no significa solamente curarse cuando se está enfermo, sino la prevención a través de hábitos saludables en nutrición, ejercicio o mente. En este nuevo concepto de la salud crece la implicación del paciente. Su perfil es ahora el de una persona más informada, activa, interconectada, concienciada y, en su gran mayoría,

más responsable. Es un paciente que quiere contribuir a las decisiones sobre su propia terapia, demandando más información y participando en la toma de decisiones.

En paralelo, en la medicina avanza el protagonismo de la conectividad y personalización. Los avances tecnológicos y su adopción en la vida cotidiana permiten ahora interactuar con los pacientes de nuevas formas como M2M, *devices*, sensores, operaciones remotas, que permiten tener al paciente conectado y monitorizado, incluso fuera del centro sanitario.

La “nueva medicina” integrada con las tecnologías de información, avanza en una gestión más personalizada, obteniendo mejores diagnósticos, incrementando la eficacia de los tratamientos, al contar con un componente predictivo y

poder generar una estrategia de salud a medida, previniendo episodios y buscando el bienestar de manera proactiva por parte del paciente gracias a unas decisiones más informadas.

En estos avances, diversas tecnologías como el Blockchain, Big Data, Biotecnología, Cloud Computing, Robótica o la impresión funcional a través de sensores, *wearables* o electrodos, se están introduciendo en el sistema de salud, digitalizando el sistema para favorecer una medicina personalizada, preventiva, monitorizada y que potencia la implicación del paciente.

El papel de la impresión funcional en la salud; segmentos de actuación

En este proceso hacia una “nueva medicina”, la impresión funcional tiene mucho

que decir y ofrecer. Todos los estudios prevén un desarrollo exponencial de la digitalización y del impacto de las nuevas tecnologías en la salud, especialmente en Productos IoT o “internet de las cosas” y en forma de *wearables* u otros sistemas para la medición de síntomas, control y registro de datos tanto para monitorear enfermedades o tratamientos como para el diagnóstico y control de síntomas.

Ofrecer respuestas en impresión funcional tiene como objetivo poner en manos de los profesionales sanitarios herramientas que faciliten la implicación del paciente, posibiliten su conectividad y personalización y, en definitiva, favorezcan un mejor desarrollo de su trabajo.

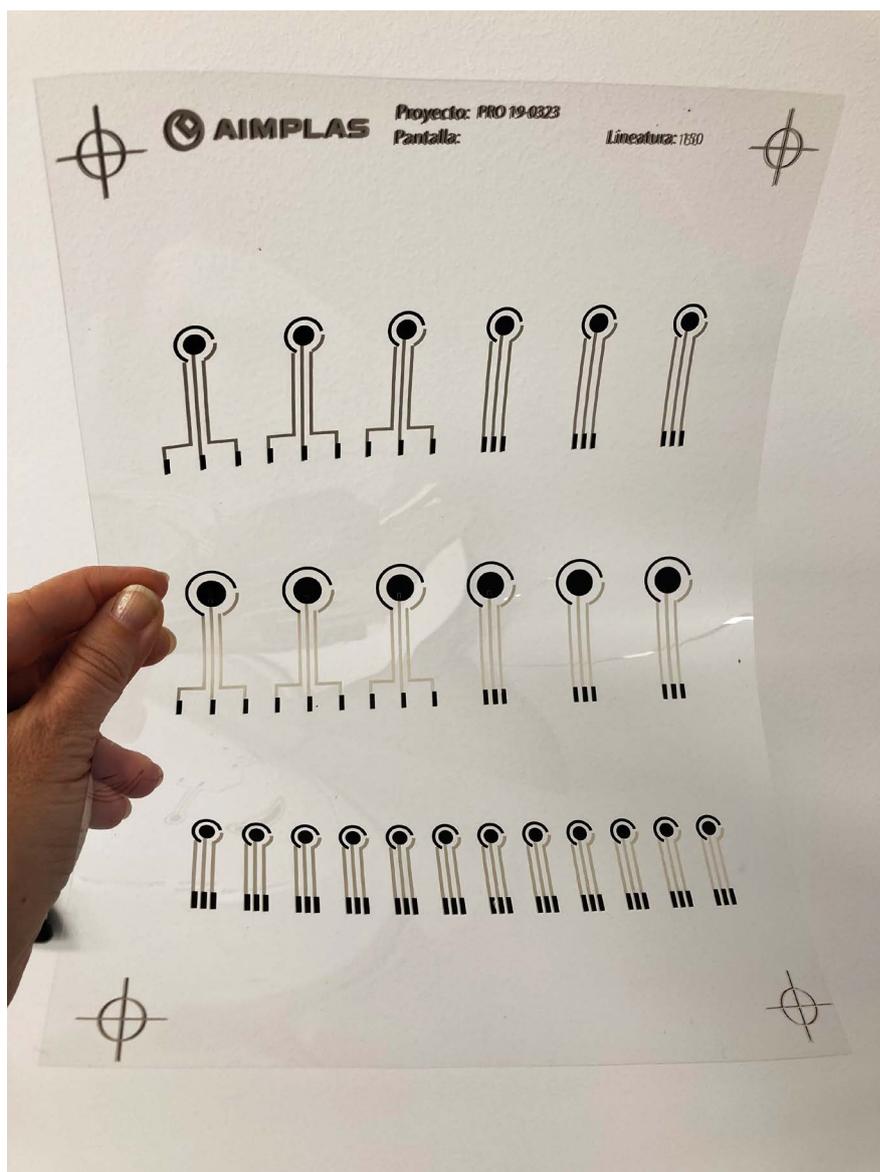
En este sentido se abren multitud de oportunidades, productos y soluciones en el campo de la electrónica impresa o impresión funcional que puedan responder a la demanda del sector:

Wearables para diagnóstico y monitoreo de patologías

El crecimiento casi explosivo de los productos de consumo que monitorean y rastrean digitalmente los parámetros relacionados con la salud ha aumentado las expectativas, con respecto a la mejora de los resultados de salud. Dispositivos que “se usan, se incrustan en la ropa o se implantan”.

Pero esto es solo un primer paso. El objetivo a largo plazo es mucho más ambicioso y abre nuevas puertas a una nueva visión en la aplicación de los tratamientos médicos. Se busca integrar los datos de los sensores para que informen con una respuesta a un efecto, por ejemplo, para la administración de un fármaco o incluso de un neurotransmisor o analgésico de un reservorio implantado. Estos sistemas de “circuito cerrado” ya han sido prototipados, probados y comercializados. Ejemplos de aplicaciones ya desarrolladas son el tratamiento de la diabetes tipo I o los nuevos sistemas para la administración de agentes anestésicos, en respuesta a señales de electroencefalograma procesadas.

También es destacable cómo en el ámbito de la salud y el deporte, cada vez hay más interés en poder monitorizar parámetros físico-químicos, tanto para mejorar la calidad de vida de los pacientes, como para mejorar rendimientos incluso prevenir lesiones.



Electrodos impresos para sensores electroquímicos desarrollados por AIMPLAS.

Biosensores

Los biosensores son cada vez más complejos y aumentan su capacidad para ofrecer diagnósticos más simples, rápidos y cercanos al paciente, con menor dependencia de los laboratorios. Pueden ser “implantables” y de diversos tipos, en base a la funcionalidad que se quiera conseguir, la disponibilidad de tintas o los sustratos específicos.

El diagnóstico preciso y temprano de la enfermedad es fundamental. En los últimos años se ha disparado la demanda de dispositivos desechables, fáciles de usar y con tiempos de respuesta rápidos que facilitan un tratamiento eficaz. Estos dispositivos han progresado rápidamente en el campo de la

medicina, debido a su capacidad para cumplir con estos criterios a través de una combinación interdisciplinaria de enfoques de la química, la nanotecnología y la ciencia médica.

En el campo de los biosensores en tiras de diagnóstico en sangre es conocido el sistema para el control del azúcar en sangre por diabéticos, que les permite monitorizar la enfermedad y ajustar sus dosis de insulina. Sin embargo, existen muchas otras soluciones como el desarrollo de biosensores múltiples capaces de realizar pruebas simultáneas para enfermedades o condiciones de salud que muestran síntomas similares.

En este ámbito, las soluciones siguen evolucionando, integrando la im-

presión funcional con diversas tecnologías. Varios equipos de investigadores internacionales están investigando la impresión de sensores directamente en la piel humana sin el uso de calor, principal obstáculo en los procesos de sinterización, es decir, el proceso de unión de los componentes metálicos del sensor que requiere de una temperatura muy elevada.

Electrodos

La impresión funcional también está contribuyendo a ofrecer respuestas a la práctica clínica de los electrodos “tradicionales”, rígidos e incómodos, que limitan la movilidad de los pacientes y cuyos geles de aplicación, con un secado rápido, limitan las mediciones.

En los “nuevos electrodos” se imprimen polímeros conductores sobre

papel de tatuaje comercial temporal, produciendo así disposiciones de electrodos individuales o múltiples, que ofrecen conexiones externas necesarias para transmitir las señales que se integran directamente, ofreciendo mayor comodidad para el paciente y mayor posibilidad de recogida de datos y análisis para el médico.

3D bioprinting

Técnicas 3D para fabricación de estructuras tridimensionales compuestas de materiales biológicos, pudiendo combinar células y biomateriales capa por capa. El objetivo final es replicar el tejido y material, como el de los órganos, que luego, idealmente se pueden trasplantar en seres humanos. Alguna de las ventajas notables es el empleo de células del paciente, con las que se pueden imprimir

tejidos u órganos personalizados según las necesidades de cada persona, aunque todavía no es posible evaluar si el cuerpo será capaz de aceptarlo.

Industria Farmacéutica y Smart Blisters

La industria farmacéutica también está muy vinculada con la impresión funcional a través de los Smart Blisters, que monitorizan el uso de las pastillas alineados con aplicaciones de móvil o la sensórica adaptada a la logística, seguridad y trazabilidad del producto de farma.

Como se observa, los campos de actuación de la impresión funcional aplicada a la medicina son múltiples y están en continuo crecimiento, lo que augura un gran futuro a esta tecnología.

Clúster Functional Print y Plataforma Tecnológica 3NEO; el HUB de la impresión funcional en España



EL Clúster Functional Print es una agrupación de empresas, centros tecnológicos, centros de conocimiento, agrupaciones empresariales y otros agentes, para el impulso de la impresión funcional. Es una de las referencias a nivel europeo en este campo en el que se trabaja la fabricación, mediante impresión, de productos dotados de nuevas funcionalidades, combinando tecnologías de impresión tradicionales con materiales avanzados, como tintas conductoras, bio-activas o termo-crómicas. Así se obtienen productos, de forma masiva o personalizada, con un alto

valor añadido y con múltiples aplicaciones en todos los sectores (salud, movilidad, packaging, energía, hábitat, construcción...).

El clúster, que se creó en 2014 y gestiona la secretaría general de la plataforma tecnológica 3NEO desde el año 2019, promueve el crecimiento y la competitividad a través de la cooperación y colaboración, empresarial y tecnológica, para impulsar uno de los sectores más innovadores y con mayor perspectiva de crecimiento. Más info: www.functionalprint.com

Programa dirigido a **ingenieros, arquitectos técnicos, abogados, directivos y gestores administrativos**

Programa de especialización

Excel y proyecciones financieras para empresas y despachos

Adquiere las competencias y capacidades propias para elaborar y utilizar unas **proyecciones financieras claras, completas y detalladas** como **herramientas de análisis**.

Plan de estudios

Curso 1.

Excel
Formulación, análisis de sensibilidad y modelización financiera.

Curso 2.

Modelos financieros
Construcción de un modelo financiero y cálculo de los flujos de caja.

Curso 3.

Business Plan Iniciación
Gestión de negocios y toma de decisiones estratégicas adecuadas.

Curso 4.

M&A iniciación
Construcción de los estados financieros, el DCF, LBO y análisis del modelo de M&A.

Píldoras complementarias de aprendizaje

- *Operating* (29 píldoras)
- *Financing* (20 píldoras)
- Excel (18 píldoras)
- VBA (2 píldoras)



Duración: 75 horas



Modalidad: e-learning



Fecha inicio: 24/01/2022
Fecha fin: 21/03/2022



Con el apoyo docente de reconocidos **expertos en la materia**



Programa **bonificable** en los seguros sociales (Fundación Estatal para la Formación en el Empleo- FUNDAE).



Acceso a la biblioteca inteligente profesional **Smarteca**



Potencia tu **Networking**



Acceso al examen para **Certificación modex®**

Metodología

El programa se imparte en modalidad **e-learning** que permite **estudiar dónde y cuándo quieras**. Se desarrolla totalmente a través de Internet en nuestro Campus Virtual. Para el seguimiento contarás con un Coordinador Académico que te apoyará y orientará en el desarrollo del curso.

El contenido se estructura en **unidades en formato de video**, con una parte teórica para afianzar los conceptos generales, que se complementa con la resolución de **casos prácticos** en Excel.

Se trabaja con **terminología en español y en inglés**, idioma habitual en los entornos financieros.

Además tendrán lugar **Encuentros digitales**, en tiempo real, donde el docente desarrollará un tema en concreto. La grabación estará disponible posteriormente en el Campus Virtual para su consulta.

El curso está **pensado para profesionales** que podrán compatibilizar su seguimiento con su actividad profesional, siendo de obligado cumplimiento las fechas de finalización y entrega de actividades fijadas al comienzo del programa.

Con un **profesor especializado** a tu disposición para impartir la materia y resolver cualquier duda que te surja y acceso a herramientas Wolters Kluwer relacionadas con la materia.



Los alumnos pueden optar a la **certificación modex®**, examen acreditado por EFFAS (European Federation of Financial Analysts Societies) en modelización financiera.

Precio Total

720€

Precio Ingenieros y Arquitectos Técnicos Colegiados (15% descuento)

612€

Examen de Certificación en modelización financiera: 115€

Infórmate ahora

Para más información así como para formalizar la matrícula, pueden ponerse en contacto con **Luís Antonio Durán**, en el teléfono **699 49 77 51**, o por e-mail **aduran@wke.es**

Elena García Armada

Científica del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), y cofundadora y CEO de Marsi Bionics

“Nuestro horizonte pasa por llevar la tecnología de los exoesqueletos a los domicilios de las familias”

Mónica Ramírez

Elena García es una investigadora de renombre internacional en el campo de la robótica. Ingeniera de la rama industrial, y Doctora en Robótica y Automatización, lidera el grupo del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) que ha desarrollado el primer exoesqueleto biónico del mundo para niños con atrofia muscular espinal, una enfermedad degenerativa que en España afecta a uno de cada 10.000 bebés, según fuentes del CSIC.

Científica titular en el Centro de Automática y Robótica (CAR) CSIC-UPM, comenzó su trayectoria profesional especializándose en el diseño de robots orientados a la industria, hasta que en 2009 conoció a Daniela, una niña que a raíz de un accidente de tráfico quedó en un estado severo de tetraplejía. A partir de ese momento, su trabajo se centró en fabricar dispositivos orientados a mejorar las facultades físicas, contribuir a la rehabilitación y aumentar la movilidad de niños que sufren enfermedades neuromusculares degenerativas.

Elena García es, además, cofundadora y CEO de Marsi Bionics, cuyo objetivo es la investigación y creación de exoesqueletos pediátricos, estructuras basadas en soportes que se ajustan a las piernas y al tronco del niño, y que al incorporar motores que imitan el funcionamiento del músculo, le aportan fuerza para caminar y mantenerse en pie.

¿Cómo y cuándo se creó la empresa Marsi Bionics? ¿Con qué objetivos?

Marsi Bionics nace en 2013 como spin off del Centro de Automática y Robótica del CSIC. El objetivo de su creación fue transferir a la sociedad los avances en exoesqueletos de marcha al mercado, fundamentalmente, el primer exoesqueleto pediátrico del mundo. Es decir, Marsi Bionics, durante estos 9 años, ha desarrollado, financiado y realizado los ensayos clínicos necesarios para la certificación como producto sanitario de



Elena García Armada

“Nuestra tecnología se basa en articulaciones activas con rigidez variable, que imitan el funcionamiento del músculo natural gracias al concepto de biomimetismo”

los exoesqueletos que ahora están en el mercado.

¿Qué tipo de profesionales forman parte de la plantilla?

Una de las cosas de las que más orgullosa me siento es de nuestra plantilla. Somos un equipo de 25 personas multidisciplinar y altamente cualificado. Puedo decir que tenemos uno de los equipos de ingeniería con más conocimiento práctico de robótica aplicada a la marcha humana de nuestro país. Con perfiles diversos: automática, electrónica, mecánica, diseño, biomédica... Y a ello hay

que sumarle un equipo clínico especializado en neurorehabilitación robótica que está en la vanguardia de su sector. Y, además, tenemos el equipo comercial, producción, postventa, administración... El talento con el que cuenta Marsi Bionics nos hace marcar la diferencia.

El modelo ATLAS fue primer exoesqueleto biónico del mundo para niños con atrofia muscular espinal y parálisis cerebral, ¿cómo se llevó a cabo el proyecto?

El proyecto nace en 2009 gracias a los padres de Daniela, una niña que se había quedado tetrapléjica por un accidente de tráfico. Se acercaron al CSIC y comenzamos a analizar que no existía en el mundo ningún dispositivo robótico que pudiera ser de aplicación a los niños. Ahí comenzamos a hacer algo que hoy es disruptivo: el primer exoesqueleto pediátrico que no sólo puede adaptarse al crecimiento del niño, sino también adaptarse a su condición muscular.

¿Cuáles son las principales innovaciones que incorpora?

Esta tecnología diferencial de Marsi Bionics se basa en articulaciones activas con rigidez variable, que imitan el funcionamiento del músculo natural gracias al concepto de biomimetismo. La tecnología adaptativa ARES, que tenemos patentada en Europa y Estados Unidos, es un importante avance en la ingeniería robótica porque aporta seguridad y control ante la sintomatología musculoesquelética compleja de las enfermedades neurológicas, y están diseñados para adaptarse a las necesidades de rehabilitación de una amplia gama de patologías.

¿Qué proyección tiene en estos momentos en lo que respecta a su comercialización?

El exoesqueleto pediátrico lleva poco más de un año en el mercado y la acogida



El pequeño Álvaro, afectado por atrofia muscular espinal, recibe el abrazo de su madre, Ana, durante una prueba del exoesqueleto pediátrico.

está siendo muy positiva. Tanto en Europa como en América Latina. Las organizaciones que trabajan con niños con parálisis cerebrales o enfermedades neuromusculares ven enseguida el impacto que tiene el exoesqueleto en los niños y en sus familias.

¿Ha desarrollado Marsi Bionics otros modelos de exoesqueletos?

Por supuesto. Somos muy conscientes de la importancia de la innovación tecnológica en la rehabilitación y también hemos desarrollado exoesqueletos para adultos. Tenemos la MAK Active Knee (MAK), un exoesqueleto que reduce los tiempos de rehabilitación tras cirugías de rodilla y lo hace, además, sin dolor. Y seguimos desarrollando un dispositivo que tiene potencial para revolucionar el mercado de los exoesqueletos para adultos al adaptarse a múltiples patologías.

¿En qué proyectos trabajan en la actualidad?

Además del dispositivo de adultos, nuestro horizonte pasa por llevar la tecnología de los exoesqueletos a los domicilios de las familias. En estos momentos, son un dispositivo clínico, pero estamos trabajando en un futuro donde poder llevar los beneficios de la robótica a la vida diaria de las personas con discapacidad.

¿Cómo es el proceso desde que se plantea un diseño hasta su fabricación?

Es un proceso coral en el que participan no solo el equipo de ingenieros, sino también los clínicos. Y, por supuesto, son fundamentales las pruebas con los pacientes que nos ayudan a valorar y mejorar nuestras funcionalidades. A partir de ahí, entramos en el proceso de ensayos sobre seguridad y eficacia para su certificación por parte de la Agencia del Medicamento y el Producto Sanitario. Y, una vez se logra la autorización, el marcado CE, comienza el proceso de fabricación.

¿Qué papel juegan los ingenieros en el diseño de los mismos?

Son los directores del proceso coral que comentaba anteriormente. Tienen los conocimientos y la experiencia para hacer que un robot pueda funcionar para dar una respuesta tecnológica a un problema clínico.

Además, ha recibido numerosos premios: Premio CEPYME 2015 al Mejor Proyecto Emprendedor, Premio ABC Health a la mejor tecnología sanitaria en 2016, Premio Discapnet 2019 de Fundación ONCE a las Tecnologías Accesibles, Placa de Plata 2019 de la Sanidad Madrileña (de la Comunidad de Madrid), Premio FENIN 2017 al Emprendimiento en Tecnología Sanitaria, Premio Fermina Orduña a la Innovación Tecnológica 2021, o el Premio Popular del European Inventor Award 2022, entre otros, ¿qué significa para usted todo este reconocimiento a su trabajo?

Todos los reconocimientos son siempre un motivo de orgullo pero, quizá, lo que más me llena es que vienen desde ámbitos muy diferentes: desde las organizaciones sociales, en el campo de la investigación y la ingeniería, a nivel empresarial, por parte de instituciones... Que tantos actores tan diferentes reconozcan el trabajo que estamos haciendo es uno de los mayores alicientes para continuar en este camino de innovación aplicada a las personas que no pueden caminar.

Como ingeniera de la rama industrial y doctora en Robótica, ingresó hace unos 15 años en las escalas científicas del CSIC, ¿cómo valora su trayectoria profesional en este ámbito?

Mi vocación y mi pasión es la investigación. Es donde más disfruto del proceso de creación de una tecnología. Y he tenido la suerte no sólo de poder investigar, sino de dar un paso poco habitual, que es el de lograr transferir una investigación pública a la sociedad. Y esto es fundamental: la investigación no puede quedarse en los laboratorios. Necesitamos que toda esa inversión y esfuerzo acabe beneficiando al conjunto de la sociedad.

¿Qué es lo que más le gusta de su trabajo?

Ver a los niños y a sus familias. Es maravilloso ver la sonrisa de un niño que se pone a caminar por primera vez en su vida. O la emoción con la que lo viven las familias. Tanto yo como todo el equipo de Marsi Bionics vivimos cada caso, cada familia, de una manera muy personal. Esa emoción y esa empatía son lo que nos hace funcionar.

Por último, este mes de octubre ha tomado posesión como académica de la Real Academia de Ingeniería, en un acto presidido por Su Majestad la Reina Doña Letizia, ¿cómo vivió este momento tan especial?

Estoy muy agradecida por haber sido elegida por tan ilustres académicos e ingenieros de gran talento. Para mí, la ingeniería ha conformado mi vida profesional, pero también la personal. Poder sumar mi visión, mi conocimiento y mi experiencia a la Real Academia de Ingeniería es uno de los mayores honores que se pueden tener.

Pedro Arraiza y Juan Calabia

Fundadores y directores de Giveme5d (desarrollo de *software* para los profesionales médicos y radiólogos)

“La segmentación determina qué puntos de la imagen 3D corresponden al objeto que queremos imprimir”

M.R.

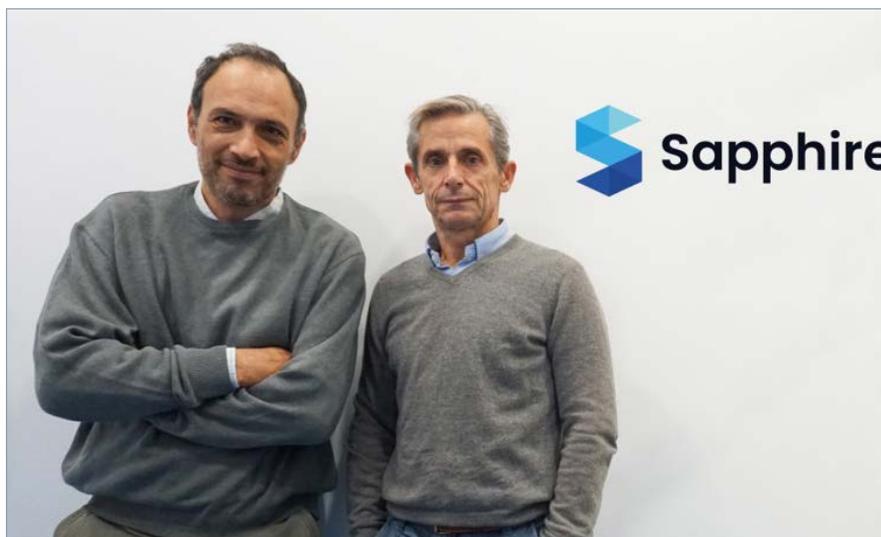
Pedro Arraiza Rivero, ingeniero de la rama industrial y director de desarrollo, y Juan Calabia del Campo, médico radiólogo, son los socios fundadores de Giveme5D, donde su equipo multidisciplinar trabaja para dar respuesta a las necesidades de software de los profesionales médicos, en general, y de los radiólogos, en particular. Soluciones punteras para la visualización, manipulación y procesado de imagen médica. *Técnica Industrial* ha hablado con ambos profesionales para conocer las principales innovaciones en este campo.

En el ámbito de la medicina, los usos de la impresión 3D son múltiples. En este contexto cobra sentido el concepto de la segmentación, ¿en qué consiste?

Una imagen médica (tridimensional) no es algo que se pueda imprimir en 3D directamente. Imaginemos una imagen convencional (2D) en la que sale una persona. Si queremos recortar la silueta de esa persona, necesitamos previamente trazar esa silueta. Con la impresión 3D sucede algo parecido. Partimos de una imagen tridimensional, y tenemos que trazar la “silueta tridimensional” del objeto que queremos imprimir en 3D. En eso consiste la segmentación, en determinar qué puntos de la imagen 3D corresponden al objeto de interés que queremos imprimir, y cuáles no.

¿Qué ventajas ofrece la segmentación automática frente a la segmentación manual?

Cuando se realiza de manera manual, la segmentación de imagen médica es una tarea tediosa y que consume muchísimo tiempo. Si estamos hablando de imágenes 3D, que son las que necesitamos segmentar para poder realizar a continuación la impresión 3D de un determinado órgano o región de interés, el especialista debe ir “pintando” corte



Juan Calabia y Pedro Arraiza.

a corte sobre la imagen, marcando qué zonas de la imagen corresponden a la región de interés y cuáles no. Supongamos que el especialista tarda un minuto en realizar este procedimiento para cada corte. Como es habitual que las modalidades de imagen médica que utilizamos habitualmente para impresión 3D (RM o TAC) tengan cientos de cortes en cada adquisición, eso implica que la tarea de la segmentación necesaria para un único caso puede llevar varias horas.

La alternativa a la segmentación manual, claro, es conseguir una segmentación totalmente automática. Se trata de diseñar un algoritmo capaz de determinar, como decir qué regiones de la imagen corresponden a nuestro órgano o región de interés, y cuáles no.

En general, la segmentación automática de imagen médica es un problema muy complejo. Existen soluciones particulares (y muy elaboradas) para problemas muy concretos y que funcionan muy bien, pero normalmente se restringen al campo de la investigación. Estamos hablando, por ejemplo, de la segmentación de un determinado tipo de tumor a partir

de un determinado tipo de imágenes. En los últimos años, la utilización de sistemas de inteligencia artificial basados en *Deep Learning* ha permitido obtener buenísimos resultados en muchos problemas de segmentación, pero de nuevo se trata de soluciones a problemas muy particulares.

¿Una solución intermedia podría ser la segmentación semiautomática?

Exactamente. Con la segmentación semiautomática, algún algoritmo proporciona una segmentación aproximada de la estructura de interés, y luego el sistema proporciona herramientas que permiten al experto corregir y refinar esa segmentación hasta alcanzar el resultado deseado.

¿De qué tecnología se dispone en la actualidad, como herramienta software, para hacer todo lo necesario con el fin de pasar desde la imagen médica original hasta la impresión 3D?

Pasar desde la imagen médica hasta la impresión 3D no es tan fácil como pueda parecer a primera vista. Hay que realizar

una serie de pasos, y muchas veces cada uno de esos pasos se realiza con una herramienta software diferente, lo que complica y alarga todo el proceso. En ese contexto, nosotros hemos desarrollado una herramienta diseñada para hacer todo ese flujo de trabajo: Sapphire5D. Es capaz de cargar y visualizar la imagen médica, y de segmentar la estructura de interés que se pretende imprimir. Hemos incluido herramientas para hacer de la manera más sencilla posible segmentación manual y semiautomática. Además, Sapphire5D permite incluir redes de Inteligencia Artificial que puedan servir para hacer segmentaciones automáticas, de forma que es una de las pocas herramientas software existentes que permiten a los especialistas incluir sus propios desarrollos (o los de terceros) en sus flujos de trabajo.

También permite incluir piezas y otros elementos, como tornillos, placas u otros, sobre la estructura que se desea imprimir, y además manipularlos para ajustarlos a la situación particular. Esto es muy útil, por ejemplo, para el diseño de guías quirúrgicas; es lo que llamamos planificación prequirúrgica. Y revisar y editar el modelo 3D resultante, corrigiendo imperfecciones que pueda tener o añadiendo un código identificativo, por ejemplo. Finalmente, el usuario se puede descargar el modelo en múltiples formatos (como el .stl), que están listos para ser enviados a la impresora 3D, 3D o para manipularse en sistema de realidad mixta o aumentada.

¿Qué otras funciones desarrolla esta herramienta?

Como pretendemos que Sapphire5D sea una herramienta capaz de hacer todo (o casi todo) lo que el especialista necesita hacer con imagen médica, hemos incluido muchas otras utilidades de visualización y manipulación, tanto básicas como avanzadas, incluyendo la conectividad como nodo DICOM con un PACS, de forma que se pueda integrar de forma muy sencilla en un entorno hospitalario, sistemas de anonimización de la imagen médica, multitud de filtros de mejora de imagen, alineación de imagen monomodal y multimodal...

¿En qué proyectos están trabajando en estos momentos o está previsto trabajar próximamente?

Recientemente, a nuestra empresa le ha sido concedido un proyecto de colaboración público-privada muy interesante.

En colaboración con la Universidad de Valladolid, vamos a dotar a Sapphire5D de la capacidad para realizar aprendizaje federado. Este es un concepto bastante reciente, que consiste en que el aprendizaje de un algoritmo de inteligencia artificial se realice entre varios centros. Esto es interesante porque en muchas ocasiones no es posible o conveniente (por motivos de privacidad, por ejemplo) que diferentes hospitales o centros de investigación le pasen todos los datos a un único centro para que éste haga el desarrollo del algoritmo.

La alternativa del aprendizaje federado consiste en que es el algoritmo, y no los datos, el que viaja entre los diferentes centros, de forma que los datos no necesitan salir de cada centro. Gracias a esta nueva capacidad Sapphire5D no sólo será una herramienta muy útil para la práctica clínica de profesionales como radiólogos, traumatólogos, odontólogos o forenses, entre otros, sino que también lo será para centros de investigación que desean desarrollar, por ejemplo, nuevos algoritmos de segmentación de imagen médica.

¿Cómo está siendo la implantación de estas nuevas tecnologías al servicio de la medicina?

Si nos referimos a tecnologías disruptivas en el ámbito de la medicina, o más concretamente en el campo de la imagen médica, creo que debemos hablar de dos fundamentalmente: la impresión 3D y la aplicación de sistemas de Inteligencia Artificial. Creo que hemos pasado la fase del "hype", en la que parecía que estas tecnologías iban a solucionar cualquier tipo de problemas, a una fase de uso más maduro, en la que los profesionales saben lo que esta tecnología les puede proporcionar y lo que no, y qué casos de uso son razonables.

¿En qué campos o especialidades está siendo más fácil y útil su aplicación?

La impresión 3D, por ejemplo, está demostrando que es muy útil para la planificación quirúrgica de cirugías complicadas. Lo que se hace es imprimir las estructuras que están involucradas (supongamos por ejemplo un hígado, los vasos sanguíneos más importantes, un tumor y alguna otra estructura adyacente), posiblemente en diferentes colores y/o materiales. A partir de esta impresión 3D, los cirujanos pueden diseñar

la estrategia quirúrgica y visualizar por adelantado los problemas que probablemente se encontrarán en el momento de la intervención. Ya hay múltiples estudios que muestran que el uso de impresión 3D en cirugías complicadas permite un ahorro de tiempo y reducción de riesgos para el paciente en y tras la intervención.

En cuanto a la Inteligencia Artificial, su interacción con la imagen médica ha dado ya lugar a lo que podríamos definir como una nueva disciplina: la Radiómica. Se trata de extraer información de manera masiva y sistemática a partir de las imágenes médicas para luego hacer, por ejemplo, predicciones individualizadas: ¿cuál es el contenido genético de un cierto tumor? ¿Cuál es la probabilidad de que un cierto paciente desarrolle una enfermedad neurodegenerativa? Se trata de tareas que un humano no puede hacer mirando una imagen, pero que la Inteligencia Artificial consigue llevar a cabo gracias a la integración de muchos datos.

¿Qué papel juegan los ingenieros en todo este proceso?

Los ingenieros son una parte del grupo de profesiones, junto a otras como matemáticos, físicos o científicos de datos, que tienen la capacidad para desarrollar, desplegar y operar esta tecnología. Para ello, sin embargo, es necesario también desarrollar una nueva habilidad, que no es nada sencilla: estoy hablando de la capacidad de escuchar y entender a los médicos y demás profesionales sanitarios, que son los que realmente conocen las necesidades de la práctica clínica, y comprenden el contexto y los requisitos mejor que nadie.

¿Cómo se imagina este sector dentro de unos diez o quince años?

En Medicina, y especialmente en el mundo de la imagen médica, se producen muchísimos datos que en su mayor parte no se usan, lo cual significa minusvalorarlos. Creo que el sector terminará dándose cuenta de que esos datos tienen muchísimo valor, y se analizarán sistemáticamente en beneficio del paciente. Por ejemplo, si me hago una resonancia de rodilla porque tuve una lesión se analizará automáticamente la salud de mi tejido óseo, o si me hago un electrocardiograma en el reconocimiento médico del trabajo, éste se comparará automáticamente con millones de electrocardiogramas de personas de todo el mundo para predecir la evolución de mi salud cardiovascular.

El sistema robótico da Vinci: la última evolución de la cirugía mínimamente invasiva

La cirugía robótica da Vinci es la última evolución de la cirugía mínimamente invasiva, posterior a la laparoscopia, en la que el cirujano no opera directamente con sus manos, sino manipulando un robot a distancia, permaneciendo sentado en una consola instalada dentro del quirófano. El sistema computarizado transforma el movimiento de las manos en impulsos que son canalizados a los brazos robóticos



Foto: Shutterstock

M. R.

El sistema robótico da Vinci es la última y más reciente evolución de la cirugía mínimamente invasiva. Está dotado de una visión 3D de alta definición y cuenta con instrumentación articulada Endowrist. Además, está equipado con un sistema de control simple e intuitivo, que permite al cirujano realizar intervenciones complejas mediante un abordaje mínimamente invasivo.

El primer sistema robótico utilizable en el quirófano se lanzó en el año 1999, cuando Intuitive Surgical Inc., fundada en California en 1995, introdujo en el mercado el primer y único sistema robótico quirúrgico, llamado da Vinci, en honor al científico italiano que ya en el año 1400 ideó una máquina automática.

En el año 2000, el sistema quirúrgico da Vinci se convierte en el primer sistema certificado por la FDA para realizar

cirugía robótica, que fue certificado para su utilización en cirugía general, torácica, cardíaca, vascular, urológica, ginecológica y otorrinolaringológica.

El primer sistema robótico da Vinci (IS1200) fue llamado Standard, y se lanzó al mercado 1999. A España llegó unos años más tarde, en 2005 (la Fundación Puigvert realizó la primera operación con este método), y un año después, en 2006, apareció el sistema da Vinci S (IS2000). La versión da Vinci Si HD (IS3000) se lanzó al mercado internacional y nacional en el año 2009. En 2014, Intuitive Surgical Inc. lanzó la cuarta generación del sistema robótico, el da Vinci Xi HD (IS4000). Y en 2017 se presenta el sistema da Vinci X HD (IS4200), perteneciente a la misma familia del sistema da Vinci Xi HD.

Desde que el sistema robótico da Vinci llegara a España, el número de inter-

venciones realizadas con esta tecnología mínimamente invasiva se ha incrementado más de un 300%. Solo en 2021, se han superado las 12.000 intervenciones.

“La expansión del sistema robótico en España es cada vez más acelerada. Actualmente existen más de 100 sistemas de uso clínico en la sanidad pública y privada del país, creciendo de forma exponencial cada año. Desde Abex trabajamos en la búsqueda de fórmulas que faciliten y aceleren la introducción de esta tecnología en el mercado”, explican desde Abex Excelencia Robótica, la empresa española que desde 2016 distribuye estos sistemas operativos de forma exclusiva en España y Portugal.

Actualmente, el 73% de los sistemas robóticos da Vinci instalados en España se encuentran en hospitales públicos, mientras que 3 de cada 10 se encuentran en centros hospitalarios de carácter



privado. Desde que el sistema robótico da Vinci llegara a España y Portugal, son ya más de 65.000 los pacientes que han sido intervenidos quirúrgicamente con esta tecnología quirúrgica mínimamente invasiva, apuntan desde la compañía. En el mundo, se han realizado más de 10 millones de intervenciones

“La previsión sobre su implantación es que cada vez más hospitales adopten esta tecnología y pueda llegar a más pacientes. Otra situación que encontraremos en los próximos años, es que cada hospital disponga de más de uno o dos equipos, haciendo que sus programas clínicos sean más completos, cubriendo no solo la patología oncológica sino también la benigna”, señalan desde Abex Excelencia Robótica.

Funcionamiento del sistema robótico da Vinci

El sistema quirúrgico da Vinci Xi es la plataforma más avanzada para realizar cirugía robótica mínimamente invasiva. Está desarrollado sobre el concepto de “Immersive Intuitive Interface”, y es el único sistema robótico que traduce los movimientos del cirujano de forma intuitiva: permite un control intuitivo de la óptica y del instrumental.

Además, permite una visión tridimensional del campo quirúrgico. El cirujano puede, sin gafas u otras ayudas, evaluar perfectamente la anatomía y “vivir” la intervención casi como si estuviera dentro del cuerpo del paciente.

El sistema quirúrgico da Vinci consta de tres componentes principales:

- Consola quirúrgica: es el centro de control. A través de la consola, el cirujano

no controla la óptica y los instrumentos mediante dos mandos y varios pedales.

- Carro del paciente: es el componente operativo del sistema da Vinci, y se compone de cuatro brazos móviles e intercambiables, montados en una sola columna, destinados a soportar la óptica, y los instrumentos de 8 mm, de una longitud de más de 48 cm para llegar a las anatomías más complejas.

- Torre de visión: contiene la unidad central de elaboración y procesamiento de la imagen para obtener una visión real en 3D, además de equipos accesorios del sistema robótico da Vinci (electrobisturí, insufladores, etc.).

Principales innovaciones

“Entre las principales innovaciones que incorpora el sistema quirúrgico da Vinci destaca su visión 3D, que mejora la nitidez de la imagen y permite aumentar hasta 10 veces la misma. La precisión de ejecución elimina el temblor y los movimientos involuntarios de las manos del cirujano”, explican desde Abex.

Además, sus cuatro brazos robóticos, instalados sobre una única columna, permiten al cirujano controlar autónomamente hasta 3 instrumentos y una óptica. “Asimismo, dispone de un láser de posicionamiento que facilita y optimiza la posición de los brazos robóticos en función de la intervención seleccionada, así como reduce el tiempo tanto de preparación como de la propia cirugía”, señalan.

Por otra parte, los instrumentos articulados da Vinci Endowrist permiten 540 grados de giro y 7 grados de libertad de movimiento, proporcionando una

extraordinaria precisión en cualquier movimiento. Permite una cirugía multicuadrante, es decir, puede efectuar intervenciones más complejas sobre órganos ubicados en cuadrantes diferentes, sin necesidad de modificar la posición del sistema robótico ni del paciente.

Por su parte, el sistema Firefly que integra, mediante la visualización con la luz de fluorescencia, permite distinguir visualmente y en tiempo real, los márgenes tumorales y los ganglios linfáticos.

Ventajas de su utilización

El sistema robótico da Vinci ofrece una serie de ventajas para el cirujano, entre las que se encuentran la facilidad de acceso a áreas anatómicas complejas, una excelente visualización de los puntos de referencia y planos anatómicos, una mayor precisión en el procedimiento de disección anatómica, aumentando el control y reduciendo las pérdidas sanguíneas, y una mayor precisión reconstructiva, lo cual garantiza una mejor funcionalidad en el postoperatorio y una vuelta más rápida a las funciones naturales.

A todo ello hay que sumar un menor tiempo operatorio con respecto a la laparoscopia, para el mismo tipo de intervención, una radicalidad oncológica comparable a la cirugía abierta, y un menor período de curva de aprendizaje respecto a las técnicas laparoscópicas.

Por su parte, desde el punto de vista del paciente, la ventaja principal es un menor tiempo de hospitalización y una rápida recuperación, ya que se reducen las complicaciones durante la cirugía y se minimiza también la necesidad de reintervenciones.

“Gracias a la tecnología Remote Center da Vinci, que hace que todos los movimientos y la fuerza ejercida se ejecute en un punto concreto, se minimiza el dolor postoperatorio y la medicación requerida para tratarlo, ya que reduce la fuerza ejercida en la pared abdominal del paciente, disminuyendo el trauma en los tejidos”, explican desde Abex Excelencia Robótica.

El sistema quirúrgico da Vinci ha sido desarrollado con el objetivo de ofrecer la tecnología más avanzada a los cirujanos que quieren garantizar un tratamiento mínimamente invasivo para patologías complejas, y se aplica en múltiples especialidades como en Cirugía General, Urología, Ginecología, Cirugía de Trasplantes o Pediatría.

Alba González Álvarez

Doctora en Ingeniería Biomédica e Ingeniera Industrial y de Diseño Industrial. Ganadora del Premio Nacional de Diseño 2022 en la modalidad "Jóvenes Diseñadores"

"La optimización de los reemplazos del cuerpo humano nos permitirá ser más longevos y vivir mejor"

Mónica Ramírez

El día en que Alba González recibió la llamada de la ministra de Ciencia e Innovación, Diana Morant, para comunicarle personalmente que le habían concedido el Premio Nacional de Diseño 2022, en la modalidad de "Jóvenes Diseñadores", y que era un honor para España tener a una profesional como ella, no podía creérselo. Como experta en diseño CAD 3D, optimización de diseño, fabricación aditiva, biomecánica musculoesquelética, biomateriales y evaluación mecánica de implantes, le apasiona crear soluciones innovadoras para diferentes necesidades clínicas. "Desempeñar un papel en ayudar a los pacientes es lo que inspira mi trabajo y me anima a prosperar todos los días", afirma con rotundidad.

En la actualidad, dirige un proyecto de investigación europeo en la Universidad Carlos III de Madrid, desarrollando implantes personalizados innovadores con el uso de tecnologías de impresión 3D, en colaboración con varios hospitales y cirujanos de todo el mundo. En su opinión, la aplicación de las nuevas tecnologías que están surgiendo permitirá mejorar la osteointegración, la aceptación y el riesgo de infecciones de las prótesis, y se conseguirá la reparación y regeneración de tejidos, así como la fabricación de estructuras de materiales biológicos que combinen células y biomateriales que repliquen tejidos como el de los órganos, entre otros muchos avances.

¿Qué le animó a estudiar varias Ingenierías (Ingeniería Industrial e Ingeniería de Diseño Industrial, en un primer momento, e Ingeniería Biomédica, posteriormente)?

Cuando acabé el Bachillerato, mis opciones universitarias fueron estudiar ingeniería o medicina. Por aquel entonces no existía la Ingeniería Biomédica, por lo que nunca fue una opción, y tampoco pensé que algún día podría trabajar aunando ambas disciplinas. Me decanté



Alba González Álvarez

por la ingeniería, pero cuando acabé la Universidad y trabajé de ingeniera industrial, no disfruté ninguno de los trabajos que conseguí. La medicina me seguía interesando, por eso decidí marcharme a Reino Unido para formarme en bioingeniería. Considero que uno de mis mayores logros profesionales ha sido llegar a ser ingeniera biomédica sin saber que podía serlo y disfrutar tanto de mi trabajo.

En la actualidad, dirige un proyecto de investigación europeo en la Universidad Carlos III de Madrid (UC3M), desarrollando implantes personalizados innovadores con el uso de tecnologías de impresión 3D, en colaboración con varios hospitales y cirujanos de todo el mundo, ¿cómo surgió este proyecto? ¿Qué puede contarnos acerca de él?

Cuando trabajaba en Reino Unido, deseaba volver a España y continuar haciendo I+D+i en implantes personalizados en España. Por eso, en 2018, escribí la propuesta de proyecto que llevo ahora y lo presenté a diferentes convocatorias

en busca de financiación. La Universidad Carlos III de Madrid apostó por mí, y financió el proyecto mediante el programa Conex Plus de atracción de talento y excelencia, que está cofinanciado por la Comisión Europea.

Llevo ya dos años desarrollando implantes e instrumentación quirúrgica a medida para reconstrucciones óseas complejas con impresión 3D en España, y son varios los avances logrados. He creado el flujo de trabajo de desarrollo certificado de implantes a medida, hechos 100% en España y de gran calidad. He establecido colaboraciones con hospitales e industria de referencia para poder poner estos implantes en el mercado, y que se usen de forma segura en pacientes. Gestiono la coordinación entre todos los profesionales que forman parte del flujo de trabajo multidisciplinar: ingenieros, cirujanos, empresas, investigadores, distribuidores, etc. Y he trabajado mucho en dar visibilidad al papel del ingeniero biomédico. Espero que nuevos perfiles como el mío generen nuevas oportunidades para las próximas generaciones de ingenieros de la salud.

Cuando abordamos un nuevo caso clínico, partimos del TAC del paciente y creamos modelos virtuales en 3D de la anatomía a reconstruir. Después analizamos la mejor estrategia quirúrgica con el equipo clínico, y diseñamos en 3D las soluciones de implantes e instrumentación para alcanzar esa solución óptima. Utilizamos herramientas de diseño mecánico avanzadas e imprimimos en 3D la solución en metales biocompatibles, como el titanio médico, todo bajo procesos certificados de alta calidad. También imprimimos la instrumentación quirúrgica y los modelos anatómicos en resinas o plásticos biocompatibles. Finalmente se esterilizan todas las piezas y se llevan a quirófano.

Además de dar un servicio de implantes a medida a los cirujanos y pacientes que los requieren, también realizamos trabajos de investigación centrados en dos objetivos muy importantes. En pri-

mer lugar, seguir creando la evidencia científica que avala el uso seguro y los beneficios de nuestros implantes personalizados; y segundo, establecer unos estándares de alta calidad en el diseño y la fabricación por impresión 3D en metal de nuestros implantes.

También ha trabajado en el diseño de implantes ortopédicos personalizados para pacientes en tratamientos oncológicos y cirugía de revisión de reemplazos articulares, ¿cuáles son las principales innovaciones que se llevan a cabo en esta materia?

El desarrollo de calidad de los reemplazos articulares ortopédicos es un gran reto de ingeniería. Son implantes con una función biomecánica compleja, en la que intervienen componentes de diversos materiales que han de soportar altas cargas y replicar rangos de movimiento que tienen que ser validados con precisión. Las principales innovaciones que llevamos a cabo fueron las de validar los diseños innovadores de una gran variedad de reemplazos articulares y megaprótesis, en las que incorporamos estructuras porosas y las aplicamos de forma segura en pacientes de todo el mundo.

Como ingeniera biomédica, su trabajo se ha desarrollado, además, en otros países, como Reino Unido, ¿en qué proyectos ha trabajado?

En Reino Unido trabajé como ingeniera biomédica en el hospital de Morriston (Swansea), tras acabar mi doctorado, desarrollando implantes personalizados para pacientes en cirugía maxilofacial, cirugía torácica, cirugía plástica y cirugía ortopédica. Este fue uno de los primeros hospitales del mundo en crear el puesto de trabajo del ingeniero biomédico desarrollador de implantes a medida con impresión 3D. Yo diseñaba productos a medida aplicados a la clínica a diario. También fue una etapa muy fructífera a nivel científico. A día de hoy, este puesto aún continúa siendo pionero, ya que existe en muy pocos hospitales. También trabajé en Londres para Stanmore Stryker, empresa líder mundial en implantes a medida en ortopedia. En Stanmore desarrollé megaprótesis de todo tipo: reemplazos de cadera, hemipelvis, fémur, tibia, rodilla, hombro, codo, etc. También tuve la oportunidad de trabajar con profesionales de los mejores hospitales del mundo, como el Boston Children's Hospital, en Boston, o el Royal Orthopaedic Hos-

pital, de Londres. Fueron experiencias formativas extraordinarias que tuvieron un gran impacto en mi carrera y también en la vida de muchos pacientes.

A ello hay que añadir el doctorado industrial que realizó en Burdeos (Francia) y en la Universidad de Birmingham de Reino Unido, ¿cómo fue la experiencia?

Fueron 3 años y medio de trabajo intenso que disfruté mucho, y del que estoy muy agradecida y orgullosa. Dedicué mi doctorado Marie Curie a desarrollar y caracterizar biomecánicamente implantes innovadores de columna vertebral, y fue el inicio de mi carrera en bioingeniería. Fue una formación esencial, ya que me formé bien en campos de conocimiento fundamentales para desarrollar implantes de calidad, como es el diseño mecánico, la caracterización mecánica de los implantes y la ciencia de los biomateriales. Además, tuve la oportunidad de desarrollar el proyecto en una empresa en Francia (S14 Implantes) colaborando con hospitales de referencia italianos y franceses, como el hospital ortopédico Rizzoli o el hospital Pellegrin de Burdeos.

¿Cuál es la principal motivación que encuentra a la hora de crear soluciones innovadoras en el ámbito asistencial?

La principal es el impacto que tiene este trabajo en la sociedad. Es muy satisfactorio poder crear soluciones novedosas a medida a pacientes con defectos óseos muy complejos, incluso no operables.

Además, el trabajo es muy estimulante. Por la variedad y originalidad del mismo, ya que cada paciente es diferente y requiere implantes con unas especificaciones de diseño clínicas, biomecánicas y biológicas muy diversas. Y por la riqueza del conocimiento que se genera al ser un trabajo multidisciplinar entre profesionales de diversa índole: clínicos, ingenieros, empresas, investigadores, etc.

A nivel profesional, ¿dónde le gustaría estar dentro de diez años?

En 10 años toda la tecnología disruptiva médica que hoy suena a ciencia ficción (bioimpresión, big data, inteligencia artificial, realidad aumentada, la impresión 4D) se convertirán en ciencia aplicada, y espero ser parte fundamental de esta transformación. Seguiré comprometida con la creación e implementación de la medicina personalizada del futuro, con el uso de la

tecnología, innovando y transformando el sector de salud. Me gustaría crear un centro de excelencia con un equipo multidisciplinar de referencia que dé soluciones personalizadas de implantes e instrumentación quirúrgica de calidad a pacientes y hospitales de toda España y de todo el mundo. Bien es cierto que, al ser un sector tan cambiante, habrá que adaptarse a sus necesidades, y espero sorprenderme a mí misma de lo que seremos capaces de alcanzar de aquí a 10 años.

¿Cómo cree que será el futuro del diseño, la fabricación aditiva y biomateriales?

Muy ilusionante y prometedor, y con un gran potencial transformador del sector salud. Estas tecnologías nos permitirán ser más longevos y vivir mejor gracias a la optimización de los reemplazos del cuerpo humano. Mejoraremos la osteointegración, la aceptación y el riesgo de infecciones de las prótesis, conseguiremos la reparación y regeneración de tejidos, y fabricaremos estructuras de materiales biológicos que combinen células y biomateriales que repliquen tejidos como el de los órganos, entre otros muchos avances.

¿Y las perspectivas sobre el horizonte de oportunidades profesionales para los jóvenes diseñadores y diseñadoras?

Las perspectivas son muy buenas. El diseño biomecánico de dispositivos médicos y la impresión 3D está creciendo de forma exponencial. Cada vez hay más interés por parte de profesionales médicos, ingenieros, empresas y demás instituciones en el diseño médico, porque ya conocemos el impacto tan positivo que puede ofrecer a la sociedad.

¿Cuáles son las principales dificultades con las que se encuentra a la hora de desempeñar su trabajo?

Trabajar en innovación para la salud conlleva cambiar los paradigmas, no sólo en el ámbito de la ingeniería, sino también en el clínico asistencial, y esto supone tener que derribar barreras.

Cada paciente es diferente, requiere un implante distinto, y cada caso clínico es un reto en sí que demanda mucha formación y conocimientos en diversas disciplinas, como el diseño mecánico, los procesos de fabricación tradicionales y de impresión 3D, la biomecánica, la ciencia de los materiales, la anatomía y la cirugía, entre otros.

Proyectos directores de hospitales: futuro programado

Fernando Doncel



Fernando Doncel.

¿Qué hospital queremos? ¿Qué hospital vamos a necesitar en el futuro? ¿Qué previsiones de crecimiento son clave? ¿Puede una ampliación impedir otras futuras ampliaciones?

Es necesario establecer una estrategia de crecimiento a largo plazo, que nos permita ir realizando reformas y ampliaciones con orden y concierto, permitiendo incluso nuevas infraestructuras derivadas de situaciones imprevisibles (como nuevas pandemias).

Esta estrategia debería ir definida en un **Proyecto Director** del "Hospital del Futuro", personalizado para cada hospital y sus especiales condicionantes, y en el cual no solo hay que definir cuáles serán los pasos a seguir, sino cuáles no deben realizarse, poniendo límites y condiciones bien definidos, para que ninguna actuación desvirtúe otras por realizar.

En ocasiones, se detectan necesidades con las que se promueven obras urgentes de ampliación y reforma de hospitales, y al actuar con urgencia, se establece la prioridad de estas actuaciones sin la correcta observancia de lo que provocará en ulteriores etapas,

en las que podrá suponer barreras o limitaciones insalvables. Y es que actuaciones urgentes (muy frecuentes en el mundo hospitalario), no pueden condicionar el normal crecimiento de un hospital.

La dotación, por ejemplo, de un nuevo búnker para radioterapia, no puede ser un obstáculo de flujos futuros, de conexiones de plantas del hospital, de galerías de instalaciones, etc.

Las ampliaciones no son únicamente unidades adicionales, tal y como se entienden administrativamente, sino que suponen, además del alargamiento de los recorridos de evacuación, un aumento de las distancias entre diferentes unidades, complicando el funcionamiento y pudiendo redundar en un peor servicio sanitario.

Los edificios hospitalarios son continentes de las instalaciones e infraestructuras que se van a ejecutar, por lo que no pueden definirse envolventes hasta que estén perfectamente definidos los flujos futuros, las dotaciones, equipamientos e instalaciones asociadas a dichos flujos (que deberán ser cuantificados), y en base a ellos, y a

posibles escenarios de crecimiento poblacional, perfiles de paciente, etc., diseñar envolventes prácticas. Esta premisa es crucial porque, en los proyectos de hospitales, la definición del edificio, tanto de sus estructuras como de sus cerramientos, debe ser consecuencia de todo lo anterior. Es decir, los hospitales no son edificios que contienen equipamientos, sino que son equipamientos que tienen una envolvente.

Existen muchos hospitales diseñados conjuntamente por ingenieros y arquitectos, cuyo acceso principal es por un lateral, que con el paso de los años se han ampliado desdoblado su distribución casi simétricamente, haciendo que ese acceso quede finalmente centrado, y es que siempre se debe diseñar teniendo en cuenta ampliaciones de todo tipo y, además, dejarlas reflejadas tanto en el proyecto primigenio como en los posteriores.

Los hospitales son organismos vivos, siempre en continua evolución, respondiendo a necesidades cambiantes, con presencia continua de cambios reflectantes yendo de un lado para otro, con planos y tablets... Este

continuo cambio exige que se actualicen los planos, esquemas, tablas y documentos para que reflejen su estado final real; pero dejando constancia, no solo de los cambios sobre el estado anterior, sino cómo deberían ser las ampliaciones futuras en base a dichos cambios. Es decir, el proyecto director también evolucionará con cada modificación del hospital; necesita revisarse, actualizarse, e incluso modificarse, para que siempre sea una carta magna vigente y adaptada a los tiempos, que nos establezca los límites y vehicule un crecimiento ordenado y coherente, y sobre todo, para que “el que venga detrás no arree”, sino que se encuentre siempre los mejores mimbres de una «exaptación» lógica e idónea.

¿Cómo se define y configura un Proyecto Director de Hospital? No se debe limitar a un proyecto de hospital con un horizonte de capacidad concreto.

Debe ser mucho más. Los profesionales debemos hacer una prospección de las nuevas instalaciones y equipos, de la innovación en tratamientos, de tecnologías incipientes, de las directivas europeas y la normativa que viene, para establecer las necesidades en el escenario más desfavorable, llegando incluso a «soñar» con las innovaciones que se anticipan en diversos congresos y foros del sector.

Debería diseñarse la estrategia de desarrollo futuro de cada hospital, en la que se contemplen «inserciones» de cada unidad en múltiples posiciones; así se permitirá su crecimiento en capacidad, pero también en funcionalidades, con reserva de espacio y espacios, tanto de uso como de infraestructuras, y todo ello tanto en el interior como el exterior.

La coordinación imprescindible de unas instalaciones con otras hace in-

dispensable planificar las interferencias que tienen entre sí, y no concebirlas individualmente, como se hace en más ocasiones de las que se debiera; y aunque siempre caminamos por la delgada línea del cumplimiento reglamentario, deberíamos incorporar recomendaciones y buenas prácticas que, aun no siendo obligatorias, van a posibilitar hospitales con mucho más futuro.

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

Investigadores desarrollan un sistema que predice la funcionalidad de un corazón artificial

Investigadores del Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A) y del Centro de Investigación Médica Aplicada (CIMA) de la Universidad de Navarra han participado en el desarrollo, por primera vez, de un sistema capaz de predecir el comportamiento del tejido cardíaco fabricado en el laboratorio.

Se trata de una novedosa herramienta *in silico*, es decir, un diseño que permite modelar, simular y visualizar por ordenador la evolución y funcionalidad del tejido cardíaco biofabricado. Este estudio supone un avance en la construcción de modelos computacionales que permitan acelerar la fabricación en el laboratorio de un miocardio humano.

Los resultados de esta investigación han aparecido publicados en la revista *Biofabrication*, una de las principales revistas científicas sobre bioingeniería y biomateriales. En ella han colaborado la Clínica Universidad de Navarra, el Instituto Universitario de Investigación en Ingeniería de Aragón, el Hospital General Universitario Gregorio Marañón de Madrid, la Universidad de Western Australia y la University College de Londres.

Las enfermedades cardiovasculares siguen siendo la primera causa de muerte en todo el mundo, y las complicaciones relacionadas con el miocardio se encuentran entre las principales causas de retirada de fármacos, tanto

en la clínica como en el proceso de desarrollo del medicamento. La medicina regenerativa trata de resolver este problema a través del avance en la fabricación de tejido cardíaco humano, para comprender qué origina daño al corazón y, de este modo, desarrollar fármacos y nuevas terapias más precisas para su tratamiento.

Según explica Manuel Mazo, investigador del Programa de Medicina Regenerativa del CIMA e investigador principal del trabajo, “evaluar todas las variables que afectan al desarrollo de cada tejido fabricado requiere gran cantidad de tiempo y recursos. Así, nuestro objetivo en este trabajo era diseñar una herramienta de predicción basada en información biológica y mecánica para agilizar este proceso”.

Para diseñar esta novedosa herramienta, los investigadores generaron minitejidos cardíacos humanos con diferentes características funcionales, con el fin de introducir esta información en simulaciones por ordenador. “Al introducir la información biológica recopilada en novedosas simulaciones computacionales, nuestro trabajo establece el camino para avanzar en el desarrollo de herramientas *in silico* para predecir la evolución del tejido cardíaco biofabricado tras su generación, y traza la ruta hacia una fabricación de tejidos más precisa y biomimética”, explica Manuel Mazo.

Dr. Francisco Miguel Sánchez Margallo

Director científico del Centro de Cirugía de Mínima Invasión Jesús Usón (CCMIJU)

“La investigación médica experimental ha sido esencial en el avance de la medicina y la cirugía”

M.R.
El Centro de Cirugía de Mínima Invasión Jesús Usón (CCMIJU), con sede en Cáceres, es una institución multidisciplinar dedicada a la investigación, formación e innovación en el ámbito sanitario. Posee una dilatada experiencia en investigación traslacional, en varios campos de especialización: laparoscopia, endoscopia, microcirugía, diagnóstico y terapéutica endoluminal, anestesiología, farmacología, bioingeniería y tecnologías sanitarias, terapia celular y reproducción asistida. La función principal del CCMIJU es mejorar la asistencia sanitaria y promover la salud a través de la educación e investigación sanitaria, colaborando y entrenando a cirujanos y a otras profesiones sanitarias. El Dr. Francisco Miguel Sánchez es el director científico de este prestigioso e innovador Centro.



Dr. Francisco Miguel Sánchez Margallo

La innovación y la formación médica son dos pilares fundamentales en la actividad del Centro de Cirugía de Mínima Invasión (CCMIJU). En líneas generales, ¿cuáles son los principales objetivos y actuaciones que se llevan a cabo?

Esencialmente, el objetivo de la formación médica y sanitaria es incrementar la calidad asistencial en los pacientes, empleando para ello diferentes herramientas y técnicas innovadoras que permitan, por una parte, capacitar a los cirujanos y a otros profesionales de la sanidad para aprender y aplicar procedimientos y técnicas y, por otra parte, adquirir conocimientos que puedan emplear en su práctica clínica diaria. Actualmente empleamos diferentes sistemas de realidad virtual, simuladores físicos, sistemas inteligentes y otras tecnologías emergentes para lograr estos fines. En definitiva, la misión principal del CCMIJU es mejorar la asistencia sanitaria y promover la salud a través de la educación e investigación sanitaria, colaborando y entrenando a cirujanos y a otras profesiones sanitarias.

¿Cuántos profesionales trabajan en el Centro? ¿Cómo son sus perfiles?

Actualmente la plantilla del Centro la integran, aproximadamente, unos 80 profesionales, que conforman un equipo multidisciplinar de ingenieros, médicos, veterinarios, biólogos, farmacéuticos, bioquímicos, técnicos en diferentes disciplinas, etc., altamente cualificados y que trabajan para buscar soluciones a las necesidades planteadas por diferentes empresas sanitarias, entidades, universidades, colaboradores o profesionales sanitarios que demandan conocimiento, desarrollo de investigaciones médicas, evaluación y validación de productos médicos o el desarrollo de diferentes servicios preclínicos.

En cuanto a las innovaciones que desarrollan, ¿cuáles son las líneas de investigación en el ámbito de la robótica quirúrgica?

Por una parte, perseguimos estandarizar procedimientos y protocolos en nuestros laboratorios, y que puedan ser transfe-

ridos a la práctica hospitalaria. Como ejemplo, una actividad de formación reciente ha sido la organización de talleres de formación sobre el empleo de dispositivos robóticos para llevar a cabo el trasplante renal asistido por robot, y que ya se está empleando en varios hospitales españoles, u otras experiencias de formación con sistemas robóticos en urología, ginecología, cirugía torácica, etc., antes del empleo de estas técnicas en un ambiente hospitalario.

Y, por otra parte, actualmente estamos liderando una iniciativa de compra pública de innovación en robótica quirúrgica, apoyados por el Ministerio de Ciencia e Innovación del Gobierno de España y de la Consejería de Ciencia e Innovación de la Junta de Extremadura, empleando Fondos Europeos de desarrollo regional (FEDER). Se trata de un proyecto de innovación con el que pretendemos mejorar las limitaciones de los sistemas robóticos quirúrgicos actuales, tanto en cirugía laparoscópica como en microcirugía, con el objetivo de incrementar la calidad asistencial hospitalaria, mejorar la ergonomía del cirujano y buscar nuevas prestaciones de esta tecnología, para mejorar las posibilidades y los resultados quirúrgicos. Trabajaremos en dos líneas de actuación diferenciadas, esencialmente en una plataforma robótica para cirugía laparoscópica y una plataforma robótica teleoperada para microcirugía reconstructiva. Asimismo, emplearemos nuevas tecnologías inmersivas como la realidad virtual o la realidad aumentada, para la formación médica con los modernos sistemas robóticos.

¿Y lo que respecta al laboratorio de impresión médica?

Se trata de un laboratorio de reciente creación, donde combinamos las técnicas de impresión 3D y la bioimpresión. En el caso de la impresión 3D, solemos partir de un diseño específico del paciente, obtenido de la segmentación de

imágenes clínicas procedentes de una exploración con TAC, resonancia, radiología, etc., o bien de imágenes de diseño informático, y que son enviadas a una impresora que reproduce la información en un objeto tridimensional. Esta tecnología es muy útil para la formación médica, planificación quirúrgica, compartir información relevante con los pacientes, diseño de prototipos o investigación con nuevos materiales, entre otras aplicaciones.

Por su parte, la bioimpresión consistiría en la impresión simultánea de células o componentes celulares y biomateriales, siguiendo la información procedente de un fichero informático. Actualmente la bioimpresión está siendo empleada en campos como la medicina regenerativa y el testeo de fármacos, si bien hay un campo muy interesante de innovación en las tecnologías empleadas como la extrusión, estereolitografía, electrospinning, etc., y especialmente en la búsqueda de los materiales y biomateriales adecuados para cada estudio.

En nuestro caso, estamos muy interesados en el desarrollo de nuevas soluciones para el tratamiento de enfermedades cardiovasculares como el infarto de miocardio, tratamiento de alteraciones del cartilago articular o el desarrollo de prótesis, combinando en todos los casos diferentes biomateriales, células madre, componentes celulares, fármacos o nanopartículas.

Otro ámbito en el que desarrollan su trabajo es en el de la investigación biomédica experimental, ¿qué puedo contarnos sobre ello?

La investigación médica experimental ha sido esencial en el avance de la medicina y de la cirugía. Importantes avances como la síntesis de la insulina, puesta a punto del trasplante de órganos, desarrollo de terapias inmunosupresoras o la propia cirugía de mínima invasión han sido posibles gracias al trabajo previo en laboratorios y centros de investigación. En este sentido, parte de nuestras investigaciones analizan diferentes abordajes quirúrgicos, se evalúan novedosos procedimientos quirúrgicos o se estudian los efectos de nuevos biomateriales o dispositivos médicos antes de su empleo en pacientes humanos. Estas actividades son esenciales para perfeccionar la tecnología médica y buscar nuevas alternativas médicas y quirúrgicas para el tratamiento de diferentes patologías para que puedan ser aplicadas con la suficiente garantía en los pacientes.

En el Centro de Cirugía de Mínima Invasión trabajan también en las nuevas tecnologías, como es la realidad virtual, ¿cuáles son los últimos avances en este ámbito?

Este tipo de tecnologías han llegado a nuestra sociedad y están modificando la formación sanitaria, el mundo de la cirugía y la sociedad en la que vivimos. Las tecnologías inmersivas como la realidad virtual o la realidad aumentada están siendo empleadas en simuladores virtuales para el entrenamiento quirúrgico o en sistemas de planificación quirúrgica.

Actualmente estamos empleando gafas de realidad mixta que combinan hologramas, videos, imágenes diagnósticas o información clínica del paciente, mezcladas con la imagen real del entorno, buscando posibles aplicaciones para la planificación y la asistencia quirúrgicas durante la cirugía en diferentes especialidades médicas.

¿Qué papel juega la Inteligencia Artificial y la tecnología 5G en los proyectos que llevan a cabo?

En los últimos años, la proliferación de aplicaciones basadas en la inteligencia artificial está transformando nuestros entornos laborales y domésticos, y las interacciones con determinados dispositivos de uso cotidiano. En líneas generales se trataría de emplear determinados algoritmos informáticos que pueden realizar tareas que normalmente realizan humanos. Esta tecnología tiene interés en el campo médico para el reconocimiento de determinados patrones e imágenes, llegando a crear modelos predictivos. Por ejemplo, esta tecnología emergente está siendo empleada con sistemas que aprenden a predecir resultados, como la identificación de pólipos en la mucosa intestinal durante una endoscopia, llegando incluso a pronosticar si se trata de una lesión maligna o benigna. Otros campos interesantes de aplicación es la ayuda a la toma de decisiones en el diagnóstico de imágenes médicas, evaluación de destrezas quirúrgicas durante la formación, uso como herramienta de guiado intraoperatorio, entre otras aplicaciones.

También la expansión de la tecnología 5G ha permitido llevar a cabo procedimientos a distancia, manipulando sistemas robóticos e interactuando con los dispositivos a tiempo real. Si bien aún existen retos y limitaciones que deben superarse antes de integrar esta tecnología en la práctica clínica habitual,

considero que estos avances pueden permitir la aparición de nuevas aplicaciones terapéuticas. La alta velocidad de transmisión de datos y la posibilidad de llevar a cabo procedimientos teledirigidos son propiedades que, en nuestro caso, queremos probar con los sistemas de realidad aumentada, robótica médica y formación médica.

¿En qué otros ámbitos destacables trabajan también?

Además de la formación quirúrgica y las propias tareas de investigación en diferentes líneas de trabajo, el CCMIJU presta sus servicios a diferentes empresas y entidades que se encuentran desarrollando tecnología médica y farmacológica. Mediante la realización de diferentes ensayos se analizan los resultados de diferentes tecnologías, antes de llegar a ser empleadas en un ámbito hospitalario. Estos estudios son esenciales, por ejemplo, para testar alternativas para el tratamiento de enfermedades como el infarto de miocardio, ictus, lesiones nerviosas, patologías urológicas o ginecológicas, y mejorar los sistemas de preservación de órganos para los trasplantes, entre algunos de los estudios que estamos desarrollando.

¿Cómo se imagina que será la evolución de la innovación en tecnología en los próximos años?

El futuro es casi imposible de predecir, prueba de ello es la pandemia que hemos sufrido y que nadie preveía. En cuanto a la innovación tecnológica, considero que la planificación preoperatoria y la cirugía pueden beneficiarse de tecnologías de visualización avanzadas. También es evidente que el uso de los sistemas robóticos en el sector sanitario seguirá incrementándose en años venideros y, posiblemente, asistamos a la introducción de diferentes tecnologías en los hospitales, que se irán convirtiendo en edificios "inteligentes" y centrados en el paciente. La digitalización es una tendencia de nuestra era que también afectará a los hospitales, desde los registros electrónicos, acceso de los pacientes a cierta información, interpretación rápida y automática de resultados, uso de dispositivos portables para seguimiento de pacientes parecen estar cada vez más próximos.

Innovación y crecimiento potencial de la energía renovable. Caso práctico: minicentrales hidroeléctricas

Innovation and potential growth of renewable energy. Practical case: Mini hydroelectric plants

Francisco Javier Martínez Monseco

Resumen

La energía hidroeléctrica es una de las energías renovables más desarrolladas desde hace muchos años, pero en el contexto actual de mejora de procesos, es necesaria la máxima disponibilidad y eficiencia energética. En la gestión de los activos físicos de generación eléctrica, la figura del departamento de mantenimiento desarrolla su trabajo realizando una gestión de un presupuesto anual dedicado y esperando que, con mayor o menor fortuna, no se produzca una avería grave y que la disponibilidad del activo sea la máxima. La tendencia de las organizaciones es ir reduciendo cada año el presupuesto de mantenimiento (OPEX), con lo cual cada vez es más difícil poder garantizar los coeficientes de gestión. Uno de los aspectos clave hoy en día es poder utilizar una metodología con la que podamos identificar correctamente el estado del activo a mantener con herramientas de optimización combinadas (análisis modal de fallos y efectos [AMFE], análisis de criticidad, análisis de ciclo de vida y el mantenimiento centrado en confiabilidad [RCM]) que pueden optimizar el OPEX, pero que, a la vez, pueden servir como base de análisis de mejoras del activo (rediseño mediante el gasto en capital [CAPEX] que aporte valor añadido a la organización) frente a la optimización del mantenimiento (implica reducir costes y aflorar posibles ahorros futuros en la gestión del activo). Esta metodología se tiene que justificar con los sistemas identificados como críticos y poder justificar ante la organización proyectos de mejora del activo como un incremento de ingresos del negocio y no simplemente como un gasto a tener que amortizar.

Palabras clave

Energía hidroeléctrica, innovación, gestión de activos, RCM, AMFE.

Abstract

Hydroelectric energy has been one of the most developed renewable energies for many years, but in the current context of process improvement, maximum availability and energy efficiency is necessary. In the management of physical assets of electricity generation, the figure of the department of Maintenance carries out its work by managing a dedicated annual budget and hoping that with greater or lesser luck there will not be a serious breakdown and that the availability of the asset is the maximum. The tendency of organizations is to reduce the maintenance budget (OPEX) each year, making it increasingly difficult to guarantee management coefficients. One of the key aspects today is to be able to use a methodology where we can correctly identify the state of the asset to be maintained with combined optimization tools (AMFE, criticality analysis, life cycle analysis and RCM) that can optimize the OPEX, but which, at the same time, can serve as a basis for analyzing improvements to the asset (redesign using capex that provides added value to the organization) versus optimizing maintenance (it implies reducing costs and bringing out possible future savings in asset management). This methodology has to justify the systems identified as critical, and be able to justify projects to improve assets in front of the organization as an increase in business income and not simply as an expense to be amortized.

Keywords

Hydroelectric energy, innovation, asset management, RCM, AMFE.

Recibido / received: 27/07/2021. Aceptado / accepted: 26/05/2022.

Ingeniero eléctrico. Responsable de Mantenimiento de las centrales hidroeléctricas de Barcelona y Girona en Enel Power Generation Hydro.

Autor para correspondencia: Francisco Javier Martínez Monseco, jmartinez1638@alumno.uned.es



Presa y central hidroeléctrica en el embalse de Aguilar de Campoo (Palencia). Foto: Shutterstock.

Introducción

Gestión de los activos físicos

Se considera “un activo físico” cualquier objeto que posea valor para la organización o un propietario. Dicho “valor” se genera cuando el objeto en cuestión cumple con su función ante una determinada demanda de su funcionamiento. El no cumplimiento de esa demanda para funcionar causará unas consecuencias negativas que deberemos gestionar para poder reponer la función inicial determinada. Desde el departamento de mantenimiento de cualquier organización es fundamental tener información del estado de dicho activo en cada momento y poder planificar las correspondientes acciones para que cumpla la función requerida en cada momento. Por ello, no deberemos afrontar el reto del mantenimiento como una gestión anual de un presupuesto que cada vez es menor y que, además, implica priorizar en cuanto a las acciones a realizar, sin tener claramente justificada dicha justificación ante la organización. Es fundamental, por tanto, emplear herramientas de optimización del mantenimiento con las que podamos identificar claramente los problemas que tenemos que

afrontar y, así, tener una base sólida para definir una estrategia justificada de acciones delante de la organización.

Las estrategias de optimización más útiles que podemos aplicar de manera combinada en el día a día de la gestión de mantenimiento son:

- Análisis de modos de fallo y efectos de los sistemas del activo físico.
- Análisis del ciclo de vida de los sistemas del activo físico.
- Análisis de riesgos y priorización por criticidad.
- Mantenimiento centrado en fiabilidad (RCM).

Estas estrategias permiten tener una base justificativa ante la dirección de la empresa para plantear acciones tanto de optimización del mantenimiento como de actuaciones de mejora o rediseños en el activo físico gestionado.

Análisis de ciclo de vida activo

Todas las empresas realizan acciones para trabajar con sus activos físicos y obtener beneficios de su confiabilidad. Lamentablemente, la experiencia indica que estas acciones y gestiones, en general, son aisladas y desordenadas, de manera tal que las empresas no logran obtener un retorno máximo de sus

activos. En consecuencia, en lugar de pensar en la necesidad de “reducción de costos de mantenimiento de un activo”, una visión a mediano y largo plazo obliga a pensar en la maximización del beneficio de ciclo de vida de un activo, el cual surgirá de la diferencia entre los ingresos del ciclo de vida y el costo del ciclo de vida [1]. Para conseguir este objetivo, lo primero es cambiar el concepto de cómo analizar al mantenimiento y como ubicarlo en el contexto de las demás funciones empresariales. Todas las funciones existen, pues aportan algo al resultado; si no, no existirían, y si estamos hablando de empresas industriales, comerciales y de servicios, ese resultado es el lucro en el negocio en que se encuentran. Para una organización es fundamental adoptar aquellas acciones que se consideren apropiadas durante el ciclo de vida de dichos activos para lograr el equilibrio óptimo entre su coste de ciclo de vida, riesgo y desempeño (gestión del riesgo durante el ciclo de vida).

La energía hidroeléctrica. Minicentrales hidroeléctricas

La generación de electricidad con minicentrales hidroeléctricas se desa-

rolló en la mayoría de los países en los inicios del siglo XX y, en muchos casos, no se han realizado demasiadas adecuaciones y mejoras intentando conseguir los máximos ingresos de generación eléctrica con los mínimos costes de explotación. El estudio de optimización del mantenimiento y aplicación de mejoras tecnológicas en pequeñas centrales hidroeléctricas ofrece posibilidades de potencial desarrollo y crecimiento, debido a la diversidad de caudales que aún son susceptibles de ser aprovechados con las nuevas tecnologías. La capacidad hidroeléctrica mundial instalada (excluyendo la hidroeléctrica de bombeo) fue de 1.189 GW a finales de 2019.

La energía hidroeléctrica proporciona una fuente de electricidad de bajo coste y, si la planta incluye el almacenamiento en el embalse, también proporciona una fuente de flexibilidad. Esto permite proporcionar servicios de flexibilidad como respuesta de frecuencia, capacidad de arranque en negro y reservas giratorias. Esto, a su vez, aumenta la viabilidad de la planta al incrementar los flujos de ingresos del propietario de los activos, al tiempo que permite una mejor integración de las fuentes de energía renovable variable (ERV) para cumplir los objetivos de descarbonización. Además de los servicios de flexibilidad de la red, la energía hidroeléctrica puede almacenar energía durante semanas, meses, estaciones e incluso años, dependiendo del tamaño del embalse. Otro aspecto para tener en cuenta en el análisis de proyectos hidroeléctricos es que combinan servicios de suministro de energía y agua. Pueden incluir planes de riego, suministro de agua municipal, gestión de sequías, navegación y recreación y control de inundaciones, todo lo cual proporciona beneficios socioeconómicos locales. De hecho, en algunos casos la capacidad hidroeléctrica se desarrolla debido a una necesidad existente de gestionar los caudales del río y la energía hidroeléctrica puede incorporarse al diseño.

Costes totales de instalación en proyectos hidroeléctricos

Los proyectos hidroeléctricos tienen dos componentes principales de costes:

- Las obras civiles para la construcción de la central hidroeléctrica, que incluyen cualquier desarrollo de la infraestructura necesaria para



Figura 1. Azud minicentral hidroeléctrica. Fuente: Enel Power Generation Hydro.



Figura 2. Minicentral hidroeléctrica del Pirineo de Girona. Fuente: Enel Power Generation Hydro.

Componente del proyecto hidroeléctrico	Costes totales de OM proyectos hidroeléctricos (porcentaje, análisis 25 proyectos mundiales 2018 IRENA)		
	Mínimo	Medio	Máximo
Costes de operación	20	51	61
Salarios	13	39	74
Otros	5	16	28
Material	3	4	4

Tabla 1. Hydropower project O&M costs by category from a sample of 25 projects [2]. Costes de OM del proyecto Hydropower por categoría a partir de una muestra de 25 proyectos.

acceder al sitio, la conexión a la red, cualquier trabajo relacionado con la mitigación de los problemas ambientales identificados y los costes de desarrollo del proyecto.

- Los costes de adquisición relacionados con los equipos electromecánicos.

Costes medios totales para proyectos de desarrollo de centrales hidroeléctricas (2010-2019) de capacidad menor de 50 Mw: **1.641 USD/Kw**

Costes de mantenimiento y operación

Los costes anuales de operación y mantenimiento suelen indicarse como un porcentaje del coste de inversión por kW y año. Los valores típicos oscilan entre el 1% y el 4%. IRENA ha recopilado previamente datos de O&M sobre 25 proyectos [2] y encontró un coste medio de O&M que era ligeramente inferior al 2% de los cos-

tes totales instalados por año, con una variación de entre el 1% y el 3% de los costes totales instalados por año. La Agencia Internacional de la Energía (AIE) asume unos costes de O&M del 2,2% al 3% para los proyectos mini-hidráulica. Los costes de operación y mantenimiento suelen incluir una provisión para la renovación periódica de los equipos mecánicos y eléctricos, como la revisión de la turbina, el rebobinado del generador y las reinversiones en los sistemas de comunicación y control, pero excluyen las renovaciones importantes de los equipos electromecánicos y la renovación de las tuberías forzadas, los raíles, etc. La sustitución de estos equipos es poco frecuente, con una vida útil de 30 años o más en el caso de los equipos electromecánicos y de 50 años o más en el caso de las tuberías forzadas y los raíles. Esto significa que la inversión original se ha amortizado por completo

en el momento en que hay que realizar estas inversiones. Por tanto, es fundamental poder analizar las diferentes mejoras tecnológicas en los equipos de las centrales hidroeléctricas para poder realizar una modernización con una aportación de beneficios al propio activo físico.

Innovación y crecimiento potencial de las minicentrales hidroeléctricas desde la gestión de activos y el mantenimiento

Optimización del activo desde el análisis del mantenimiento en centrales hidroeléctricas. Sistemas y modos de fallo críticos y estrategias de optimización del mantenimiento

Uno de los aspectos más importantes en la aplicación de la estrategia de mantenimiento de una central hidroeléctrica es poder dividir el activo físico en una serie de sistemas definidos por una agrupación de funciones a cumplir en el funcionamiento normal. En la figura 3 se definen los diferentes sistemas y equipos que componen cada sistema en una central hidroeléctrica.

Análisis desde el RCM: las siete acciones básicas

Para el desarrollo del proceso RCM, es necesario realizar siete acciones acerca del activo o sistema que se intenta analizar. En la figura 4 [4] se enumeran.

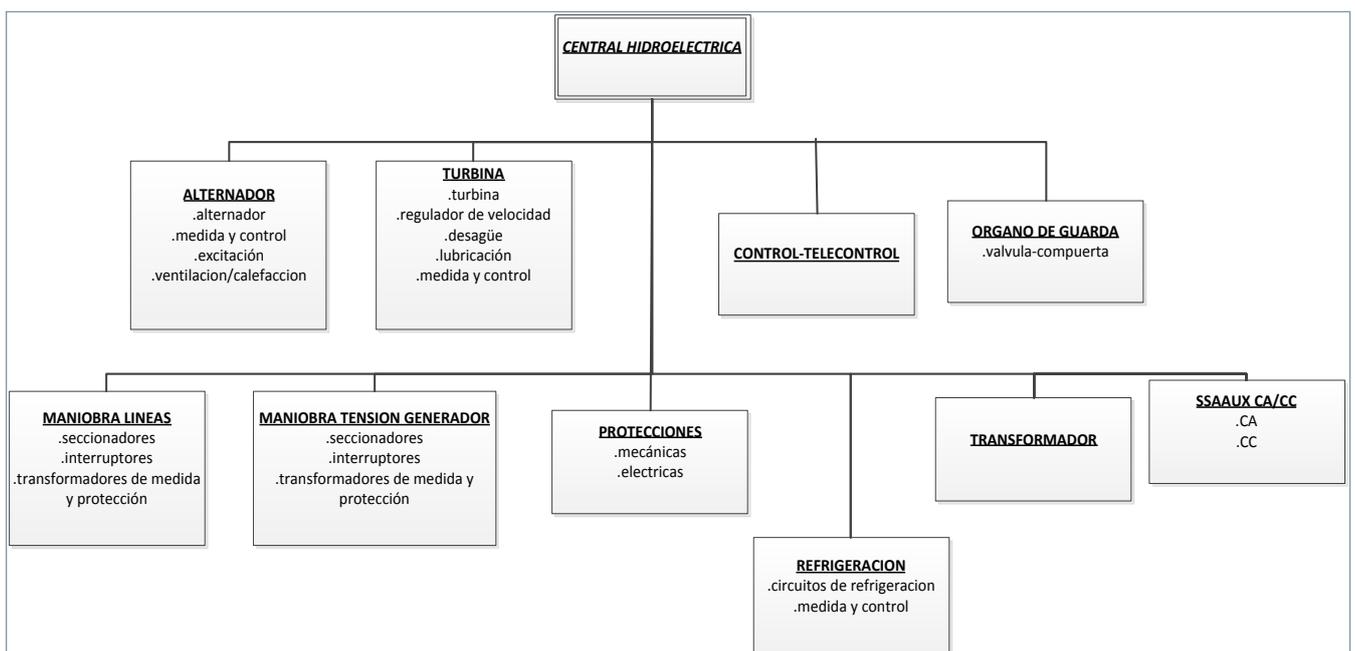


Figura 3. Sistemas y equipos que componen cada sistema de una central hidroeléctrica [3].

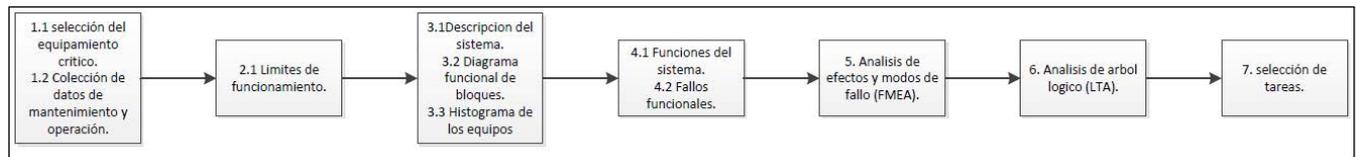


Figura 4. Principales pasos del RCM [4].

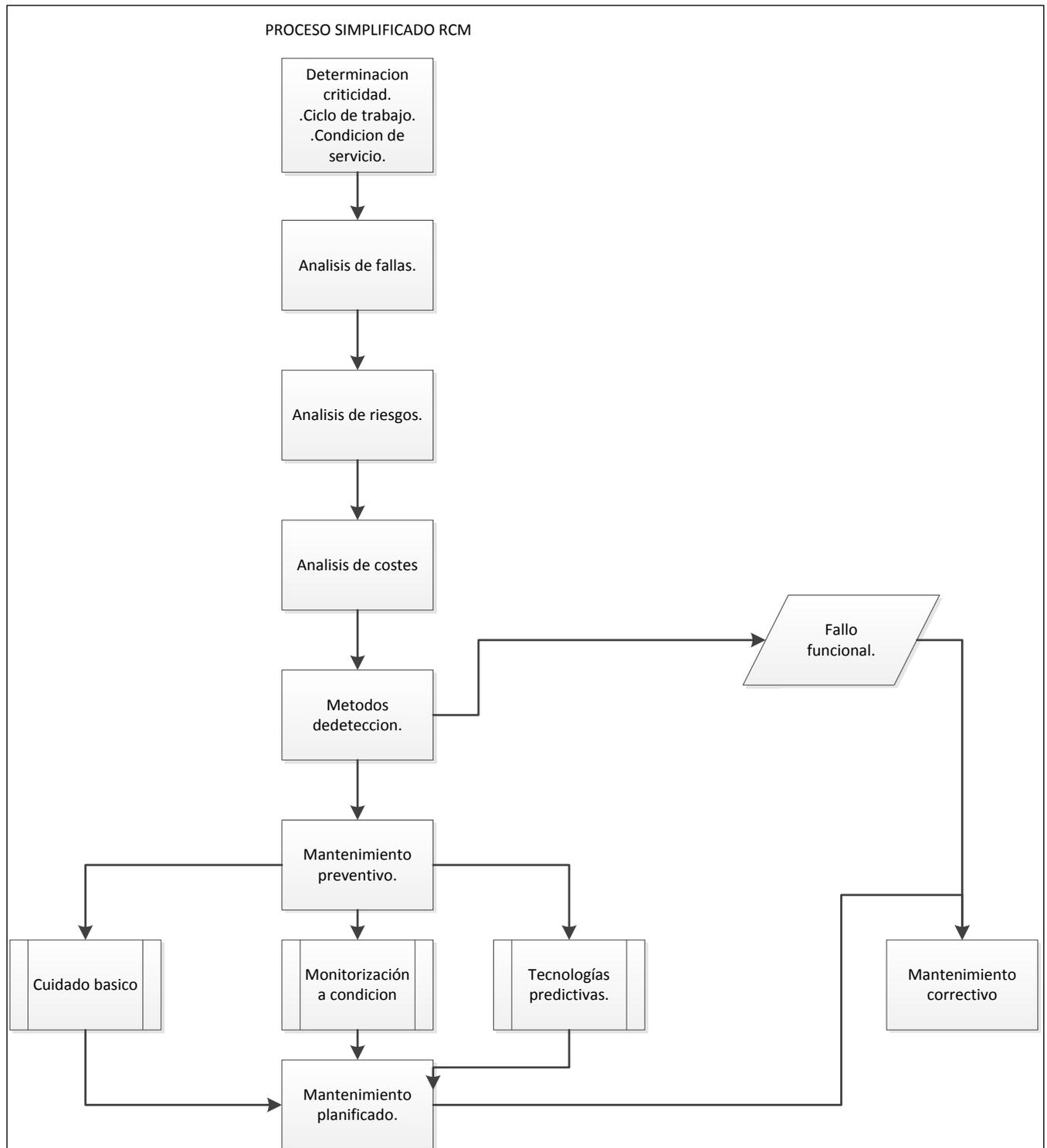


Figura 5. Proceso simplificado RCM [5].

Estas 7 acciones constituyen la base de análisis que nos tenemos que plantear para cada activo físico, de cara a conocerlo y definir realmente cuál es la función que le exigimos, cómo puede fallar y qué debemos realizar para minimizar dichos fallos.

Una vez definidas las acciones de análisis de la metodología RCM, en la figura 5 [5] se define el proceso a seguir con las acciones por definir.

A continuación, se definen las diferentes acciones a definir en cualquier sistema industrial a analizar mediante RCM.

Funciones y parámetros de funcionamiento

Antes de poder definir qué proceso aplicar para determinar qué debe hacerse para que cualquier activo físico continúe haciendo aquello que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional, necesitamos hacer dos cosas:

- Determinar qué es lo que sus usuarios quieren que se haga.
- Asegurar que sea capaz de realizar aquello que sus usuarios quieren que se haga.

Por eso, el primer paso en el proceso de RCM es definir las funciones de cada activo en su contexto operacional, junto con los parámetros de funcionamiento deseados [6,7].

Fallos funcionales

Los objetivos del mantenimiento son definidos por las funciones y expectativas de funcionamiento asociadas al activo en cuestión. El único hecho que

puede hacer que un activo no pueda desempeñarse conforme a los parámetros requeridos por su usuario es alguna clase de fallo. Esto sugiere que el mantenimiento cumple sus objetivos al adoptar un abordaje apropiado en el manejo de un fallo. Sin embargo, antes de poder aplicar herramientas apropiadas para el manejo de un fallo, necesitamos identificar qué fallos pueden ocurrir. El proceso de RCM lo hace en dos niveles:

- En primer lugar, identifica las circunstancias que llevan al fallo.
- Luego se pregunta qué eventos pueden causar que el activo falle.

Modos de fallo

Una vez que se ha identificado el fallo funcional, el siguiente paso es tratar de identificar todos los hechos que pueden haber causado cada estado de fallo. Estos hechos se denominan modos de fallo. Los modos de fallo posibles incluyen aquellos que han ocurrido en equipos iguales o similares operando en el mismo contexto. También incluyen fallos que actualmente están siendo prevenidos por regímenes de mantenimiento existentes, así como fallos que aún no han ocurrido, pero son consideradas muy posibles en el contexto en cuestión [6,7].

Efectos de fallo

La cuarta acción en el proceso de RCM consiste en hacer un listado de los efectos del fallo, que describe lo que ocurre cuando acontece cada modo de fallo. Esta descripción debe incluir toda la información necesaria

para apoyar la evaluación de las consecuencias del fallo, tal como:

- Qué evidencia existe (si la hay) de que el fallo ha ocurrido.
- De qué modo representa una amenaza para la seguridad o el medio ambiente (si es que la representa).
- De qué manera afecta a la producción o a las operaciones (si las afecta).
- Qué daños físicos (si los hay) han sido causados por el fallo.
- Qué debe hacerse para reparar el fallo.

Consecuencias del fallo

Un punto fuerte de RCM es que reconoce que las consecuencias de los fallos son más importantes que sus aspectos técnicos. El proceso de RCM clasifica estas consecuencias en cuatro grupos, de la siguiente manera:

- Consecuencias de fallos ocultos: los fallos ocultos no tienen un impacto directo, pero exponen a la organización a fallos múltiples con consecuencias serias y hasta catastróficas.
- Consecuencias ambientales y para la seguridad: un fallo tiene consecuencias para la seguridad si es posible que cause daño o la muerte a alguna persona. Tiene consecuencias ambientales si infringe alguna normativa o reglamento ambiental tanto corporativo como regional, nacional o internacional.
- Consecuencias operacionales: un fallo tiene consecuencias operacionales si afecta a la producción (cantidad, calidad del producto,

Valor	Nivel de afectación	Seguridad	Medio ambiente	Producción	Mantenimiento	Frecuencia
0	Sin impacto	Sin efecto	Sin polución	Sin parada	Sin coste	>5 años
1	Menor	Sin efecto en la seguridad y sin tratamiento	Polución menor	Parada menor	Coste de mantenimiento menor	1<x<5 años
2	Moderado	Efectos limitados en la seguridad	Alguna polución	Parada dentro de límite	Coste de mantenimiento aceptable	1 mes<x<1 año
3	Grave	Daños serios, pérdida de potencial de la función de seguridad	Polución significativa	Parada dentro de límites aceptables	Coste por encima del normal	1 semana<x<1 mes
4	Catastrófico	Pérdida de vidas. Sistemas críticos no operativos	Polución mayor	Parada de producción	Coste de mantenimiento alto	x<1 semana

Tabla 2. Matriz de análisis de criticidad de activos genéricos [8].



Figura 5. Minicentral hidroeléctrica y azud de captación de canal (fuente: Enel Power Generation Hydro).

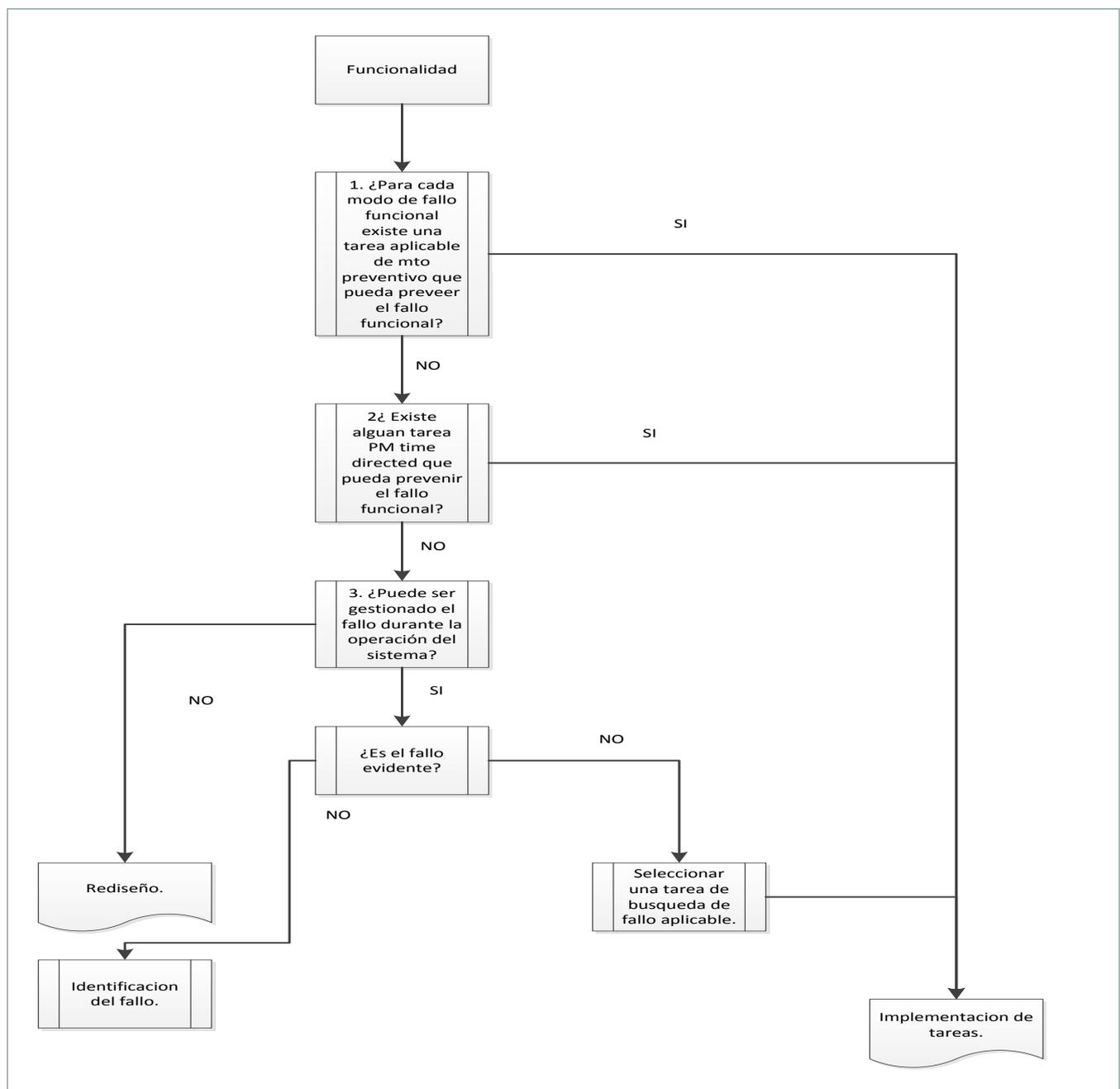


Figura 6. Análisis del árbol lógico RCM (5).

Sistema	Modo de fallo	Falla	Propuesta de mantenimiento	Rediseño	Ventajas frente a propuesta de mantenimiento
Alternador	Fallo en el aislamiento del alternador con cortocircuito, espiras y avería catastrófica del sistema	Eléctrica	Ensayos del estado del alternador con periodicidad corta para conocer cómo está el alternador previo a avería catastrófica	Nuevo alternador de imanes permanentes asociado a un convertidor de frecuencia que permita que el grupo hidroeléctrico pueda funcionar a velocidad variable evitando caudal mínimo técnico turbinable y con mayor eficiencia del caudal turbinado	Mayor producción anual de la central al aprovechar los caudales mínimos técnicos turbinables
Turbina	Rotura de alabes de la turbina por degradación del material y cavitaciones	Mecánica	Ensayos predictivos de vibraciones, control de aceites de cojinetes para conocer el estado de la turbina previo a avería importante	Sustitución de turbina actual del grupo con deterioros graves en alabes y degradación de material por turbina de mayor curva de eficiencia por ejemplo tipo turbina Crossflow	Mayor producción anual en caudales y saltos variables por gran eficiencia desde el 12% al 100% del caudal
Control central-canal	Avería eléctrica o mecánica de grupo sin aplicación por parte del telemando de una parada de emergencia	Eléctrica-electrónica	Mantenimiento preventivo periódico para comprobar el estado de la instrumentación de campo	Montaje de monitorización de datos inalámbricos (temperatura, presión, caudal de refrigeración, niveles, vibraciones)	Vigilancias mediante sistema de monitorización <i>on line</i> para tener la base de datos de características del equipo, el historial de averías y resoluciones
Canal central de la hidroeléctrica	Grietas en el canal central. Avería catastrófica del sistema	Obra civil	Control del estado del canal mediante vaciado e inspección de manera periódica	Montaje de paneles solares flotantes en zona del canal de entrada central (zona limpiarrejas)	Mayor producción anual de la central al añadir la energía solar fotovoltaica a la energía hidroeléctrica vertida en la red
Azud central hidroeléctrica	Fallo en la regulación caudal de agua concesional con falta de caudal ecológico en el río	Eléctrica-electrónica	Mantenimiento preventivo periódico para comprobar el estado de la instrumentación de campo	Montaje de hidrotornillo en el paso de agua regulada desde el azud para el control del caudal ecológico de río	Mayor producción anual de la central al añadir la energía del hidrotornillo a la energía hidroeléctrica de la central vertida en la red
SSAAux central. Achique central	Fallo en el funcionamiento de bombas de achique con inundación de la central	Eléctrica-mecánica	Mantenimiento preventivo trimestral con comprobación del funcionamiento sistema auxiliar	Montaje de placas solares y batería para garantizar el suministro en BT de los servicios auxiliares de la central. Bomba achique con alimentación solar	Mayor producción anual de la central al reducir el consumo eléctrico de servicios auxiliares de la central con incremento de generación eléctrica de la central hidroeléctrica
Transformador	Fallo en el aislamiento del transformador combinado con agrietamiento juntas	Eléctrica	Ensayos del estado del transformador para conocer su situación	Sustitución del transformador de potencia y servicios auxiliares por transformador seco	Mejora medioambiental de la instalación

Tabla 3. Tabla de propuestas de rediseños planteadas para una minicentral hidroeléctrica.

atención al cliente o costos operacionales), además del costo directo de la reparación.

- Consecuencias no operacionales: los fallos que caen en esta categoría no afectan a la seguridad ni la a producción; solo se relacionan con el costo directo de la reparación.

Priorización de las acciones a realizar sobre los sistemas críticos del activo físico

A partir del análisis de modos de fallo de las centrales hidroeléctricas, una serie de modos de fallos críticos constituyen la base de priorización de actuación debido al riesgo detectado de producirse.

En muchos casos, es necesario priorizar el equipo más crítico en una planta industrial para evitar fallos importantes y definir un programa de mantenimiento. Por tanto, el objetivo principal del análisis de criticidad es definir el equipo crítico basado en las peores consecuencias de la falta con respecto a aspectos como seguridad, ambiente, producción y costos. A partir de esto, el sistema de clasificación que se presenta en la tabla 2 [8], que oscila entre 1 y 4, evalúa y puntuaciones de cada aspecto.

Definición de opciones estratégicas de mejora en el activo físico. Minicentral hidroeléctrica

La definición de opciones estratégicas de mejora en el activo físico sería pasar de ver el departamento de mantenimiento de la visión actual de “generación de costos” a conseguir ser una unidad de evaluación del activo físico a mantener y analizar rigurosamente las diferentes posibilidades de optimización de dicho activo físico. Hasta ahora, la función del mantenimiento se ha centrado en establecer una serie de estrategias de optimización basadas en la consecución de disponibilidad y fiabilidad al mínimo

coste posible. Mediante esta visión parcial de negocio conseguimos que el máximo margen de mejora pueda pasar por garantizar el funcionamiento del activo físico con menor coste, pero sin generar un valor añadido al negocio. La idea es analizar el activo físico por parte del departamento de mantenimiento desde la base de ser “el mejor conocedor del activo físico en la organización para poder obtener toda la información y datos de análisis de manera objetiva”, evitando que la propia organización decida los rediseños y las inversiones a aplicar en el activo físico sin tener como principal fuente de información el análisis que ha realizado el departamento de mantenimiento [3,9].

- Análisis integral del activo físico para mejora y eficiencia desde el punto de vista del mantenimiento (optimización OPEX y justificación razonada de propuesta de CAPEX generadora de valor añadido al negocio).
- Ficha de análisis activo físico desde el punto de vista del mantenimiento (plan de mantenimiento anual).
- Coste del mantenimiento anual del activo físico (OPEX).
- Criticidad y priorización de acciones a analizar en los sistemas críticos y los modos de fallo más críticos.
- Soluciones de optimización de la explotación del sistema (ajustes para mantenimiento de la función).
- Propuesta integral de actuaciones.

Conclusiones

Considerando la estrategia definida de análisis del mantenimiento y teniendo listadas las acciones prioritarias que realizar en el activo físico (central hidroeléctrica) que habíamos reflejado en la figura 3, obtendríamos las propuestas indicadas en la tabla 3 que podríamos presentar a la organización

como mejoras del propio activo físico a partir del análisis técnico económico de cada una.

Para finalizar, solo hay que indicar que la estrategia planteada puede servir para cualquier activo físico que mantengamos y que, como mejores conocedores de su estado, podamos explicar cualquier tipo de actuación con justificación de optimización del propio activo.

Agradecimientos

Al personal de Enel Power Generation Hydro O-M de la UPH Ebro Pirineos por todos los conocimientos y saber hacer que demuestran en el día a día de la gestión de las centrales hidroeléctricas.

Bibliografía

1. Calixto E. Gas and Oil Reliability Engineering: Modeling and Analysis. Gulf Professional Publishing, 2016.
2. Irena (2020). Renewable Power Generation Costs in 2019, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
3. Martínez Monseco, Francisco Javier. "Analysis of maintenance optimization in a hydroelectric power plant." *Journal of Applied Research in Technology & Engineering* 1.1, 2020; p. 23-9.
4. Afefy, Islam H. Reliability-centered maintenance methodology and application: a case study 2010. Scientific Research SciRes, Engineering2, 2010; p. 863-73.
5. International Atomic Energy Agency. IAEA-TECDOC-1590. Application of Reliability Centred Maintenance to Optimize Operation and Maintenance in Nuclear Power Plants. IAEA, Viena 2007.
6. Smith A.M., Hinchcliffe G.R. RCM-Gateway to World Class Maintenance. Elsevier, 2003.
7. Moubray, John. Reliability-centered maintenance, 1997.
8. Sifonte J.R., Reyes-Picknell J.V. Reliability Centered Maintenance—Reengineered: Practical Optimization of the RCM Process with RCM-R®. Productivity Press, 2017.
9. Martínez Monseco, Francisco Javier. "Análisis básico de las mejoras en el mantenimiento de un sistema industrial (modos de fallo, rediseños, frecuencia de tareas y acciones de planes de mantenimiento)." *Mantenimiento: ingeniería industrial y de edificios* 327, 2019; p. 6-11.

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

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

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

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

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

Estructura Los trabajos constarán de tres partes diferenciadas:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Metodología para la selección de un gestor de residuos desde la óptica del cliente

Methodology for selecting a waste manager from the customer's perspective

Emilio José García Vilchez

Resumen

La legislación ambiental exige un mayor compromiso con la gestión de los residuos que se generan, tanto en el origen (centros productivos o de servicios industriales) como en destino (consumidor final). Todas las organizaciones públicas y privadas están encaminando su gestión hacia los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) de la agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas (ONU).

El ODS número 12 tiene como meta la producción y el consumo sostenible, con un enfoque en acciones globales y locales como alcanzar el uso eficiente de los recursos naturales. Este objetivo también incluye la minimización y la correcta gestión de los residuos sólidos. Se puede lograr reduciendo la generación de residuos mediante la prevención, la reducción, el reciclaje y la reutilización, tanto en el consumo como en la producción.

Además de esto, la legislación europea va a obligar a todas las empresas antes del año 2025 a no destinar ninguno de los residuos que genera a vertederos municipales para su gestión; obliga a que sean gestionados adecuadamente para su recuperación o valorización.

Por ello, ciertos materiales ya se están dejando de usar a medida que hay alternativas funcionales más sostenibles (es el caso del plástico en las bolsas, platos, vasos, pajitas, etc.) y otros en los que se está minimizando su uso (materiales complejos que hacen imposible su reciclaje).

En este artículo se presenta una metodología basada en un pliego y en unos aspectos para evaluar desde el punto de vista del cliente qué gestor de residuos es el más indicado para llevar a cabo la retirada, el reciclado y la valorización. Estos criterios a tener en cuenta son desde el punto de vista global, no solo teniendo en cuenta el coste, dado que la alternativa debe tener sostenibilidad social y ambiental, además de la propia económica.

Palabras clave

Sostenibilidad, residuos, objetivos de desarrollo sostenible (ODS), residuos cero a vertedero, economía circular.

Recibido / received: 03/05/2021. Aceptado / accepted: 26/10/2022.

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 y con 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: 330807 Eliminación de residuos

Abstract

Environmental regulations require greater commitment to manage waste generated at the source (production centers or industrial services) and at the destination (final consumer). All public and private organizations are directing their management towards the sustainable development goals (SDG) of the 2030 agenda of the United Nations (UN).

Sustainable production and consumption (SDG number 12) is focused on global and local actions, such as achieving the efficient use of natural resources. This objective also includes the minimization and correct management of waste. It can be achieved by reducing waste generation through prevention, reduction, recycling and reuse, both in consumption and production.

In addition to this, European legislation will oblige all companies before year 2025 not to allocate any waste generated to municipal landfills for its management; it requires that it has to be properly managed for its recovery.

This is why certain materials are no longer being used as more sustainable functional alternatives appear (it is the case of plastic in bags, plates, glasses, straws, etc.) and others whose use is being minimized (complex materials that make recycling impossible).

This article presents a methodology based on a specification and consider some aspects to evaluate from the customer's point of view which waste manager is the most suitable to carry out a removal, recycling and recovery destination. These criteria to take into account are from the global point of view, not only taking into account the cost; the alternative must have social and environmental sustainability considerations, as well as the economic one itself.

Keywords

Sustainability, waste, sustainable development goals (SDG), zero waste to landfill, circular economy.



Foto: Shutterstock.

Fundamento teórico. Objetivos

A continuación, se presentan los objetivos que se pretenden alcanzar con el siguiente artículo:

- Disponer de los criterios para poder seleccionar adecuadamente al mejor gestor de residuos.
- Realizar una comparativa de diferentes gestores para seleccionar al más operativo teniendo en cuenta diferentes aspectos.
- Poder cuantificar y ponderar dichos aspectos para que la elección sea lo más objetiva posible.

Selección de un gestor de residuos

Introducción

Para una compañía, es básico disponer de un único gestor que esté autorizado para poder llevar a cabo la gestión de los residuos generados y que, además, el tratamiento que va a llevar a cabo sea categorizado con una R (valorización) y no con una D (eliminación). Además de la elección dependiendo de los residuos y los tratamientos finales llevados a cabo, basado en la valorización, es muy importante determinar el grado de competencia de dicho gestor, o lo que es lo mismo, si es capaz de gestionarlo todo. De esta forma, se

dispone de un único interlocutor. Seguramente, este único intermediario subcontratará a otros gestores la retirada de determinados residuos, pero seguiremos teniendo un único vínculo de referencia; ese es el gran avance.

Además de estos aspectos vitales para el avance, es necesario garantizar que ninguno de los residuos de que disponemos acabará en el vertedero municipal, primero por las elevadas tasas a pagar (55 euros la tonelada de media) y segundo y más importante, porque en el año 2025 estará prohibido depositar residuos industriales no peligrosos en los vertederos municipales.

Ante esta situación, cada empresa debe plantearse si todos sus residuos los está valorizando el gestor adecuado (con el fin de cumplir con la legislación presente y futura) y ver la posibilidad de concentrar toda la gestión en un solo gestor (para hacer más efectivo el seguimiento de dicho cumplimiento).

Los objetivos de desarrollo sostenible (ODS)

El 25 de septiembre de 2015, 193 líderes mundiales adoptaron un conjunto de objetivos globales para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos como par-

te de una nueva agenda de desarrollo sostenible. Cada objetivo tiene metas específicas que deben alcanzarse en los próximos 15 años, Agenda 2030 (miresiduo.com, 2021). A estos objetivos se les denomina objetivos de desarrollo sostenible (ODS). Son un total de 17 (Fig. 1):

Dentro de estos objetivos, el número 12 (ONU, 1995): “producción y consumo responsables”, está muy focalizado en la reducción de los residuos y las emisiones contaminantes. Cada vez es más evidente que la adopción de patrones de producción, consumo sostenible y la gestión adecuada de los residuos sólidos pueden reducir significativamente los impactos sobre el medio ambiente y la salud. La gestión de residuos significa garantizar una vida sana y un planeta saludable en el futuro. La buena gestión de los residuos es relevante y apoya la implementación de muchas otras metas, incluso, todos los objetivos de desarrollo sostenible.

Por tanto, es vinculante la reducción en el origen y la correcta gestión de lo producido, dándole un fin sostenible a todos los residuos generados con un gestor que esté capacitado para poder hacerlo y que, además, sea capaz



Figura 1. Relación de los 17 ODS (ONU, 1995).

de proponer alternativas a la gestión actual con el fin de garantizar que el proceso es sostenible desde todas las ópticas (ONU, 2021).

Aspectos a considerar en la selección del gestor

El cumplimiento legal es algo básico. El gestor deberá cumplir con la normativa actual vigente y tener todas las autorizaciones marcadas por los organismos competentes. Para poder llevar a cabo la evaluación de los gestores es necesario disponer de mínimo tres ofertas para comparar con la gestión actual.

Dentro de la selección de nuestro gestor, debemos considerar diferentes criterios para poder hacer una valoración lo más objetiva posible.

Estos aspectos a valorar se deben documentar en un pliego de condiciones para la actividad a subcontratar y el gestor debe conocerlo.

Este pliego debe incluir:

- Objeto y alcance del contrato. Incluye el motivo que se quiere subcontratar y los residuos que se van a considerar dentro de la gestión que se va a llevar a cabo.
- Plazo de presentación: fecha máxima en la que se acepta la recepción

de ofertas. Es importante mantener reuniones previas con el gestor de modo que la oferta final incluya todos los aspectos analizados previamente.

- Duración del contrato y condiciones de renovación. En este apartado se documenta la duración del contrato y cómo se prorrogas.
- Confidencialidad de datos. Se establece que toda la información facilitada por el cliente al gestor (cantidades de residuos generados, gestión actual que se lleva a cabo, analíticas de residuos, etc.) es confidencial.
- Condiciones previas al servicio:
 - Licencias tanto del gestor como de las subcontratas (transporte y gestión).
 - Coordinación de actividades empresariales. El gestor y todas las subcontratas deberán cumplir con todos los requisitos CAE antes de comenzar a ejercer la actividad.
- Tabla con los códigos LER, denominación del residuo, destino final actual, contenedor actual y toneladas producidas en un año.
- Criterios a valorar en la oferta:
 - Criterio 1. Aspectos económicos. Coste de la gestión y alqui-

leres. Se detalla lo que cuestan el transporte, la gestión (o el abono por el residuo) y los alquileres de contenedores y compactadores.

- Criterio 2. Proveedores locales. Si la gestión se hace con una empresa del entorno se favorece la creación de valor compartido entre el cliente y el proveedor. Se trata de mantener activo el tejido local colaborando con la sociedad y generando empleo y riqueza en el entorno. Las distancias de transporte se tendrán en cuenta a la hora de cuantificar las emisiones de CO₂ que impactan directamente en la huella de carbono.
- Criterio 3. Gestores históricos. La posibilidad de que el gestor integral futuro pueda subcontratar a parte de los transportistas y gestores actuales dándoles prioridad frente a otros nuevos es importante también.
- Criterio 4. Sostenibilidad de la gestión. El destino final del residuo debe ser reaprovechamiento, reciclaje o valorización. Si no fuese así, se penalizaría.
- Criterio 5. Otras mejoras:
 - § Estar certificado con ISO

14001 y otras normas afines.

§ Medios humanos. Personal de la empresa gestora que trabaja en la gestión de los residuos revisando la correcta segregación, volúmenes de cada residuo para contratar la retirada, limpieza de contenedores y toma de muestras para analíticas.

§ Medios técnicos. Contenedores y medios de transporte para la logística interna que facilita.

- Además de esto, antes de dar por bueno el gestor, se debe hacer una **auditoría de sus instalaciones para asegurarse de que todo es correcto.**

Metodología de evaluación

La metodología se basa en definir unos baremos de puntuación para cada uno de los cinco criterios (de 0 a 10) y un peso porcentual en función de la importancia que este criterio tiene para el cliente.

Como se ha mencionado, se presentan las diferentes ofertas por parte de los gestores. Para la evaluación objetiva se tienen en cuenta los pesos de cada criterio y la valoración numérica del mismo.

- a) El peso de cada uno de los criterios es el siguiente:
 - Criterio 1: oferta económica. Peso del 70% (0,7).
 - Criterio 2: gestores locales y emisiones de CO₂. Peso del 10% (0,1).
 - Criterio 3: conservar alguno de los gestores actuales. Peso del 5% (0,05).
 - Criterio 4: valorización del 100% de los residuos. Peso del 10% (0,1).
 - Criterio 5: otras mejoras aportadas. Peso del 5% (0,05).
- b) Se puntúa para cada uno de ellos los diferentes apartados considerados de la siguiente manera:
 - Criterio 1: oferta económica. Si el coste es similar a la gestión actual, la puntuación es de 5. Para los casos en que se mejore o se empeore el coste, hay que tener en cuenta lo siguiente:
 - o Para puntuar la mejora: en función del porcentaje de mejora, se puntúa de 5 a 10 (el

10 sería si se mejorase en un 100% el coste de la gestión actual).

- o Para puntuar condiciones peores: en función del porcentaje de empeoramiento se puntúa de 5 a 0 (el 0 sería un empeoramiento del 100% del coste de la gestión actual).
- Criterio 2: gestores locales y emisiones de CO₂. La forma de valorarlo es en función del porcentaje de gestores locales que se van a emplear. Si el 100% de los gestores son locales, se puntúa 10; si ningún gestor es local, se puntúa con 0 y entre medias se calcula el porcentaje y se interpola.
- Criterio 3: conservar alguno de los gestores actuales. Si se conservase el 100% de los gestores actuales se puntuaría con 10 puntos. Si no se conservase ninguno, se puntúa con 0 y entre medias se calcula el porcentaje y se interpola.
- Criterio 4: valorización del 100% de los residuos. Si se reaprovecha, recicla o valoriza el 100% de los residuos se dan con 10 puntos; si no se reaprovecha, recicla o valoriza nada serían 0 puntos y entre medias se calcula el porcentaje y se interpola.
- Criterio 5: otras mejoras aportadas. Si no aporta ninguna mejora con respecto a lo actual, se otorgan 5 puntos. Para los casos en que se mejore o se empeore el coste, hay que tener en cuenta los siguientes aspectos:
 - o Para puntuar la mejora: en función del número de mejoras, se puntúa de 5 a 10 (el 10 sería si se doblasen las mejoras).
 - o Para puntuar condiciones peores: en función del número de empeoramiento se puntúa de 5 a 0 (el 0 sería un empeoramiento de todas las mejoras de la gestión actual).

Puntuación final y toma de decisión

Para calcular la puntuación total, se multiplica la puntuación de cada criterio por su peso, se hace esto mismo para los 5 criterios y se suman todas las valoraciones.

El gestor que más puntuación tenga es el ganador del proceso de selección.

Ejemplo práctico

En la tabla 1, se presenta un ejemplo práctico real de tres gestores (A, B y C) en el que se han omitido sus nombres por confidencialidad y en el que se ha aplicado la metodología expuesta en este artículo.

Como se puede ver en el cálculo de la puntuación final, el gestor B es el que mayor puntuación ha obtenido con diferencia con respecto al resto. Sería la primera opción. Está claro que el criterio de la oferta económica es el que mayor peso tiene pero ante valoraciones similares, el resto de criterios pueden marcar la diferencia.

Conclusiones

La importancia de una correcta gestión de residuos cada vez es mayor. Muchas veces gestionar correctamente un residuo requiere un trabajo en origen, dado que si se hace adecuadamente desde el principio el coste será menor. Esto hay que tenerlo en cuenta porque la gestión comienza con una reducción de la generación y una correcta segregación en ese momento con los contenedores más adecuados a la necesidad.

Una vez que se trabaja esta parte, solo queda hacer una correcta gestión final del residuo. En este caso, con un sencillo método de forma transparente se puede seleccionar de manera objetiva el mejor gestor de residuos. Esto nos va a ayudar a no dejarnos guiar solo por la parte económica o por la intuición.

Bibliografía

- Blog miresiduo.com (2021). De qué forma la gestión de residuos contribuye al logro del ODS 12 [Internet]. Recuperado el 13 de marzo de 2021. Disponible en: <https://meuresiduo.com/es/blog-es/como-la-gestion-de-residuos-contribuye-al-logro-del-ods-12/>
- Organización de las Naciones Unidas (1995). Objetivos y metas de desarrollo sostenible (ODS) [Internet]. Recuperado el 03 de mayo de 2021. Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Organización de las Naciones Unidas (2020). Guía ODS Sector Agroalimentario [Internet]. Recuperado el 03 de marzo de 2021. Disponible en: www.pactomundial.com
- Red Española del Pacto Mundial de las Naciones Unidas (2020). El sector privado ante los ODS. Guía Práctica para la acción. Publicaciones ONU.

	ANÁLISIS DE DATOS			VALORACIÓN			
	GESTOR A	GESTOR B	GESTOR C	GESTOR A	GESTOR B	GESTOR C	Factor de ponderación (0-1)
Coste	170.769 €	89.687 €	160.992 €	2 (Es un 12% más caro que la gestión actual)	8 (es un 43% más económico que la gestión actual)	5 (mismo coste que la gestión actual)	0,70
Gestores Locales	Gestores Locales: 9/10 (el no local es la Basura orgánica que representa el 33% del total y se marcha a Lérida)	Gestores locales: 7/10	Gestores Locales: 9/10 (el no local es la Basura orgánica que representa el 33% del total y se marcha a Lérida)	9,00	7,00	9,00	0,10
Conservar alguno de los gestores actuales	Conservan 2 de 3	Conservan 2 de 3	Conservan 2 de 3	6,66	6,66	6,66	0,05
Valorización	89% Los RSU van a Planta de tratamiento Municipal (11%), de los cuales se recupera el 58%.	100%	89% Los RSU van a Planta de tratamiento municipal (11%), de los cuales se recupera el 58%.	8,90	10,00	8,90	0,10
Otros criterios	No está incluido el coste de alquiler de la chupona para los fangos de separadores de grasa y fosas sépticas. Nos mantiene los contenedores de inox en fábrica para materia orgánica	Están incluidos 95 contenedores para la gestión del orgánico y 20 contenedores RSU que reparan ellos sin coste	Nos cobra 700 euros por cada contenedor de aluminio para la gestión del residuo orgánico en fábrica. Nos incluye 3 contenedores solo	5,00	8,00	2,00	0,05
PUNTUACIÓN TOTAL (0-10)				3,77	8,03	5,72	

Tabla 1. Comparativa de tres gestores de residuos aplicando la metodología desarrollada. Elaboración propia.



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

Contest of ornamental and artistic lighting of buildings: a successful case of teaching in Engineering based on projects

Concurso de iluminación ornamental y artística de edificios: caso de éxito de enseñanza en Ingeniería basada en proyectos

Fco. Ramón Lara Raya¹, José Zamora Salido², Juan Cantizani Oliva³, Eduardo Ruiz Vela⁴, Fco. Javier Jiménez Romero⁵ and José Ramón González Jiménez⁶

Abstract

Project-based learning is common in engineering studies. In addition to providing the development of academic competences, it allows to work on other transversal competences, such as social, cultural, and even artistic, which are not very common in engineering subjects. This work presents a successful case in the Higher Polytechnic School of Cordoba, in a contest format, based on the architectural and artistic lighting of buildings.

Keywords

Project-based learning, contest, architectural and artistic lighting, electrical engineering.

Resumen

El aprendizaje basado en proyectos es común en estudios de ingeniería, ya que, además de facilitar el desarrollo de competencias académicas propias de estos estudios, permite trabajar otras de carácter transversal, tanto de signo social, como cultural o incluso artístico, poco habituales en materias propias de ingeniería. Este trabajo expone un caso de éxito en la Escuela Politécnica Superior de Córdoba, en formato de concurso, basado en la iluminación ornamental y artística de edificios.

Palabras clave

Aprendizaje basado en proyectos, concurso, iluminación ornamental y artística, ingeniería eléctrica.

Recibido / received: 20/06/2022. Aceptado / accepted: 06/10/2022.

1-6 Higher Polytechnic School of Cordoba, Department of Electrical and Engineering and Automation.

Autor para correspondencia: Fco. Ramón Lara Raya; e-mail: ramon.lara@uco.es



Artistic lighting project on the facade of the building that houses the Faculty of Philosophy and Letters of the University of Córdoba. Photo provided by the authors of the article.

Introduction and goals

Advances in the field of lighting, as well as the growing interest from public and private entities in its application to cultural heritage lighting to enhance the architectural, artistic and/or historical landmarks in cities have given rise to a new field of professional development. Through an appropriate combination of lighting elements, frequently based on led technology, and a detailed study of the effects of light (e.g., different shapes, intensity and colour, its desired effect and so on) visitors can visually enjoy the heritage from another perspective, during the night hours. This gives to the monumental landmarks a greater prominence compared to the rest of the existing elements in their surroundings.

This specialization in the field of lighting public spaces is normally known as “Ornamental Lighting” and, apart from constituting by itself a line of professional development in a booming sector with a great future perspective, it is a path in which the engineer can explore and develop part of his artistic talent, which is not entirely usual, given the typical or traditional activities of this type of professional.

These works require a detailed study regarding the most appropriate

exterior lighting for the intrinsic characteristics of the building or monument, its materials and physiognomy, its historical-artistic peculiarities and those of its surroundings, etc. The purely technical studies to establish the location of the light sources and the necessary control equipment, as well as the wiring and connection, must be developed under the observance of the reversibility criterion, facilitating its disassembly in case of renovation or change of criteria in its utility, avoiding then irreversible modifications.

There is no specific training in this area among the engineering studies taught at the University of Córdoba. For this reason and with the double objective of, on the one hand, opening a new field of professional development for future graduates in Electrical Engineering from the Higher Polytechnic School of Córdoba (hereinafter EPSC) and, on the other hand, stimulating them academically through a methodology based on projects, a contest was proposed to carry out, in which the students could not only acquire the technical knowledge base to undertake the design of this type of installation, but also could develop their artistic and creative potential, carrying out the actual execution of the installation in the case of the winning project.

The present work shows the experience carried out in the EPSC of the University of Córdoba, based on the organization of an Artistic and Ornamental Building Lighting contest, consolidating their knowledge in outdoor lighting installations, stimulating, and combining them with their artistic and aesthetic skills and interesting them in the knowledge of part of the cultural heritage of our environment.

Methodology

The development of the activity was carried out in three phases: learning phase, contest phase and execution phase.

Given that an installation of these characteristics in buildings of a certain size can be expensive, and since it was an academic activity, it was developed within the framework of collaboration that the University of Córdoba maintains with the company Signify®, through a temporary transfer of lighting and control equipment. For the rest of the elements, the University of Córdoba collaborated, with annual calls for teaching innovation projects, as well as with a grant from the Vice-Rectorate for Students, the EPSC and the Department of Electrical Engineering. It was, therefore,

a temporary installation, and that entails added complexity to reduce possible traces in the building to be illuminated once all the outdoor equipment had been removed.

The objectives and methodology used in each of these phases are developed below.

Learning phase

The work emphasized on skills related to basic concepts and theory on ornamental lighting, its technical and artistic objectives, as well as the techniques and equipment commonly used. Even beyond the technical requirements, the characteristics of the element to be illuminated, from both the architectural, artistic and heritage point of view were considered as well as the message or perception to obtain from the illuminated element with the chosen design.

To achieve these objectives, a training plan was designed, in which part of the teaching staff of the Electrical Engineering Area of the University of Cordoba participated. Specialists in each of the technical aspects of electrical installations, especially in lighting installations, as well as personnel specialized in lighting outdoor spaces and ornamental lighting from the company Signify®, collaborated in that phase.

Within this training plan, we can highlight the contents related to basic lighting principles, led luminaires, auxiliary equipment and control systems, architectural lighting, beautification of cities (and application areas), design of architectural lighting installations, and DMX control.

This complementary training was given in the format of a university extension course, sponsored by the Institute of Postgraduate Studies of the University of Cordoba. With an extension of 50 teaching hours (2 ECTS credits), the students would be scholarship recipients, in order to encourage their participation. In this sense, it must be said that all the participants in the contest took the course.

Contest phase

During this phase, the bases of the contest were formed, as well as the conditions that the teams that would participate in it should meet. Group members, the type of projects, the amount of the prizes, etc. were also established throughout this phase, always advised and



Figure 1. Building lighting simulation shot.

under the supervision of the faculty of the electrical engineering area of the University of Cordoba. The developed skills in this phase are related to artistic and creative expression, historical and cultural knowledge, and teamwork.

The contest focused on the presentation and defence of an artistic lighting project on the facade of the building that houses the Faculty of Philosophy and Letters of the University of Cordoba, located in the Plaza del Cardenal Salazar, in the historic centre of Cordoba. This building was designed by the architect Francisco Hurtado Izquierdo (Builder of the Cathedral of Cordoba) in 1704, to be used as a College and Residence for the acolytes and choirboys of said Cathedral. Almost finished, and due to the plague epidemic, that ravaged the city and the scarcity of care centres, it was used as a hospital, giving shelter to poor patients, prisoners, mentally ill patients, etc., and was even used as a military hospital during the Independence War. In 1837, it was used as a hospital for the chronically ill, hence its name as “Acute Hospital”. Between 1871 and 1784 it was the headquarters of the Faculty of Medicine of the University of Cordoba and later it was changing and expanding its dependencies, until it became a University College in 1970. After that it turned into the current Faculty of Philosophy and Letters.

It was decided to fix the positions of the light sources, which would consist of 50 RGB led luminaires located in the spots of greatest architectural interest of the building and those that would allow a greater set of possibilities while performing light shows. The proposals to be made by the participa-

ting teams should, therefore, be based on a light and sound show, by means of the choice of a musical theme with which the different installed lights should react to the beat of the music, by changing cadence, colour and intensity, in order to create a show consistent with what the building, its uses and history represent, and at the same time highlighting those architectural aspects considered most noteworthy.

Each team would defend a 3D simulation, with the chosen music, explaining the objective, as well as the technical and artistic criteria on which they based their proposal. Figure 1 shows a snapshot of said simulation, with the location of the 50 luminaires.

The evaluating jury was integrated by the director of the Department of Electrical Engineering, the director of the EPSC, the vice-chancellor of Students of the University of Cordoba, and the person in charge of Marketing of the company Signify®. The assessment criteria would be related to artistic quality, complexity and technical feasibility, coherence and argumentation.

Three economic prizes were established for the three best proposals. In addition, the winning show would be brought to life for two weeks in the building that was the contest scenario.

All the works presented were of exceptional artistic quality and originality, so it was difficult to establish the order of the awards. Finally, nuances of a technical nature decanted the three winning proposals, although it was decided that all of them would be worthy of being brought to reality. The winning proposals were:

1st prize: “The light of history”. It stages the various uses of the building



Figure 2. Exhibition and defence of the proposals before the evaluating jury.



Figure 3. General view of the building object of the competition with the luminaires used.

throughout its history, highlighting the first as a residence for the choirboys of the cathedral, then another more sinister and heart breaking as a hospital, and, lastly, another more cheerful and vital as university headquarters. The musical themes that accompanied the show were the B.S.O. “The choir boys” (Bruno Coulais) – “Requiem” (W. A. Mozart) – “La primavera” (A.L. Vivaldi).

1st honourable mention: “Great masquerade ball”. It offers special prominence to the masks that dominate the upper part of the building’s facade. Anthropomorphic figures that provide great uniqueness and architectural value. Musical Theme: “Danse Macabre” (C. Saint-Saëns).

2nd honourable mention: “Flamenco rock in the light”. A nod to the past and the present, to tradition and the avant-garde, through a flamenco-rock fusion musical theme, performed by flamenco and electric guitar. Musical Theme: “Pastosi” (Mike Olfield and Diego Cortés).

Figure 2 shows a snapshot of the moment of exposure and defence of the teams.

Execution phase

In this phase, the actual installation was carried out. Luminaires and control equipment, wiring, protections, sound equipment and audio synchronization with the luminaires were carefully installed.

The complexity of this phase is noteworthy, since, as it was an ephemeral action, and a protected building, any permanent modification to its facade or architectural elements had to be avoided. It was necessary then to use fastening elements supported on cer-

tain blasting and projections, always avoiding perforations or erosion on the facade.

The students actively participated in this phase, in tasks of laying cables, connecting and positioning the luminaires, or directing and programming the shows. With them, skills related to the solution of real problems were worked on, transferring theoretical concepts to practice and teamwork. The final result is shown in figure 3.

Results

The excellent academic results, focused on technical skills and exploring the creative facet of the students, were corroborated by the quality of the final results, both technical and artistic. Proof of this is that the shows lasted more than a month, at the request of the centre that houses the building, generating a large number of visitors who came to see it every night. This generated a great impact and social repercussion, with publications in numerous media, both local and national.

This experience gave rise to a second call in another building, also at the University of Cordoba, which, because of the state of alarm, had to change its deadlines, so the monitoring and results could not be developed with the same continuity. This is not an obstacle to continue working on this type of project in the future, with new proposals and applied technologies.

Conclusions

The benefits that this type of learning methodology generate in the participating students are evident. On the one hand, project-based work encourages participation and teamwork, ensu-

ring that each member can contribute with their vision, as well as their best qualities and characteristics at the disposal of the team. On the other hand, the competition format generates an additional stimulus for a job well done, by rewarding effort and overcoming difficulties, and enabling the inclusion of transversal skills, rarely reflected in engineering study plans, such as those of social, cultural or artistic ones.

Aknowledgments

The experience required a great personal and logistical effort. This could not have been carried out without the contribution of the technical and economic resources of the collaborating entities, such as the University of Cordoba itself, as well as the company Signify®, which participated in all phases of the contest, especially in the execution phase, providing all the technical material necessary to carry out the lighting of the building.

References

- Benítez, A. y García, M. L. (2013). Un primer acercamiento al docente frente a una metodología basada en proyectos. *Formación universitaria*, 6(1), 21-28.
- Fernández, F. H., & Duarte, J. E. (2013). El aprendizaje basado en problemas como estrategia para el desarrollo de competencias específicas en estudiantes de Ingeniería. *Formación universitaria*, 6(5), 29-38.
- Millán, M., Avilés, A., González, J., López, J., y Carrillo, S. (2016). Los concursos de arquitectura como herramienta para el aprendizaje cooperativo y colaborativo en el grado de arquitectura. En XIV Jornadas de Redes de Investigación en Docencia Universitaria: Investigación, innovación y enseñanza universitaria: enfoques pluridisciplinares (pp. 369-382). Instituto de Ciencias de la Educación.
- l Concurso de Iluminación Ornamental de edificios públicos, Universidad de Cordoba-Philips Lighting (10 de mayo de 2022). Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=SKvAEEUtkgg>.

Solving power flow problems through the Gauss-Seidel method using Microsoft Excel. Case applied to the course on Generation, Transmission, and Distribution of Electric Power

Resolución de problemas de flujo de energía con Microsoft Excel empleando el método de Gauss-Seidel. Caso aplicado a la asignatura Generación, Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica

Carlos Vargas-Salgado¹, Manuel Alcázar-Ortega¹, David Alfonso-Solar² y Elías Hurtado-Pérez¹

Abstract

Analysis of electric power systems is required to predict a grid's behavior before its design. Several commercial simulators give such information, but it is necessary to pay to use it. This work presents a method to solve electric power systems by applying Gauss-Seidel and MS Excel. The modulus and argument of the voltage and the active and reactive power are estimated for every bus. The results conclude that, compared to other software results, the presented method can analyze electric power systems with low uncertainty.

Keywords

Electric power systems, simulation, generation transmission and distribution of electricity, Gauss-Seidel.

Resumen

Para predecir el comportamiento de una red, antes de su diseño, es necesario llevar a cabo el análisis del sistema. Ciertos simuladores proporcionan dicha información, previo pago por su uso. Este trabajo presenta un método para resolver sistemas eléctricos de potencia aplicando Gauss-Seidel mediante MS Excel. Se estima el módulo y el argumento de la tensión, así como la potencia activa y reactiva de cada bus. Se concluye que el método permite analizar sistemas eléctricos de potencia con un bajo error, comparando los resultados con softwares comerciales.

Palabras clave

Sistemas eléctricos de potencia, simulación, generación, transporte y distribución de electricidad, Gauss-Seidel.

Recibido / received: 17/06/2022. Aceptado / accepted: 16/10/2022.

¹Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universitat Politècnica de València, Camino de Vera, s/n, edificio 5E, planta baja. 46022 Valencia (España); e-mail: carvarsa@upvnet.upv.es, malcazar@iie.upv.es, ejhurtado@die.upv.es

²Departamento de Termodinámica Aplicada, Universitat Politècnica de València, Camino de Vera, s/n, edificio 5J, 2ª planta. 46022 Valencia (España); e-mail: daalaso@iie.upv.es

Autor para correspondencia: Carlos Vargas-Salgado; e-mail: carvarsa@upvnet.upv.es



Foto: Shutterstock.

Introduction and objectives

For a balanced three-phase system in steady-state to operate correctly, the following conditions must be met: that generation covers demand plus losses, the voltages at the buses must be close to the rated value, and the generators must operate within the specified limits of active and reactive power, and the transmission lines and transformers must not operate overloaded (Duncan Glover et al., 2011; *PowerWorld. The visual approach to electric power systems*, n.d.).

One of the methods to solve the power flow problem is Gauss-Seidel. The method calculates the voltage at each bus based on the previous iteration's available voltage and power values through an iterative procedure. Giving an initial value and using the result of the last iteration as the value in successive iterations, it is possible to find the solution of the problem (Cañas Peñuelas et al., 2020). Applying the Gauss-Seidel method, the problem can be solved using MS Excel. Some commercial software allows the calculation of power flows; one of the best known is the Powerworld® simulator. However, this type of applications is expensive.

This work explains how to solve power flow problems in complex systems by modeling Excel for matrix calculation and complex numbers. The Gauss-Seidel method solves power flows using MS Excel and compares the results obtained to the Power world simulator commercial software. The MS Excel method is applied to the course on “generation, transmission, and distribution of electric power” belonging to the Master of Industrial Engineering at the Polytechnic University of Valencia, Spain.

Method

The power flow problem requires calculating the modulus and argument of the voltage and the active and reactive power at each power system bus under stationary conditions (Alcázar-Ortega et al., 2020). Each bus has four magnitudes: voltage modulus, voltage argument, and active and reactive power. Two of these variables are known at each bus, and the other two are unknown, so they must be calculated. MS Excel is a powerful tool able to solve complex problems in engineering (Alcázar-Ortega et al., 2019). This methodology applies the Gauss-Seidel method to solve the problem according to the following procedure:

1. The admittance matrix of the system is determined. The components of the diagonal are calculated. Since the matrix is symmetric, it is necessary to calculate the elements above the diagonal and then transpose them (Fig. 1). The diagonal components are calculated by the equation Eq. 1. Off-diagonal components are calculated using the equation Eq. 2.

$$\bar{Y}_{kk} = \text{sum of admittances connected to bus } k \quad \text{Eq. 1}$$

$$\bar{Y}_{kn} = -(\text{sum of admittances connected between buses } k \text{ and } n, k \neq n) \quad \text{Eq. 2}$$

2. Construct a matrix of the same dimensions as the admittance matrix containing only the real part (G, Conductances) of all the matrix elements. Build another matrix that contains only the imaginary part (B, Susceptances).
3. Locate in Table 1 the initial values of voltage and power of the system. Assign

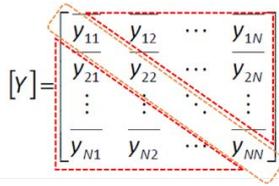


Figure .1 Admittance matrix.

	P	Q	V	δ
BUS 1				
BUS 2				
BUS ...				

Table 1. Table to fulfill from known and unknown data.

values to unknown information. Such values will be the starting point in the iterative process.

- Solve the equations to estimate the unknown values of each bus, setting the values of the known parameters depending on the type of bus.
- Fill in the Excel sheet by introducing the equations of the voltages (Eq. 3) and the powers (Eq. 4 and Eq. 5) to be calculated and referring to the initial parameters of the table created in point 4. An initial estimate of the bus voltages V_{0k} must be made. This value is usually set to 1 p.u. and the angle, to zero degrees (Alcazar-Ortega et al., 2019; Cañas Peñuelas et al., 2020).

$$\bar{V}_k^{(n+1)} = \frac{1}{Y_{kk}} \left[\frac{P_k - jQ_k}{(\bar{V}_k^{(n)})^*} - \sum_{i=1, i \neq k}^N \bar{Y}_{ki} \cdot \bar{V}_i^{(n)} \right] \quad \text{Eq. 3}$$

$$P_k = V_k \cdot \sum_{i=1}^N V_i \cdot [G_{ki} \cdot \cos(\delta_k - \delta_i) + B_{ki} \cdot \text{sen}(\delta_k - \delta_i)] \quad \text{Eq. 4}$$

$$Q_k = V_k \cdot \sum_{i=1}^N V_i \cdot [G_{ki} \cdot \text{sen}(\delta_k - \delta_i) - B_{ki} \cdot \cos(\delta_k - \delta_i)] \quad \text{Eq. 5}$$

Calculate the following iteration of the value at all load buses. To do this, select the row containing iteration 1 and drag it to the following row, replacing the references to the initial values of the matrix created by referencing the values of the first iteration.

7. Drag until ϵ is small enough. Each new row will result in a new iteration.

$$\epsilon^{(n+1)} = |V_k^{(n+1)}| - |V_k^{(n)}| < \epsilon_{\text{objetivo}} \quad \text{Eq. 6}$$

Study case

The previous procedure is applied to the case study shown in Fig. 2 and explained below:

- There are two loads connected at buses 2 and 3, with the load at bus 2 equal to 800+j280 MVA and the load at bus 3 equal to 80+j40 MVA.

- The demand for these loads is covered by two 400 and 800 MVA nominal power generators connected at buses 1 and 3, respectively.
- The generator connected to bus 1 has an automatic generation control. The generator connected to bus 3 maintains a constant power equal to 520 MW.
- The generator can regulate the reactive energy injected at bus 3 between 400 and -280 MVar, which maintains the voltage at a constant value equal to 1.05 p.u.
- Each generator is connected to the grid through a transformer that increases the voltage from 15 to 345 kV.

The values of the resistance (R), reactance (X), conductance (G), and susceptance (B), and the maximum power for each bus and transformer are shown in Table 2. This information is used as input data to solve the problem. The summary of input data and unknown variables is shown in Table 3. The initial estimate of unknown node stresses is usually set to 1 p.u. and an angle at zero degrees.

Results

Calculation of the Admittance Matrix [Y]: To calculate the element Y_{22} Eq. 7. is used. The rest of the diagonal elements are calculated similarly.

$$\bar{Y}_{22} = \frac{1}{R'_{24} + jX'_{24}} + \frac{1}{R'_{25} + jX'_{25}} + j\frac{B'_{24}}{2} + j\frac{B'_{25}}{2} \quad \text{Eq. 7}$$

Element Y_{24} (and Y_{42} since the matrix is symmetric) is computed using Eq. 8. The rest of the diagonal elements are calculated similarly.

$$\bar{Y}_{24} = \frac{-1}{R'_{24} + jX'_{24}} \quad \text{Eq. 8}$$

Table 4 shows the admittance matrix with all the calculated elements.

Estimation of the unknowns in all the buses: the voltage is estimated from Eq. 3. Applying Eq. 3 to bus 2, Eq. 9 is obtained as a result.

$$\bar{V}_2^{i+1} = \frac{1}{Y_{22}} \left[\frac{P_2 - jQ_2}{(\bar{V}_2^i)^*} - (Y_{24}\bar{V}_4 + Y_{25}\bar{V}_5) \right] \quad \text{Eq. 9}$$

Similarly, Eq. 4 and Eq. 5 estimate the active and reactive powers. The value of Q_3 is calculated applying Eq. 5 to bus 3, obtaining Eq. 10.

$$Q'_3 = |V_3| [-|V_3|B_{33} + |V_4|(G_{43} \sin(\delta_3 - \delta_4) - B_{43} \cos(\delta_3 - \delta_4))] \quad \text{Eq. 10}$$

The results of the first five iterations are shown in Table 5. They give information about the modulus and the argument of voltage and active and reactive power for every bus (Table 6).

The results obtained in Excel are compared with those obtained by software such as the PowerWorld simulator to validate the model. The error obtained in most cases is 0% (taking into account up to the third decimal) and less than 0.1 in all cases.

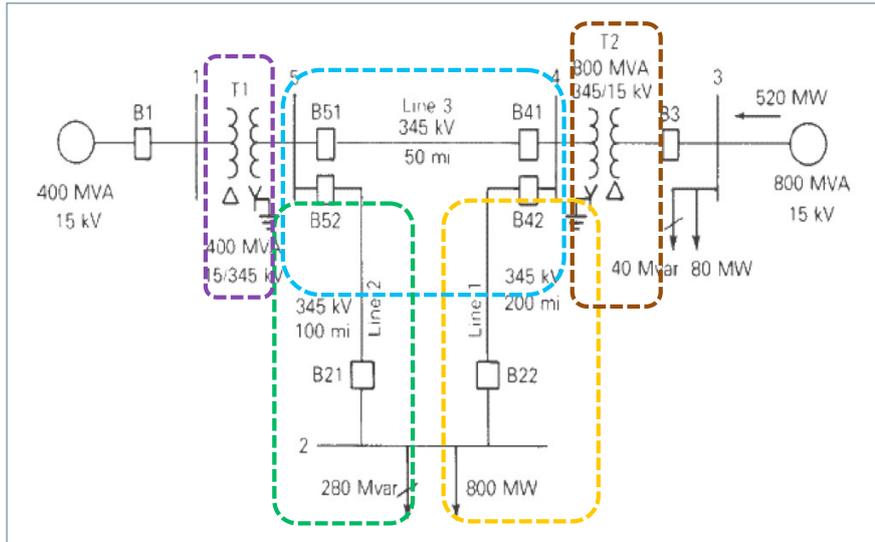


Figure 2. Diagram of the analyzed case study (Duncan Glover et al., 2011).

Conclusions

The specialized software used to estimate load flows has a high economic cost. A low-cost alternative to solve charge flow systems using the Gauss-Seidel method is employing a commonly used tool such as MS Excel. This methodology demonstrates the potential of a tool such as MS Excel to analyze abstract engineering concepts such as power flows by calculating complex numbers. In particular, a power flow problem has been solved, obtaining information on the modulus and the argument of the voltage and the active and reactive powers for all the buses.

Bus-to-bus		R'	X'	G'	B'	Max. MVA pu)
2-4	Line	0.009	0.1	0	1.72	12
2-5	Line	0.0045	0.05	0	0.88	12
4-5	Line	0.00225	0.025	0	0.44	12
1-5	Transf.	0.0015	0.02	0	0	6
3-4	Transf.	0.00075	0.01	0	0	10

Table 2. Data of the lines and transformers.

Initial values	P	Q	V	δ
BUS 1	3.6	0	1	0
BUS 2	-8	-2.8	1	0
BUS 3	4.4	2.8	1.05	0
BUS 4	0	0	1	0
BUS 5	0	0	1	0

Table 3. Input data (in blue) and unknown variables with the data used for the first iteration (in red). (Values in p.u.: V_{base} is 15kV [buses 1 y 3] and 345 kV [buses 2, 4 and 5].).

	Bus 1	Bus 2	Bus 3	Bus 4	Bus 5
Bus 1	3.73 - 49.72i	0	0	0	-3.73 + 49.72i
Bus 2	0	2.68 - 28.46i	0	-0.89 + 9.92i	-1.79 + 19.84i
Bus 3	0	0	7.46 - 99.44i	-7.46 + 99.44i	0
Bus 4	0	-0.89 + 9.92i	-7.46 + 99.44i	11.92 - 147.96i	-3.57 + 39.68i
Bus 5	-3.73 + 49.72i	-1.79 + 19.84i	0	-3.57 + 39.68i	9.09 - 108.58i

Table 4. Nodal admittance matrix.

It	BUS 2				BUS 3				BUS 4				BUS 5				Q3	δ Q3
	V2	∠(V2)	δ V2	V3	V3	∠(V3)	δ V3	V4	V4	∠(V4)	δ V4	V5	V5	∠(V5)	δ V5			
0	1	0	0	1.05	1.05	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	2.8		
1	0,922-0,274i	0,96	-0,29	-0,04	1,049+0,041i	1,05	0,04	0,04	1,041-0,001i	1,04	0,04	1,006-0,001i	1,01	0	0,01	5,22	2,42	
2	0,86-0,237i	0,89	-0,27	-0,07	1,049+0,038i	1,05	0,04	0	1,037+0,008i	1,04	0,01	0	1,007-0,051i	1,01	-0,05	0	0,72	-4,5
3	0,849-0,291i	0,9	-0,33	0,01	1,049+0,05i	1,05	0,05	0,01	1,033-0,005i	1,03	0	0	0,994-0,041i	1	-0,04	-0,01	1,17	0,45
4	0,825-0,274i	0,87	-0,32	-0,03	1,049+0,037i	1,05	0,04	0,01	1,029+0,002i	1,03	0	0	0,991-0,056i	0,99	-0,06	0	1,47	0,3
5	0,816-0,292i	0,87	-0,34	0	1,049+0,044i	1,05	0,04	0,01	1,027-0,009i	1,03	-0,01	0	0,985-0,05i	0,99	-0,05	-0,01	2	0,53

Table 5. Results of the first five iterations.

Bus	V	V	delta rad	δ°	P (MW)	Q (Mvar)
1	1	1.000	0.000	0.000	395	114
2	0.771-0.318i	0.834	-0.391	-22.405	-800	-280
3	1.05-0.011i	1.050	-0.010	-0.596	440	298
4	1.018-0.05i	1.019	-0.049	-2.833	0	0
5	0.971-0.077i	0.974	-0.079	-4.548	0	0

Table 6. Final results with information on all buses.

From the teaching and educational point of view, the convenience of using tools such as MS Excel for difficult-to-solve applications, such as the one presented here, is justified for several reasons. MS Excel is easy to access for students and teachers, its high degree of implementation at the user level, and the representation of numerical results is simple.

On the other hand, Microsoft EXCEL makes available to users the possibility of carrying out vector, matrix, and complex number calculations, which, despite being an aspect relatively unknown by regular users of this tool, makes it an environment ideal for obtaining practical results in the field of engineering.

References

Alcázar-Ortega, M., & Bel Álvarez, C. (2020). *Prácticas de sistemas eléctricos de potencia* (Universitat Politècnica de València, Ed.). Valencia (Spain): Universitat Politècnica de València.

Alcazar-Ortega, M., Cañas Peñuelas, C., Escrivá Escrivá, G., Fuster Roig, V., & Roger Folch, J. (2019). *Generación, transporte y distribución de energía eléctrica* (Universitat Politècnica de

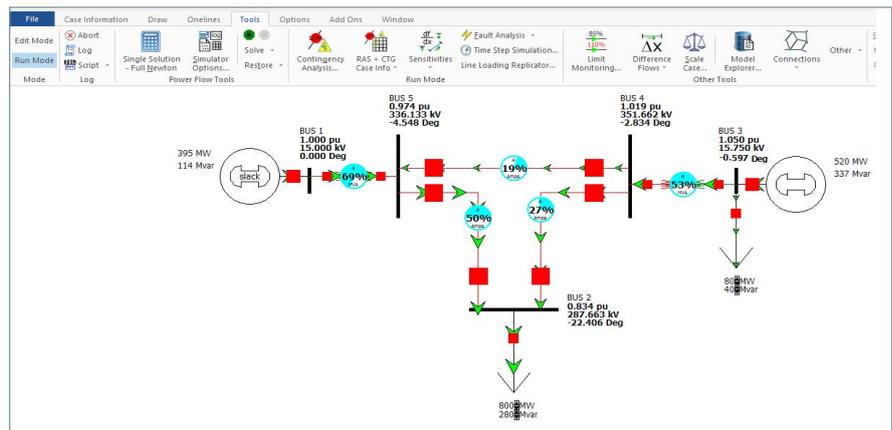


Figure 3. Results obtained from the PW simulator (PowerWorld. The visual approach to electric power systems, n.d.).

València, Ed.). Universitat Politècnica de València.

Alcázar-Ortega, M., Montuori, L., Ribó-Pérez, D., & Álvarez-Bel, C. (2019). *Herramientas de visualización en ingeniería eléctrica basadas en Microsoft EXCEL: aplicación práctica al Teorema de Ferraris*. 52-66.

Cañas Peñuelas, C., Vargas Salgado, C., Roldán Blay, C., Alcázar Ortega, M., Fuster Roig, V., Benlloch Ramos, V., & Escrivá Escrivá, G. (2020). *Prácticas en sistemas de generación , transporte*

y distribución de energía eléctrica (Universitat Politècnica de València, Ed.). Valencia: Universitat Politècnica de València.

Duncan Glover, J., Sarma, M. S., & Voverbye, T. J. (2011). *Power system. Analysis design* (S. EDITION, Ed.; Second).

PowerWorld. *The visual approach to electric power systems*. (n.d.). Retrieved from <https://www.powerworld.com/>

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

Experimental Electric Vehicle at Almadén School of Mining and Industrial Engineering

Vehículo Experimental Eléctrico en la Escuela de Ingeniería Minera e Industrial de Almadén

Ángeles Carrasco García¹, José Tejero Manzanares², Julio Alberto López Gómez³, Xiaoxin Zhang⁴, Raquel Jurado Merchán⁵, Elena Beamud González⁶, José Manuel de la Cruz Gómez⁷, Eduardo Palomares Novalbos⁸, Francisco Mata Cabrera⁹

Abstract

Almadén School of Mining and Industrial Engineering (EIMIA) has been working on energy efficiency and photovoltaic solar energy for some time now. We have participated in several teaching innovation projects related to electric vehicles. In the academic year 2021/22, prototypes have been improved from the mechanical, electrical and control point of view.

Keywords

Energy efficiency, photovoltaic solar energy, electric vehicles, teaching innovation.

Resumen

Desde la Escuela de Ingeniería Minera e Industrial de Almadén (EIMIA) se trabaja en materias de eficiencia energética y energía solar fotovoltaica desde hace tiempo. Hemos participado en diversos proyectos de innovación docente relacionados con vehículos eléctricos. En el curso 2021/22, se han mejorado los prototipos desde el punto de vista mecánico, eléctrico y de control.

Palabras clave

Eficiencia energética, energía solar fotovoltaica, vehículos eléctricos, innovación docente.

Recibido / received: 06/06/2022. Aceptado / accepted: 03/10/2022.

1-9 Universidad de Castilla-La Mancha. Escuela de Ingeniería Minera e Industrial de Almadén. Plaza de Manuel Meca, 1, Ciudad Real.

Autor para correspondencia: Ángeles Carrasco García; e-mail: angeles.carrasco@uclm.es



Foto: Shutterstock.

Introduction and objectives

In Almadén School of Mining and Industrial Engineering, a working group was created in 2019 with the idea of improving issues related to energy efficiency, sustainable development and working in a coordinated and transversal way the different subjects of our engineering degrees.

The main objective of this project was to create an aerodynamic single-seater vehicle powered by an electric engine with a complementary energy source based on photovoltaic modules for future participation in ecological competitions. Other objectives were to develop teaching activities based on the development of transversal competences that could contribute to achieving significant student learning outcomes. The methodologies used were the following, methodologies of great value as demonstrated by Amante et al. (2007), Alfaro et al. (2006), or Benito and Cruz (2005) in their work:

- Cooperative Work.
- Case studies.
- Problem-based learning.
- Project-based learning.

The guidelines followed throughout the project can be summarized as follows:

- Lowest possible cost using affordable and non-polluting energy.
- Theoretical project and real project of a prototype that could be used in sustainable cities and communities.
- Development of the first photovoltaic prototype with the aim of improving the production of environmentally friendly cars through responsible consumption.

Methodology

From the teaching point of view, the subject matter involved in a project of these characteristics entails the achievement of the main objective (designing an electric vehicle) and that the students could develop both specific competences (related to technical knowledge of the subject areas) and transversal competences (skills and aptitudes); the student being the axis of the whole teaching-learning process (De Miguel Díaz 2005; Villa and Polete 2007).

For the design of the prototype, a planning divided into the following activities was followed:

- Coordination and definition of the fundamental components of the vehicle.
- Dimensioning and construction of the chassis.
- Dimensioning and construction of the fairing.
- Photovoltaic, electrical and storage system.
- Electronics and control system.
- Integration and assembly of the vehicle.
- Vehicle test protocol.

A detail of these activities is shown in figure 1. The work plan was based on creating mixed working groups between students and teachers who were dedicated to the realization of each of the individual activities. Weekly progress meetings were held, attended by all participants in the working groups, where the progress of each of the tasks was shared. The aim of these meetings was to help the students frame the work they were doing as part of the project as a whole and to increase their motivation.

Each and every one of the above activities followed a methodology based on the following aspects: approaching the problem, solutions to tackle it, and

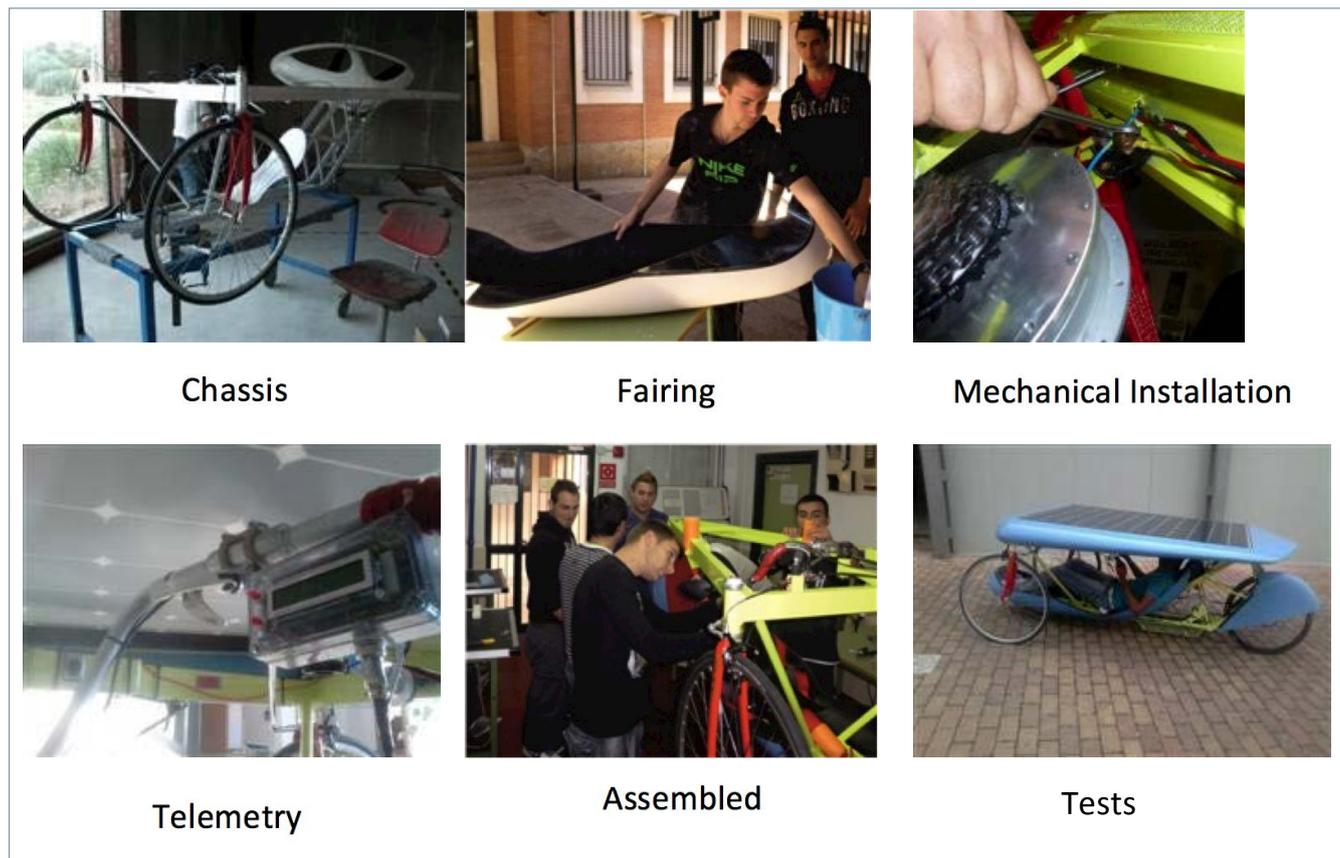


Figure 1. Carried out activities.



Figure 2. Students with the finished prototype.

choosing the best solution. Firstly, by studying the problem theoretically, so that once it had been solved, it could be put into practice. To do this, we had teaching and research colleagues from the University of Castilla-La Mancha and IES Mercurio, in our town, all of

them highly qualified in the thematic areas that make up the activities to be carried out.

Results and analysis

As a result of the above teamwork experience, the vehicle shown in figure 2

was developed.

The students actively participated in the design and construction of the vehicle. EIMIA students involved in the project developed their Final Degree Project on vehicle-related topics, for example, incorporating a telemetry system that sent the data collected by the vehicle's sensors.

These active participation methodologies have contributed to the development of transversal competences that are fundamental for our students' learning. They are highly motivated to put the acquired knowledge into practice. Competences are planned to promote learning.

Students learn to organize and plan their own time, apply knowledge to practice, develop information technology and management skills, learn to work in a team and also autonomously and, in short, they are trained as people capable of entering the labour market with all the guarantees (García 2009). The idea is to participate in a real competition in the future. To this end, sponsors and external funding are being sought.

Taking part in real competitions brings advantages for the participa-

ting students. One of them is that students develop the ability to organize and plan the race. In addition, they must meticulously study all the details prior to the competition, so that on the day of the race, any mistakes can be minimized. They must also be able to apply their knowledge in practice: in a real-time competition, problems must be solved in real time, so they must also have leadership skills, decision-making, problem-solving, achievement motivation, and so on.

It should not be forgotten that students should always be assessed on the work they do. In competition, the evaluation is about achieving a good place. One of our goals for the following competitions is to be among the top 10 teams as in one of the last races we achieved the third position, so the evaluation was very positive and satisfactory for the participating students. Students should always be motivated towards constant learning.

Conclusions

- Students value problem-based learning and specific projects very positively and feel responsible for their own learning process.
- The realization and design of the car has allowed teachers and students to work on the different subjects in an interdisciplinary way, working cooperatively, and avoiding overlapping.
- A multidisciplinary research group has been created.
- By developing the prototypes designed, the technical capacity, coordination, effort, and dedication of all the members involved has been demonstrated in order to carry out a project of this magnitude in a relatively short time.
- This type of activity represents a change in the way students' work is oriented; they are confronted with real situations, with specific problems that they have to solve in form and time in coordination with other students and teachers from different areas of knowledge. In this way, knowledge is shared in a broader way.
- The initial stage in the learning curve is slower than in more generic subjects, but the achievement of objectives leads to higher student satisfaction.
- The downside of this type of initiative is the problem of involving a large number of students; a great deal of coordination work needed between tutor teachers and the desirable means is not available. The economic factor is a major obstacle.
- From the research point of view, it should be noted that as a result of the work developed, the EME Research Group has been formed, with lines of work in Renewable Energies, Electric Mobility and Energy Efficiency and that the teaching team involved in this project

plans to continue developing the vehicle in coordination with the students.

- Collaboration of companies in the energy and environmental sector that have believed in our project and have given us financial support.
- Our school has been made known to potential future students.
- Final degree projects related to electric vehicles have been promoted.

References

- Alfaro, I., Apodaca, P., Arias, J., García, E., y Lobato, C. (2006). *Metodologías de enseñanza y aprendizaje para el desarrollo de competencias: orientaciones para el profesorado universitario ante el Espacio Europeo de Educación Superior*. Madrid, Spain: Alianza Editorial.
- Amante, B., Romero, C., y Peñuela, J. A. (2007). *Aceptación de la metodología de aprendizaje colaborativo en diferentes ciclos de carreras técnicas*. Cuadernos de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas Universitarias, 1(1), 65-74.
- Benito, A., y Cruz, A. (2005). *Nuevas claves para la docencia universitaria en el Espacio Europeo de Educación Superior*. Narcea Ediciones.
- De Miguel Díaz, M. (2005). *Cambio de paradigma metodológico en la Educación Superior. Exigencias que conlleva*. Cuadernos de integración europea, 2, 16-27.
- García, M. J. (2009). *Evaluación por competencias transversales*. Universidad de Madrid.
- Villa, A., y Poblete, M. (2007). *Aprendizaje basado en competencias*. Bilbao: Universidad de Deusto.

Educational Project DYOR: Do Your Own Robot

Proyecto educativo DYOR: Do Your Own Robot

Leopoldo Armesto Ángel¹ and Eugenio Ivorra Martínez²

Abstract

3D printers have become very popular, extensively promoting the maker movement. The educational project DYOR (Do Your Own Robot) has been created to answer the need for high-quality educational robotic resources, providing many resources free of charge so those interested in robotics can learn this discipline. This project includes a MOOC course that more than 35,000 people have taken so far.

Keywords

Mobile robots; printbot; MOOCs; 3D print; makers; electronics.

Resumen

En la actualidad, se han hecho muy populares las impresoras 3D, lo que ha impulsado mucho el movimiento maker. Aprovechando esta tendencia, se ha creado el proyecto educativo DYOR (Do Your Own Robot), que proporciona de forma gratuita muchos recursos educativos de gran calidad para que los interesados en robótica puedan aprender esta disciplina. Este proyecto incluye un curso MOOC que ha sido realizado por más de 35.000 personas.

Palabras clave

Robótica móvil; printbot; MOOC; impresión 3D; fabricación digital; electrónica.

Recibido / received: 07/06/2022. Aceptado / accepted: 14/10/2022.

¹Institute of Design for Manufacturing and Production, Universitat Politècnica de València; e-mail: leoaran@upvnet.upv.es

²Institute for Research in Human-centered Technology, Universitat Politècnica de València.; e-mail: euivmar@upvnet.upv.es

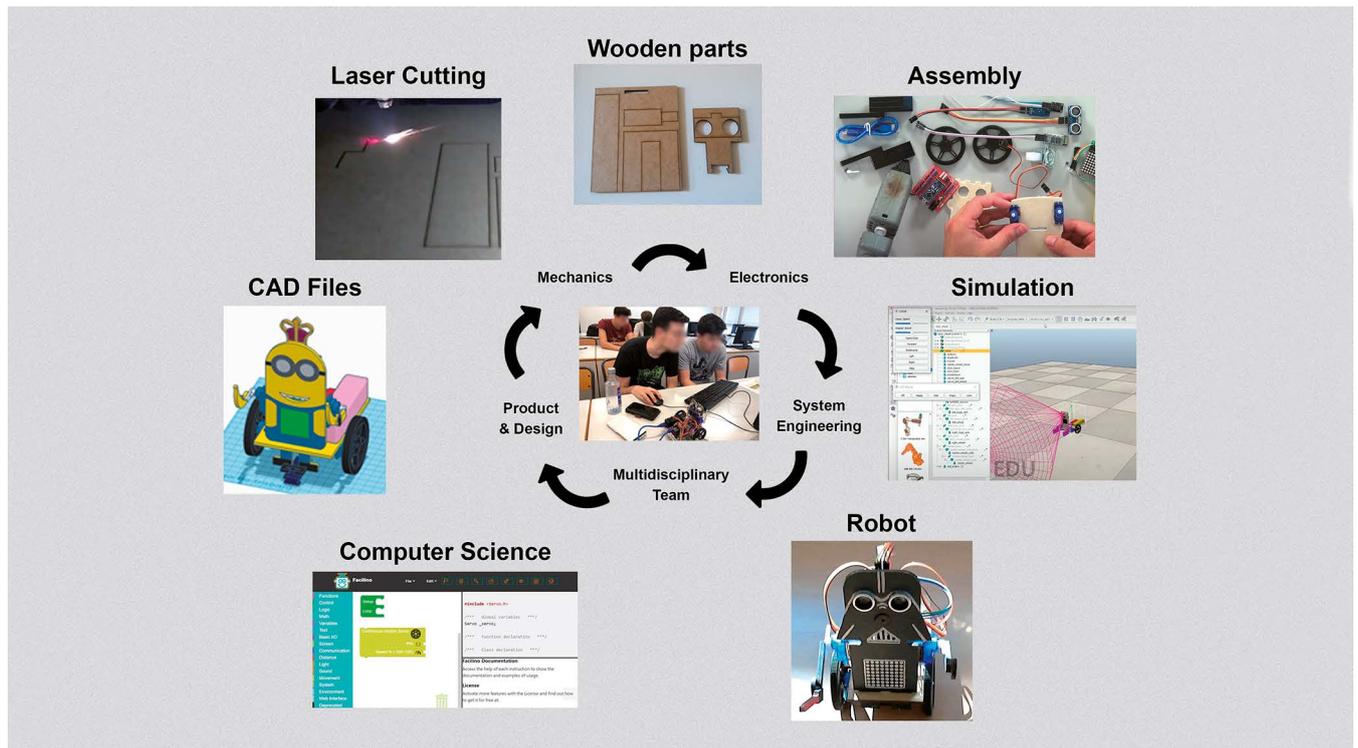


Imagen cedida por los autores del artículo.

Introduction and objectives

The culture of Open Source or free software, which allows the global exchange of information, has spread to new areas in the last decade. The so-called Open Hardware (Davidson, 2004) consists of free access to construction plans of physical objects to be reproduced and improved. One of the main success stories in the microcontroller electronics field is Arduino system (*Arduino-Home*), which allows simple and cheap development projects that require interaction with the physical environment. In this field we also find RepRar project (Sells et al., 2010), whose objective is to create machines capable of replicating themselves and it has significantly contributed to the use of desktop 3D printers. This phenomenon, together with the democratisation of other digital manufacturing technologies (3D printing, laser cutting, CNC, and so on), has been named by several authors «the third industrial» (The Economist, 2012).

One of the consequences of digital manufacturing is that the robotic community has the opportunity to reach a wider audience. In this sense, 3D printing is an important technol-

ogy in the field of robotics (Sanabria Peña, 2018). It is a relatively simple and easy process of downloading printable robot models, known as *printbots*, that can be used in research and for numerous academic activities (Armesto et al., 2014). These robots are more than just toys and can be used in multiple ways as educational tools for engineering and pre-engineering studies. They can be incorporated into conventional robotics courses and into all kinds of academic projects. Also, printbots allow generating ambitious projects that can be carried out by groups of students who, duly coordinated, can work in a complementary way on different multidisciplinary activities. This document will explain the printbot DYOR project (*Do Your Own Robot*), the associated MOOC course and the particular use case of the mobile robotics subject taught in the automation and industrial electronics degree at the Technical School of Design of the Universitat Politècnica de València (UPV). It is an optional subject in the third year that is part of the mention of robotics of the degree with 6 credits (3 classroom theory and three laboratory practices) with 30 places for students.

The primary objective of the DYOR project is to provide a low-cost educational package for robotics with great attractiveness and possibilities that can be used in different levels of education. The specific goals are:

- Democratising access to a reliable printbot for teaching robotics.
- Increasing motivation and involvement with robotics.
- Facilitating mobile robotics teaching.

These objectives are directly related to the following Sustainable Developments Goals. First, SDG 4: Quality Education by providing a series of carefully developed and detailed educational resources free of charge. And second, SDG 10: reduce inequality within and among countries since it allows people with economic resources to manufacture their own robots at a significantly reduced price and to enter the world of robotics.

METHODOLOGY

DYOR is an educational package, more than just a robotics kit. This project was born at the UPV in 2016 to be implanted as activities within

the Secondary School curriculum, training professionals, robotics workshops and at the university level, but also for self-taught people to perform their own robots and learn the basics of engineering.

Associated with DYOR, the MOOC (*Massive Open Online Course*) course entitled “DYOR: Design, manufacture and program your own robot” (<https://www.edx.org/course/disena-fabrica-y-programa-tu-propio-robot>) to extend this educational package to all possible interested people. It is, probably, a different course from many other courses that you can perform, as it does not focus exclusively on one tool or technology, but instead provides the foundation for a set of tools that will enable achieve the objectives of the course: you design, manufacture, assemble and program your own robot from scratch. Students learn to use CAD tools (TinkerCAD), design electronics (*Fritzing*) and Arduino block programming (Facilino) and *Android* apps (*APP Inventor v2*). The current course is in Spanish, but it is planned to have the equivalent version in English soon. The MOOC course is made up of the topics of the following units:

- Unit 1: Introduction.
- Unit 2: CAD Design.
- Unit 3: Digital Manufacturing.
- Unit 4: Electronics and Assembly.
- Unit 5: Programming and robotics.

In addition to the university level, the course is suitable for teachers from centres of diverse educational levels, each one adapting it to their characteristics. In Spain, high education institutes, some job training specialities, and robotics associations workshops for children, youth or adults can perfectly integrate within their curricula, adapting each one to their own objectives since it requires very little prior knowledge and employs free and easy-to-use software tools.

The company Robotica Facil (Robotica Facil, 2022) has ready-to-assemble robot kits and a training web portal to facilitate the possible demand for the material needed for DYOR project. Still, the essential material is readily available in many worldwide shops. The cost of the ro-

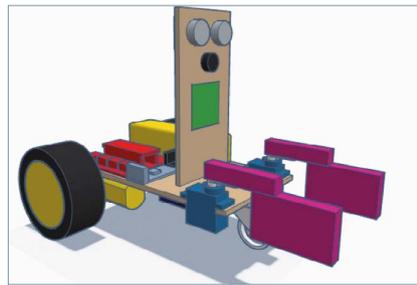


Figure 1. Standard DYOR robot version made in Tinkercad.

bot's materials is around 65 €.

Figure 1 shows the CAD design of the DYOR robot made in Tinkercad in its standard version.

The components of this robot are the following:

- Arduino Nano + Shield Arduino Nano I/O (red).
- Power bank (yellow).
- Ultrasound HC-SR04 (light grey).
- Sound buzzer (black).
- SG90 servos (blue) on the base.
- Engines SmartCar (yellow).
- Wheel SmartCar (yellow/black).
- Driver DRV8833 (black).
- Bluetooth (grey).
- TCRT5000 Line Tracker (blue dark).
- Idler wheel (white).
- LED matrix (green).
- LEGO pieces (purple).

With DYOR robot, you can implement many activities, control basic movements, open/close the tweezers to manipulate objects, follow lines, avoid obstacles, get out of mazes and even remotely control the robot from a mobile device.

In the particular case of the university environment, it is possible to delve further by modifying the standard design and adding different sensors and actuators, as we will see in the results section. In addition, more advanced robotics concepts, such as kinematic modelling, can be explained in this context. For differential steering mobile robots such as DYOR, the main purpose of kinematic modelling is to represent the robot's speed as a function of the wheels' speeds using the robot's geometric parameters.

Results

Figure 2 shows a set of robots designed by UPV students in 2017 during the Mobile Robotics subject that is

taught at the ETSID. As can be seen in the figure, the students, although they had the opportunity only to design the standard version, were very motivated and involved and significantly modified the basic design. These modifications included adding different sensors, actuators, chassis and even changing the wheel configuration. The DYOR project gives them a solid foundation on which to work and total freedom to develop their creativity, thus enhancing learning.

The MOOC course linked to DYOR has had great success with many students, as shown in the graph in figure 3. In 2017 the number was lower for two reasons: it is the year the course was launched, and it started in the middle of the year. In 2021-2022 there is also a decrease in students because it is the current academic year (it is counted until September).

Conclusions

More than 30,500 students have completed the DYOR project through the free MOOC course available on EDX. Furthermore, it has been shown that it is possible to effectively employ it at the university level in a subject in an official degree. The possibilities offered in this educational package motivate the students to perform much more advanced and complex robotics assignments than those required in the subject. Also, there is a roadmap to translate the course into English to reach a wider audience and better fulfil the SDGs of guaranteeing quality education and reducing existing inequalities in access to robotics by people with limited economic resources who speak English.

Thanks

We thank the support in manufacturing and materials provided by the Higher Technical School of Design Engineering of the UPV, without which this project would not be possible.

References

- Arduino-Home.* (s.f.). Retrieved May 9, 2022, from <https://www.arduino.cc/>

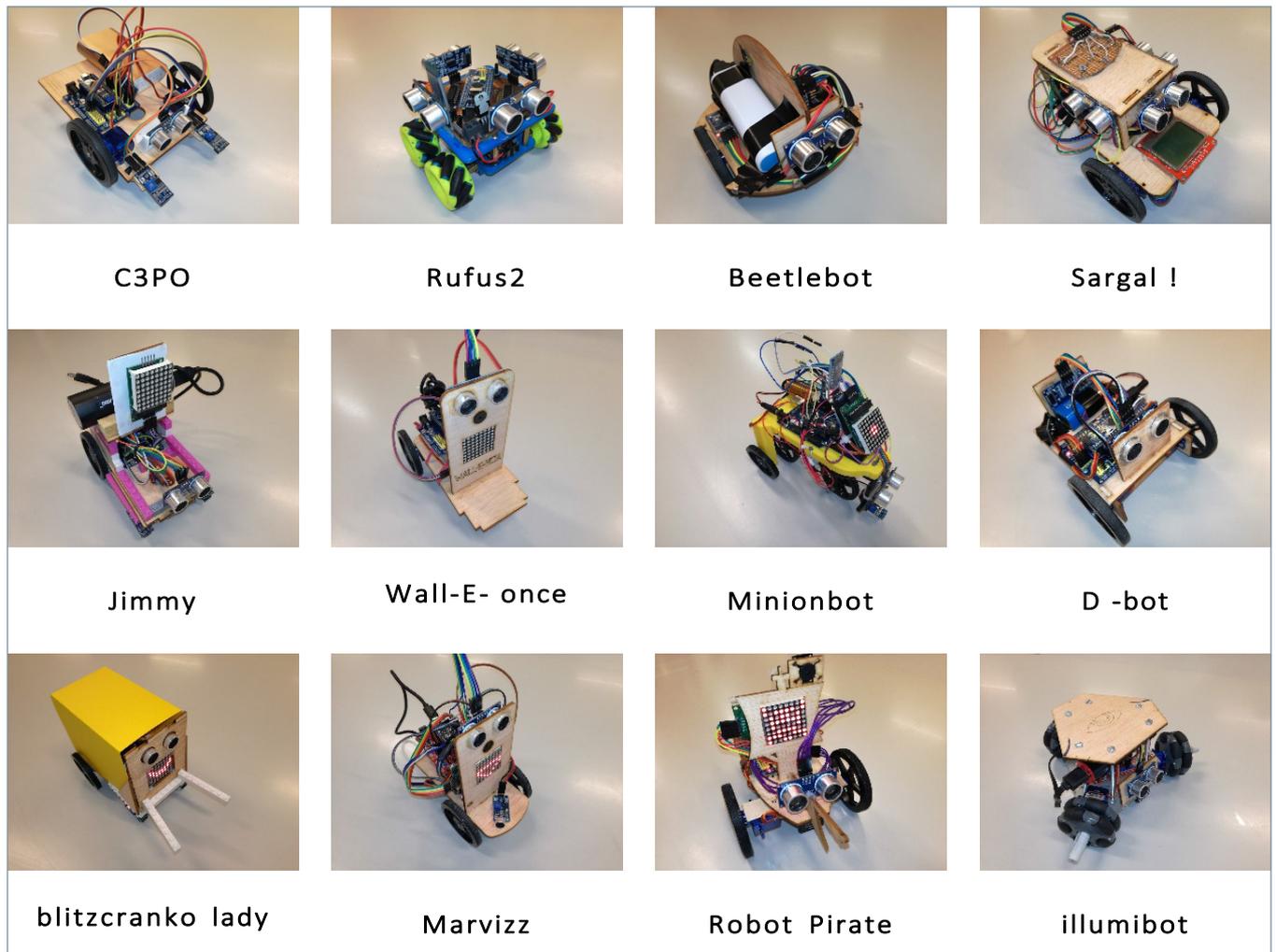


Figure 2. Robots designed by students at the UPV using the proposed methodology (incorporating their own modifications).

Armesto, L., Conejero, A., Fernández, M., Fuentes, P., Perry, D., Berti, E., Marhuenda, V., Igual, C., de la Fuente, C., & Elesgaray, O. (2014). *Printbots : A big step towards forward*. Automatic Conference XIV.

Davidson, S. (2004). Open-source hardware. *IEEE design & test of computers*, 21 (5), 456-456.

Sanabria Pena, OH (2018). *Analysis of the relationship between the Maker movement and technology education. A look at the seedbed "Robotics and 3D Printing" of the ETITC*.

Sells, E., Bailard, S., Smith, Z., Bowyer, A., & Olliver, V. (2010). RepRap: The replicating rapid prototyper: Maximising customisation by breeding the means of production. In *Handbook of Research in Mass Customization and Personalisation: (In 2 Volumes)* (pp. 568-580). World Scientific.

The Economist. (2012). The third industrial revolution. *The Economist*. <https://www.economist.com/node/21553017>.

Robótica Fácil, Accessed October 11th, 2022, website <https://roboticafacil.es>



Figure 3. Students who have completed the DYOR MOOC Course.

Incorporación de la industria 4.0 y de la robótica colaborativa en la formación universitaria

Incorporation of industry 4.0 and collaborative robotics in university education

Miguel Ángel Mariscal¹, Susana García², Sergio Ortiz³ y Eva María López⁴

Abstract

Development and implementation of the enabling technologies of industry 4.0 need to be introduced into engineering studies. A collaborative robotics practice is shown in a subject, through the use of different methodologies, to be able to impart knowledge with one single cobot in the classroom, through simulation software.

Keywords

Industry 4.0, cobot, simulation, technology.

Resumen

Es necesario introducir el desarrollo y la implementación de las tecnologías habilitadoras de la industria 4.0 en los estudios de ingeniería. Se muestra una práctica de robótica colaborativa en una asignatura, a través del uso de distintas metodologías para poder impartir los conocimientos con un solo cobot en el aula, a través de *software* de simulación.

Palabras clave

Industria 4.0, cobot, simulación, tecnología.

Recibido / received: 18/06/2022. Aceptado / accepted: 05/10/2022.

1-3 Departamento de Ingeniería de Organización, Escuela Politécnica Superior, Universidad de Burgos.

4 Departamento de Ciencias de la Educación, Facultad de Educación, Universidad de Burgos.

Autor para correspondencia: Miguel Ángel Mariscal; e-mail: mariscal@ubu.es

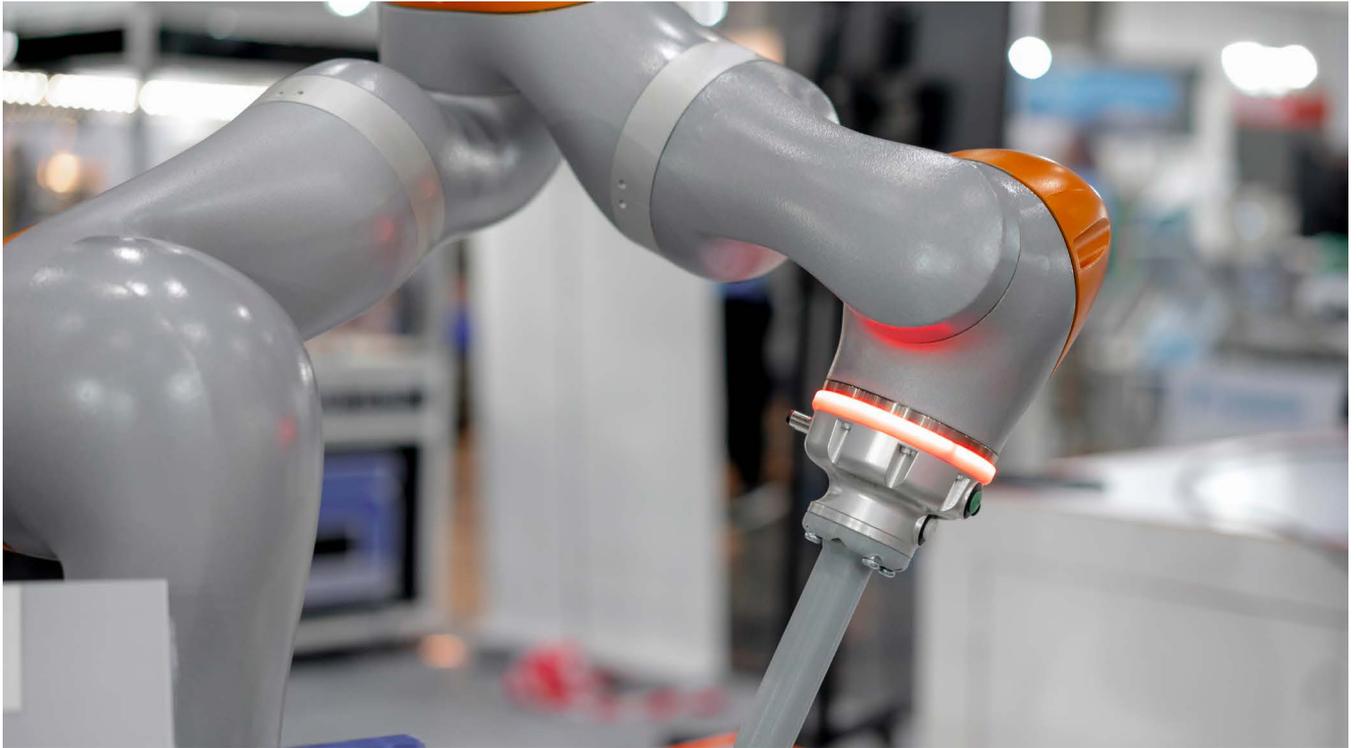


Foto: Shutterstock.

Introducción y objetivos

En el contexto que nos encontramos está implantándose una transformación digital irreversible, que en algunos casos no está incluida en los planes de estudio.

El término industria 4.0 surgió en Alemania a principios de la década de 2010 (Blanco, 2017). Su concepto es extremadamente amplio, pero podría resumirse en un proceso de transformación digital de la industria, en la cual se implementan una serie de tecnologías habilitadoras para hiperconectar todos los elementos, tanto productivos como de sistemas de información del tejido empresarial y, de esta manera, dinamizar la producción, mejorar la competitividad y asegurar mejores estándares de calidad.

La industria 4.0 es una etapa que trae mayor automatización, hiperconectividad, control de cada mínimo aspecto del proceso productivo, unión de sistemas físicos y ciberfísicos, almacenamiento masivo de información, biotecnología, computación cuántica, realidad virtual, conducción autónoma, ciberseguridad y una interminable lista de aplicaciones ligadas a las nuevas tecnologías.

Dentro de la llamada industria 4.0 (Blanco, 2017), surge como una de las

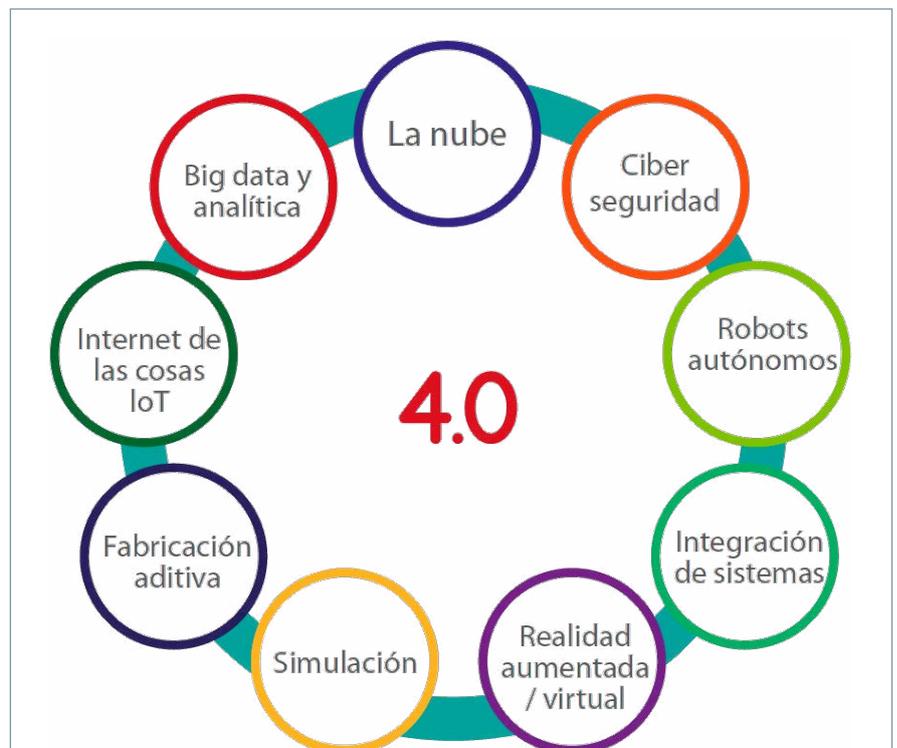


Figura 1. Tecnologías habilitadoras de la industria 4.0. Fuente: Blanco (2017)

tecnologías habilitadoras la robótica colaborativa, que, con sus ventajas sobre la robótica tradicional, es neces-

sario que la conozca el alumnado, así como la adquisición de competencias para poder implantarla.

Como se puede ver en Mariscal (2020), la implantación y crecimiento del número de cobots en España está siendo muy importante, por lo que la formación y el conocimiento por parte del alumnado se considera importante.

En el Máster en Ingeniería Industrial de la Universidad de Burgos, existe la asignatura en el primer curso de “dirección de la producción y proyectos”, en la cual se incluyen como competencias transversales las siguientes:

ED-13 Conocimientos de sistemas de información a la dirección, organización industrial, sistemas productivos y logística y sistemas de gestión de calidad.

ED-14 Capacidades para organización del trabajo y gestión de recursos humanos. **Conocimientos sobre prevención de riesgos laborales.**

ED-15 Conocimientos y capacidades para la dirección integrada de proyectos.

EP-2 Dirigir, planificar y supervisar equipos multidisciplinares.

EP-3 **Realizar investigación, desarrollo e innovación en productos, procesos y métodos.**

EP-4 Realizar la planificación estratégica y aplicarla a sistemas tanto constructivos como de producción, de calidad y de gestión medioambiental.

EP-5 Gestionar técnica y económicamente proyectos, instalaciones, plantas, empresas y centros tecnológicos.

EP-6 Poder ejercer funciones de dirección general, dirección técnica y dirección de proyectos I+D+i en plantas, empresas y centros tecnológicos.

EP-8 El ejercicio de la docencia en los términos que precise la normativa vigente.

La aparición de la robótica colaborativa hace que en varias de ellas sea necesario conocer dicha tecnología. Se señalan en el listado anterior en **negrita** las que pueden alcanzarse mediante la práctica con cobots.

También dentro de la misma asignatura, como objetivos docentes se encuentran:

- Capacitar al alumno para la elaboración y dirección de proyectos.
- **Dotar al alumno de los conocimientos fundamentales para el diseño de sistemas productivos y para la gestión de la producción.**
- Capacitar a los alumnos para inte-

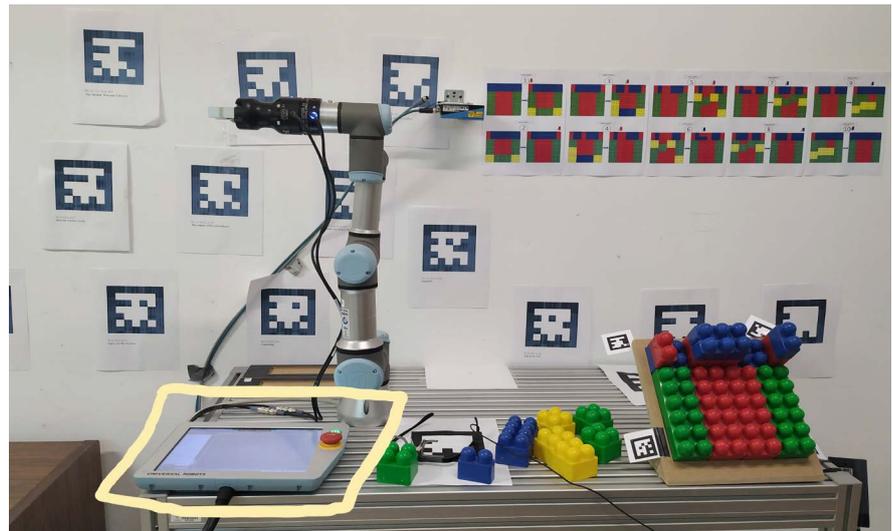


Figura 2. Puesto de trabajo del UR3 con su tableta de programación.

grar la producción con prevención de riesgos laborales, calidad, medio ambiente y el resto de unidades de gestión de la empresa.

- Preparar al alumno para que pueda gestionar, planificar y realizar el seguimiento de proyectos.

También se señalan en **negrita** los objetivos docentes que se pueden alcanzar con la práctica desarrollada. Finalmente, los contenidos de la asignatura son los siguientes:

Capítulo 1. Sistemas de información a la dirección.

Capítulo 2. Organización industrial.

Capítulo 3. Sistemas productivos y logística.

Capítulo 4. Sistemas de gestión de calidad.

Capítulo 5. Dirección integrada de proyectos.

Capítulo 6. Organización del trabajo.

Capítulo 7. Prevención de riesgos laborales.

Los objetivos de la incorporación de esta práctica dentro de la asignatura son:

- Incorporar una práctica de robótica colaborativa en una asignatura universitaria.
- Diseño de una práctica de programación de un robot colaborativo para poder ser realizada por un número elevado de alumnos, simulando con 1 cobot real. Pese a la escasez de recursos (1 cobot) para

un curso con un número elevado de alumnos, preparar un ejercicio de programación de un cobot a través de software, para luego probar el programa en el cobot físicamente.

Metodología

Los contenidos de industria 4.0, empresa digital y robótica colaborativa se desarrollan en 8 horas, 4 de teoría y 4 de laboratorio.

En la parte de teoría se desarrolla:

- Qué es industria 4.0. Origen, definición, tecnologías habilitadoras.
- Qué es la robótica colaborativa. Definición. Demostración con un cobot

En la parte de práctica de laboratorio se desarrollan dos actividades:

- Programación de un cobot para la realización de un trabajo, mediante un simulador en aula de informática de la tableta de programación.
- Con la programación de cada alumno, se acude al laboratorio para ejecutar el programa diseñado y ver su funcionamiento.
- En función del resultado del apartado anterior, se reprogramará el cobot en el aula de informática, para volver a ejecutarlo en el laboratorio hasta su correcta ejecución.

En el laboratorio se dispone de un robot colaborativo UR3, con su tableta de programación, como se puede ver en la figura 2.

El problema existente es que para más de cinco alumnos, se hace complicado programar con la tableta. Por

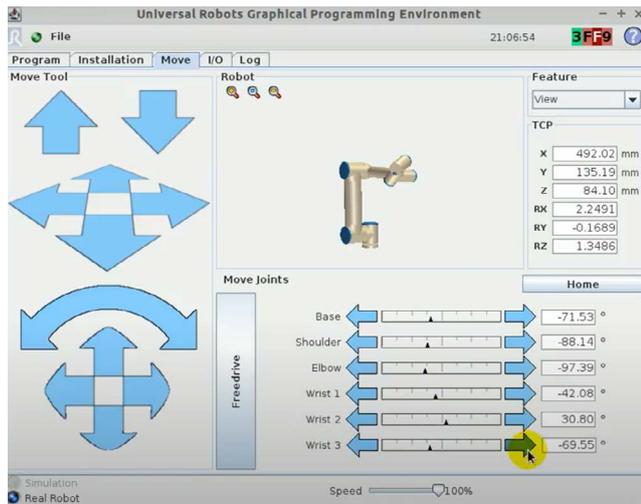


Figura 3. Pantalla del software utilizado.

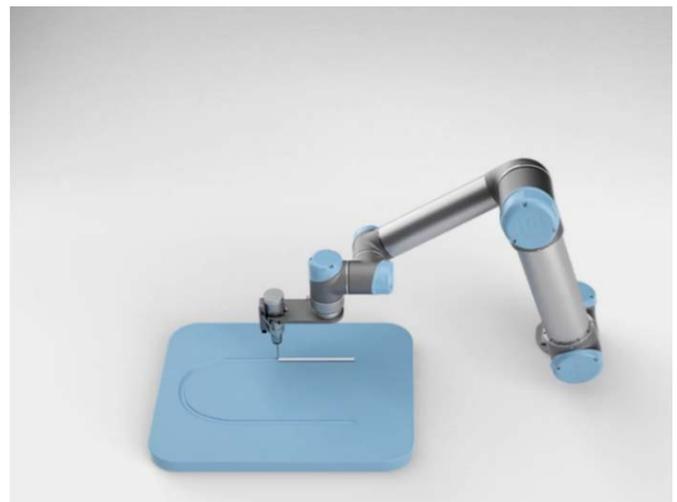


Figura 4. Objetivo de la práctica.

eso, se ha considerado la instalación de un *software* de programación. El **UR-Sim on Linux** se ha instalado para poder realizar la práctica en el aula de informática; se puede pasar el programa diseñado al UR3 y ver su funcionalidad. Un ejemplo del *software* se muestra en la figura 3.

Resultados

La práctica diseñada, desarrollada para que realicen los alumnos en el *software* del aula, es la siguiente:

Se requiere aplicar un cordón de silicona de manera uniforme sobre una pieza para un proceso productivo. La velocidad de la herramienta debe ser constante a lo largo del recorrido y debe empezar la aplicación con la velocidad ya adquirida y detener el movimiento instantes después tras finalizar la aplicación, para que no se formen zonas irregulares. Se debe elegir el tipo de movimiento adecuado para tal misión y seguir la trayectoria indicada en la imagen, que se compone de dos rectas paralelas unidas por una semicircunferencia.

Cada 10 ciclos de aplicación se debe realizar una limpieza de la punta de la herramienta, que consiste en hacerla pasar de manera rectilínea por una zona destinada a tal efecto. Siempre que se ponga en marcha el robot con un bote ya empezado después de haber estado apagado, se hará pasar la punta por la zona de limpieza.

La herramienta soporta un bote de silicona que debe ser sustituido cada 30 ciclos, por lo que cada 30 ciclos a partir del reemplazo del mismo, se

debe mostrar un mensaje de advertencia y se debe colocar la herramienta en un lugar que permita al operario cambiar el bote gastado. Cuando el bote ha sido repuesto, el operario pulsa "ok" en la pantalla y después un botón para seguir con el proceso. Ese mismo botón permite posicionar el robot en la zona de cambio de bote en cualquier momento del proceso excepto en el momento de limpieza (si se pulsa en el momento de limpieza, la orden quedará pendiente de ser cumplida al finalizar la limpieza). Esto permite una inspección de la herramienta por varios motivos con un accionamiento manual. Cuando se produzca este caso, si se mantiene pulsado el botón durante más de 1,5 segundos para indicar que ha finalizado la inspección, servirá también para indicar que se ha reemplazado el bote (reiniciar contadores).

Los contadores deben guardar su información, aunque el robot se apague.

Conclusiones

La práctica se ha realizado por primera vez en el curso 2021-22 en la asignatura Dirección de la Producción y Proyectos del Máster en Ingeniería Industrial de la Universidad de Burgos.

Dentro de las competencias, contenidos y objetivos de la asignatura se ha actualizado esta con una tecnología que es la robótica colaborativa, de reciente aparición. También se ha cumplido con uno de los objetivos del proyecto financiado por la Consejería de Industria de la Junta de Castilla y

León referenciado al final, para difundir las nuevas tecnologías en la formación universitaria.

Dado el elevado número de matriculados, más de 10, se ha podido trabajar con un cobot UR3, aprendiendo su funcionamiento, programación y posibilidades a través de la combinación de clases teóricas, prácticas en aula de informática con un simulador y prácticas con el mismo cobot, sin que el elevado número de matriculados suponga un impedimento.

Es necesario ampliar este ejemplo a materias de grado de la rama industrial, para mejorar las capacidades de dichos alumnos.

Esta inclusión en los contenidos de la asignatura ha sido posible gracias a la financiación de la Consejería de Industria de la Junta de Castilla y León a través de la financiación del proyecto: "La prevención de riesgos laborales en la industria 4.0. Estudio de condiciones de trabajo y simulación de riesgos con robótica colaborativa. Difusión de resultados para la sensibilización en Castilla y León", de referencia investun/21/bu/0005.

Referencias

- Blanco R., Fontrodona J. y Poveda, C. (2017). "La industria 4.0: el estado de la cuestión". Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, recuperado de <https://www.mincotur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/406/BLANCO,%20FONTRODONA%20Y%20POVEDA.pdf> (acceso: 30-11-2018)
- Mariscal, M. A., García S., Gonzalez, J. (2020). Estado de la implantación de la industria 4.0 en las empresas de Castilla y León. Consejo Económico y social de Castilla y León.

Mejora de las asignaturas relativas a prevención de riesgos laborales con la introducción de la robótica colaborativa

Improvement of subjects related to prevention of occupational risks with the introduction of collaborative robotics

Miguel Ángel Mariscal¹, Clara López Santamaría², Sergio Ortiz³ y Eva María López⁴

Abstract

It is necessary to introduce in occupational risk prevention subjects new knowledge about the new technologies available in industry. For this reason, with the appearance of collaborative robots (cobots) the student within the part of machine safety proposes a practice for its use and knowledge.

Keywords

Cobot, simulation, occupational risk prevention, machines.

Resumen

Es necesario introducir en asignaturas de prevención de riesgos laborales nuevos conocimientos sobre las novedosas tecnologías disponibles en industria. Por ello, con la aparición de los robots colaborativos (cobots) se plantea una práctica para su uso y conocimiento por parte del estudiante dentro de la parte de seguridad en máquinas.

Palabras clave

Cobot, simulación, PRL, máquinas.

Recibido / received: 08/06/2022. Aceptado / accepted: 11/10/2022.

1 Departamento de Ingeniería de Organización, Escuela Politécnica Superior, Universidad de Burgos.

2 Departamento de Filología Moderna, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Alcalá de Henares.

3 Departamento de Ingeniería de Organización, Escuela Politécnica Superior, Universidad de Burgos.

4 Departamento Ciencias de la Educación, Facultad de Educación, Universidad de Burgos.

Autor para correspondencia: Miguel Ángel Mariscal; e-mail: mariscal@ubu.es



Foto: Shutterstock.

Introducción y objetivos

Los robots colaborativos o cobots son aquellos que, por definición, pueden compartir el espacio de trabajo con los operarios, sin necesidad de vallados perimetrales de seguridad y solo con protecciones parciales (Mariscal, 2019).

Esta tecnología resulta muy importante, dado que España es uno de los países con mayor densidad de robots industriales de Europa (este término engloba tanto los robots tradicionales como los colaborativos), unos 170 robots por cada 10.000 empleados (Mariscal, 2020).

Por tanto, se juntan dos aspectos, primero que los cobots son de reciente implantación, pero con un crecimiento exponencial en la implementación dentro de las empresas y que, por su propia definición, no llevan vallados perimetrales, con lo cual los aspectos relativos a seguridad toman una especial importancia.

Es necesario introducir estos nuevos elementos en las asignaturas de prevención de riesgos laborales impartidas en la actualidad en la enseñanza universitaria.

El objetivo ha sido la introducción de una práctica con robótica colaborativa para introducir dicha tecnología

en una asignatura de Prevención de Riesgos Laborales. Se buscan dos aspectos:

- Dar conocimientos de robótica colaborativa en la titulación.
- Complementar los conocimientos sobre seguridad en máquinas y evaluación de riesgos laborales.

A continuación, se muestra un ejemplo de cómo ver dentro de una asignatura de prevención de riesgos una práctica de seguridad en máquinas con especial enfoque en seguridad en cobots y riesgos psicosociales relativos al trabajo con dichos cobots.

Metodología

Ámbito de actuación

Se toma como ejemplo la asignatura de Prevención de Riesgos Laborales en el grado de Organización Industrial de la Universidad de Burgos. La asignatura optativa de 4º curso tiene en su guía los siguientes objetivos docentes (web ubu):

“Conocer los riesgos analizados en las especialidades de seguridad, higiene y ergonomía-psicosociología, así como las técnicas analíticas y operativas adecuadas a cada caso”.

Las unidades docentes afectadas serían las siguientes:

Bloque 2. Seguridad en el trabajo
Tema 4. El accidente de trabajo.

Tema 6. Evaluación de riesgos.

Bloque 3. Otras especialidades de PRL. Tema 9. Ergonomía y psicología.

Actividad propuesta

Para la impartición de la práctica de la asignatura anteriormente descrita (2 horas de teoría y 2 horas de práctica) y con el objetivo de alcanzar las competencias de la misma, se dispone de dos cobots, UR3 y UR5, en el laboratorio de simulación. También se dispone de un *eye-tracker* Tobi Pro II (véanse figuras 1 y 2).

La práctica que deben realizar los alumnos es:

- Explicación de lo que es un robot colaborativo. Funciones, capacidades y parámetros. Descripción de utillajes.
- Explicación de qué es un *eye-tracker*. Condiciones de uso, variables recogidas.
- Estudio de la normativa de PRL respecto a cobots. ISO-TS 15066. Además, se revisarán las siguientes normativas:



Figura 1. Laboratorio de simulación.



Figura 2. Cobot electric gripper (Robotiq 2020) y Tobii Pro Glasses 2 (Tobii Pro 2020).



- ISO 10218-1: requisitos para robots industriales. Parte 1: robots.
- ISO 10218-2: requisitos para robots industriales. Parte 2: sistemas de robots e integración.
- ISO 11161: sistema de fabricación integrado: requisitos básicos.
- ISO 13849-1: partes relacionadas con la seguridad de los sistemas de control. Parte 1: principios generales para el diseño.
- ISO 13850: función de parada de emergencia: principios para el diseño.
- ISO 13851: dos dispositivos de control de mano: aspectos funcionales y principios de diseño.
- ISO 13855: posicionamiento de salvaguardias respecto a las velocidades de aproximación de las partes del cuerpo humano.
- Detalle del experimento a realizar. Para ello, se realizará por parte de un alumno una simulación de operaciones de trabajo, con el uso conjunto de cobot y *eye-tracker*.
- Visualización de los parámetros recogidos en cuanto a PRL y a estrés laboral.
- Análisis de los resultados y comparación respecto a la normativa vigente.

Hay multitud de utillaje disponible para robots colaborativos. Antes de especificar los distintos tipos que hay de pinzas para robot o manipulador, cabe aclarar la diferencia entre ambos conceptos. Un manipulador es, a grandes rasgos, un brazo compuesto por elementos mecánicos con articulaciones entre ellos. En la última unión se posiciona un dispositivo funcional, como una pinza o un *gripper* especial para llevar a cabo las distintas operaciones que se requieran.

- **Pinzas y dedos:** en el mercado hay muchos útiles y manos de robots

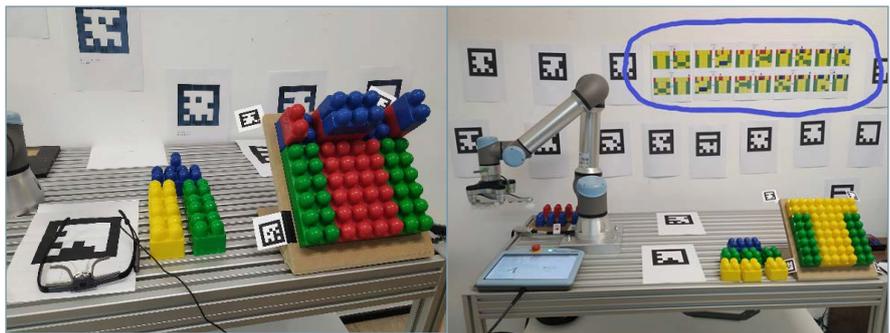


Figura 3. Cuadro de trabajo. Figura 4. Órdenes de trabajo a realizar rodeadas de azul.

estandarizados. Su uso es común en procesos industriales más simples de manipulación de distintas piezas:

- De cierre angular o paralelo.
- De vacío.
- Magnéticas.

- **Herramientas:** a la muñeca del robot industrial no solo se le puede acoplar un manipulador, sino también herramientas específicas, como atornilladores, soldadores, láser, dosificadores de adhesivo, dosificadores de pintura, pulidoras, etc.
- **Grippers versátiles:** finalmente, muchos procesos industriales son específicos y distintos para cada método de fabricación. Por ello, la solución final requiere del diseño específico y a medida de útiles, garras o manos especiales que no se encuentran en el mercado. Como ejemplos existen, telas de airbag, extracción de inyectoras, pinzas y corte, flameadores, aplicadores de adhesivo, atornillador, aplicadores de insertos, visión artificial, soldadura por ultrasonido, paletizado y manipulado y pinzas con agarre interior/externo.

En la demostración se realizarán cuatro simulaciones. Se realiza la misma tarea con dos cobots de distintos tamaños, UR3 y UR5, en dos casos,

usando el cobot como suministrador de piezas o que una persona sustituya al cobot para suministrar dichas piezas. En este caso, se utilizará una pinza de dos dedos, como se puede ver en la figura 2. Un ejemplo de las operaciones a realizar y del cuadro de trabajo se muestra en las figuras 3 y 4.

Resultados

Los resultados de la práctica ayudan a alcanzar la competencia marcada de comprensión y dominio de la prevención de riesgos laborales al realizar una simulación con máquinas reales. Se consigue manejar robots colaborativos, evaluar sus riesgos mediante simulación y ver cómo influyen en el estrés del trabajador. Anteriormente, se realizaba la práctica mediante exposición de fotografías y vídeos, pero no con un manejo de una máquina real.

A continuación, se muestran en las figuras 5 y 6 dos ejemplos de parte de los resultados que los alumnos pueden visualizar.

En el primer caso de la figura 5 se muestra una pantalla del programa Tobii Pro II que recoge los datos del *eye-tracker*, la grabación visual y las posibilidades de tratamiento de los datos.

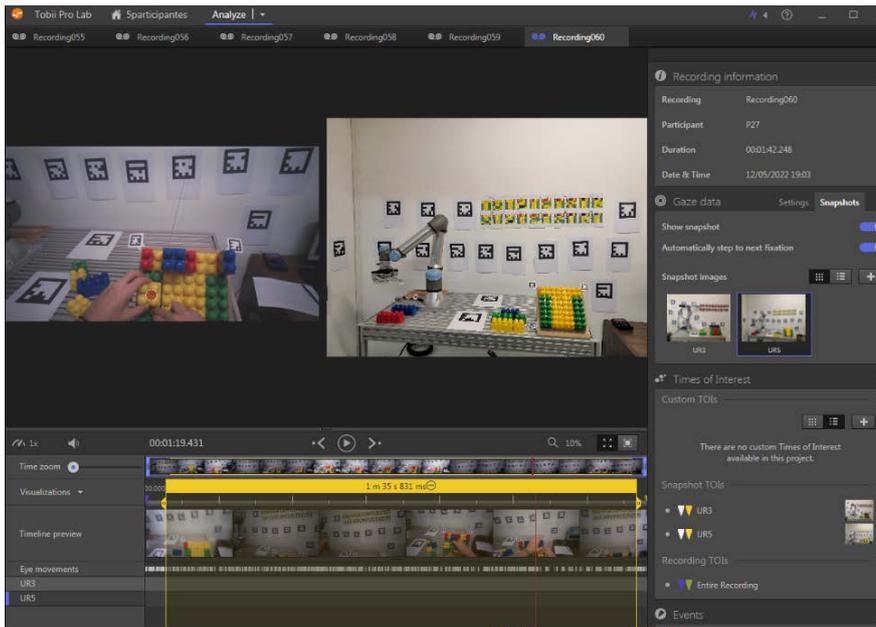


Figura 5. Pantalla del programa de visualización de resultados Tobii Pro II.

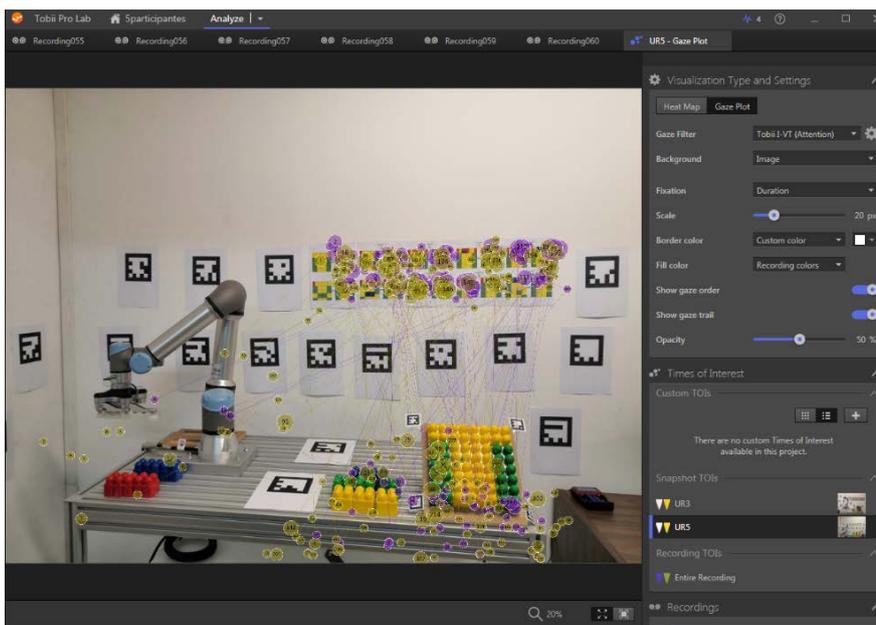


Figura 6. Pantalla del programa de visualización de resultados Tobii Pro II con nube de puntos de visualización del experimento.

En la figura 6 se muestra un ejemplo de los datos ya tratados con el mismo *software* y, en concreto, la nube de puntos generada con el ejemplo ya tratado.

Conclusiones

Dada la evolución en la tecnología y la incorporación de nuevos elementos en las industrias, es necesario formar a los estudiantes en esos nuevos equipamientos y en las implicaciones que

hay en la prevención de riesgos laborales.

En el ejemplo mostrado se detalla una nueva práctica a incorporar en cualquier asignatura genérica de prevención de riesgos laborales, en concreto para la parte de seguridad en máquinas, con la aplicación de los conocimientos teóricos explicados para su utilización en robots colaborativos.

Adicionalmente, se explica y se utiliza un *eye-tracker* para captar, tratar y

visualizar los datos obtenidos a través de un ejercicio con *cobot-eyetracker*.

Esta práctica se realizó de forma experimental en el curso 2021-22 y está preparada ya para su implementación en cursos posteriores. Además, es posible su utilización en cualquier asignatura de prevención de riesgos laborales, para la parte de seguridad en máquinas. Es necesario revisar la práctica para añadir un ejemplo de evaluación de riesgos en máquinas y ampliar la parte de evaluación del riesgo de estrés del trabajador.

Es necesario ampliar este ejemplo a otras asignaturas de los grados en ingeniería industrial, con materias propias de prevención o aquellas del área de organización de empresas que tengan alguna parte relativa a prevención de riesgos laborales.

Finalmente, cabe señalar que se ha cumplido con uno de los objetivos del proyecto financiado por la Consejería de Industria de la Junta de Castilla y León referenciado al final, para difundir la prevención de riesgos laborales en especial, en la formación universitaria de ingeniería.

Agradecimientos

Esta inclusión en los contenidos de la asignatura ha sido posible gracias a la financiación de la Consejería de Industria de la Junta de Castilla y León a través de la financiación del proyecto: “La prevención de riesgos laborales en la industria 4.0. Estudio de condiciones de trabajo y simulación de riesgos con robótica colaborativa. Difusión de resultados para la sensibilización en Castilla y León.” De referencia INVESTUN/21/BU/0005.

Referencias

- Mariscal M.A., et al. Risk management and cobots. Identifying critical variables, in Proceedings of the 29th EUROPEAN SAFETY AND RELIABILITY CONFERENCE (ESREL 2019). 2019. p. 1834-1841.
- Mariscal, M. A., García S., Gonzalez, J. (2020). Estado de la implantación de la industria 4.0 en las empresas de Castilla y León. ISBN: 978-84-95308-14-6. Consejo Económico y Social de Castilla y León.
- Web ubu: <https://www.ubu.es/grado-ingenieria-de-organizacion-industrial-espanol-y-bilingue-en-ingles/informacion-basica/guias-docentes>

El Observatorio de la Ingeniería de España presenta su primer estudio sobre la situación actual del sector

El estudio muestra que España tiene 750.000 ingenieros en activo, y un 20% son mujeres. La evolución que se espera que siga la ingeniería facilitará la determinación de las medidas a tomar para favorecer el crecimiento del sector en nuestro país, lo que supondrá un importante impulso para el desarrollo y el crecimiento económico.

El pasado mes de noviembre se presentó el primer estudio del Observatorio de la Ingeniería de España (OIE), del que forma parte el Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España (COGITI), como miembro del Consejo Rector y del Comité Ejecutivo, encargado de impulsar, gestionar y ejecutar las estrategias y de llevar a cabo el seguimiento de los temas relacionados con el Observatorio.

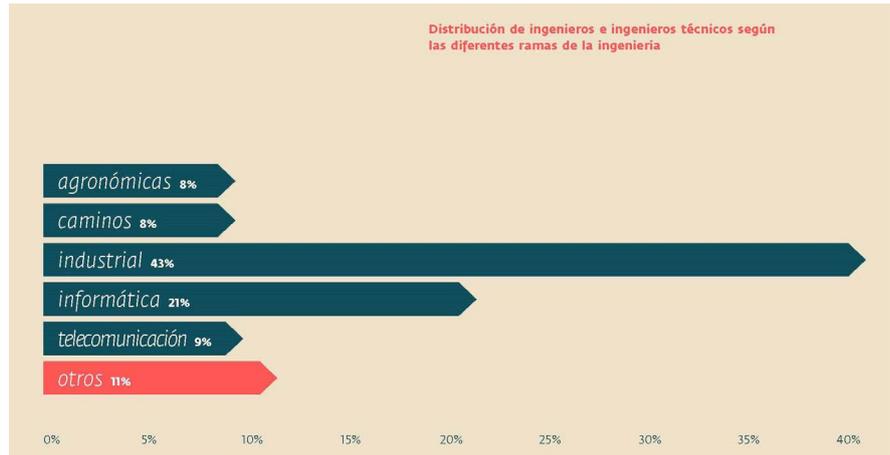
La puesta en marcha de un Observatorio de la Ingeniería ha permitido examinar de forma clara y minuciosa la realidad del sector en nuestro país, con sus puntos fuertes y sus carencias, así como realizar previsiones de las tendencias en este ámbito, en la próxima década. Además, permite conocer las condiciones laborales de los profesionales de la ingeniería en España.

Este primer estudio sectorial realizado por el Observatorio aporta datos inéditos hasta el momento, como que en nuestro país hay unos 750.000 ingenieros, y que las mujeres representan el 20%. Del total de ingenieros, un 65% son ingenieros técnicos o graduados en Ingeniería, mientras que el 35% son ingenieros o máster en Ingeniería. En concreto, en el ámbito industrial, estos profesionales alcanzan la cifra de unos 323.000, lo que supone el 43% del total de las ingenierías. Entre ellos, los más numerosos son los ingenieros técnicos industriales y graduados, que representan el 66%, frente al 30% de ingenieros/máster.

Por su parte, los doctores ingenieros, en el cómputo global de todas las ingenierías, representan un 6% de la profesión.

En cuanto a la edad de los profesionales de la ingeniería, de forma global, el 40% tiene 35 años o menos, un 33% está entre 36 y 45 años, el 22% entre 46 y 55, y el restante 5% tiene más de 55 años. Se observa, por tanto, una tendencia creciente.

El estudio también revela que hay más ingenieros en España por cada mil habitantes (15,7%) que en otros países



Europeos como Francia (14,4%) o Italia (11%), y que está 4,2 puntos por debajo de países como Alemania (20,4%).

Situación laboral

Los principales ámbitos de trabajo de los ingenieros e ingenieras en España son la gestión, el asesoramiento y la consultoría, los proyectos, la comercialización, la producción y operaciones, y la docencia, la investigación y desarrollo. En cuanto a la actividad a la que se dedican los ingenieros en las empresas, destacan cuatro principales: dirección y gestión, desarrollo o diseño, producción y operaciones, diseño y planificación de grandes proyectos. A estas les siguen muchas y variadas actividades tanto de carácter técnico como de gestión, representadas por porcentajes en todos los casos menores al 10%.

Según el estudio del OIE, el 87% de los ingenieros están activos en el ejercicio de su profesión, y un 14% de ellos ocupan cargos directivos. El 15% de los ingenieros en España son empresarios o ejercen libremente su profesión, y un 59% de los ingenieros asalariados trabajan en compañías de más de 250 trabajadores.

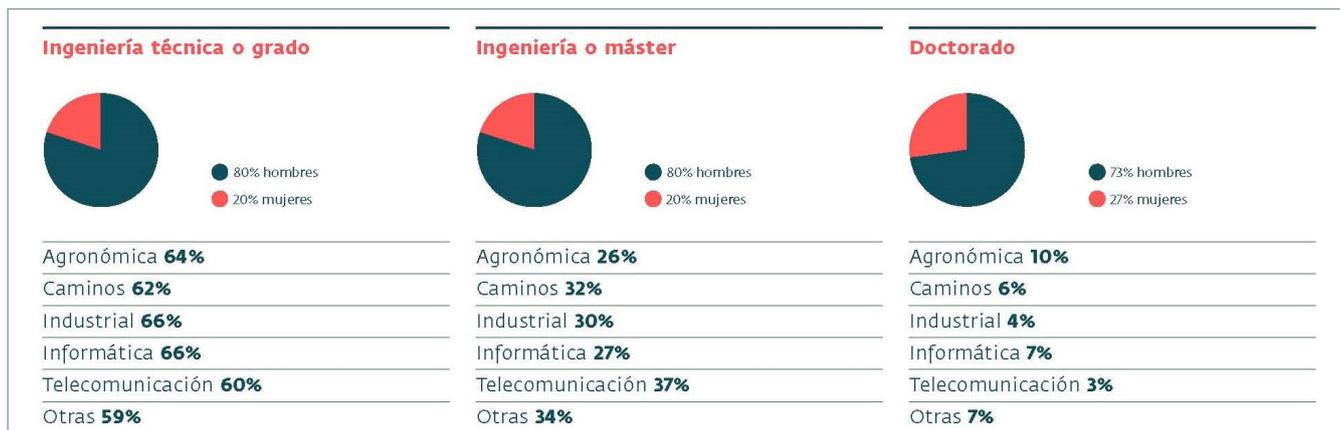
En cuanto a la distribución de profesionales de la ingeniería en España, se desglosa de la siguiente manera: ámbito

de la Ingeniería industrial (43%), Ingeniería informática (21%), Ingeniería de telecomunicación (9%), Ingeniería agrícola/agrónomos (8%), Ingeniería de Caminos/Civil (8%) y otras ingenierías (11%).

En lo que respecta a la retribución por su trabajo, ésta es superior en un 30% al de la media retributiva del país, aunque se detecta un estancamiento durante las últimas décadas. Estudios análogos en Francia o Alemania sitúan el valor medio de su retribución anual en cifras entre los 55.000 y los 60.000 euros, por encima de la retribución media de los ingenieros españoles.

El salario de los ingenieros hombres, en España, está en torno a un 27% por encima de la media, mientras que el de las mujeres está en un 43%. Asimismo, el estudio confirma que hay una brecha salarial entre ingenieros hombres y mujeres del orden del 10% (34.100 € en el caso de los hombres y 31.100 € en el de las mujeres), y aunque está claramente por debajo del conjunto de la población activa en nuestro país, situada en el 24% (siendo los salarios medios 26.900 € y 21.700 € respectivamente), es una cifra que el OIE considera que hay que eliminar cuanto antes en el tiempo.

Los salarios de los profesionales de la ingeniería en España varían dependiendo



del cargo y de los años de experiencia. El 81% se sitúa entre los 20.000 € y los 40.000 € anuales de retribución, siendo el valor medio del orden de 33.000 €. La horquilla por ramas de la ingeniería es relativamente estrecha y se mueve entre los 30.000 € de "Otras" hasta los 36.000 € de la ingeniería Informática.

Por otro lado, es remarcable la cifra de ocupación del 98% en la profesión, teniendo en cuenta que al efectuar el estudio, el desempleo en España se situaba por encima del 13%. Además, el 86% de las empresas consultadas (más de 500) declaran que requerirán contratar más ingenieros en los próximos años.

El porcentaje de empresariado en la profesión es de tan solo un 3%, lo que lleva a considerar que los resultados de este apartado deben interpretarse con precaución, por lo que se ofrecen meramente a título orientativo. Se observa que más del 40% de los ingenieros empresarios tienen una titulación del ámbito industrial.

En cuanto al 11% de la profesión que ejerce como autónomo, el área de la ingeniería industrial vuelve a ser donde se concentra un mayor número de profesionales.

Necesidad de 200.000 ingenieros/as en los próximos diez años

Otro dato significativo del informe es la previsión de que en los próximos 10 años, la economía española necesitará incorporar al menos 200.000 nuevos ingenieros, mayoritariamente en el ámbito industrial.

Según el OIE, desde hace ya unos años se está experimentando una dificultad notable en lo que se refiere a incorporar ingenieros en las plantillas de las empresas. El dato del nivel de paro en la profesión, situado en un 2%, indica

la dificultad que hoy tienen las empresas para incorporar talento: un 25% considera que es difícil o muy difícil.

Adicionalmente, las empresas opinan que el perfil del profesional de la ingeniería no acaba de adecuarse a la realidad y necesidad que existe en el mercado, o bien no tiene la experiencia requerida. Indagando en los comentarios, resalta la falta de especialidades y competencias concretas, así como la pérdida de oportunidad por el bajo nivel de la presencia de las mujeres en la profesión. Al mismo tiempo, reconocen que los ingenieros están mucho mejor preparados que hace 10 años, a pesar del acelerado cambio tecnológico.

Por otra parte, se observa una cierta facilidad para atraer talento a medida que crece el tamaño de la empresa. De este modo, las empresas de 10 o menos trabajadores representan el 12% de las que declaran como muy difícil la incorporación de ingenieros, mientras que son solo un 5% de las que lo valoran como muy fácil. Los dos principales motivos que dificultan la incorporación de talento son la falta de perfiles y de conocimientos. Aun así, y dado el nuevo paradigma de la digitalización, los temas de Inteligencia Artificial (IA), tratamiento de datos, ciberseguridad, nuevos métodos de gestión de proyectos, pero también la economía circular y transición energética, son las áreas donde se considera que se debería avanzar en la formación para el futuro, sin olvidar la dirección de proyectos, siempre presente en la profesión.

La ingeniería en España, un sector de presente y futuro en el PIB español

La industria es el sector que genera mayor valor añadido por unidad de trabajo,

y es el principal contribuyente a las exportaciones del país, creando empleos estables y de calidad. La ingeniería española tiene un fuerte reconocimiento internacional, pero el peso de la industria en el PIB ha descendido en los últimos 20 años, pasando del 19% al 14,7%, mientras que en países como Alemania ha seguido creciendo hasta el 29%, un hecho que según el OIE habría que revertir en el caso de nuestro país.

El presidente del Observatorio de la Ingeniería de España y presidente Honorario de Caja de Ingenieros, José Oriol Sala, afirma que "la recuperación del PIB industrial debe ser un reto a corto y medio plazo. La mejora de la economía y su estabilidad a largo plazo dependen de un sector industrial potente y sólido. El reto es que la ingeniería, unida a la tecnología, muevan la economía de España y ayuden aún más al desarrollo y mejora de la calidad de vida de las personas".

Las mujeres, un perfil profesional con amplio margen de crecimiento

El estudio del OIE demuestra que los perfiles femeninos tienen una presencia global en la ingeniería en España cercana al 20%. Esta proporción, aun siendo objetivamente baja, está en los mismos niveles que los de las grandes economías de la UE, como Francia (22%), Italia (18%) o Alemania (17%). Pese a ello, el OIE considera que es una situación que habría que revertir, debiendo motivar más talento femenino hacia la profesión.

Por ramas de la ingeniería, la presencia de mujeres está distribuida de la siguiente manera: Ingeniería agrícola/agronómica (34%), Ingeniería de caminos (24%), Ingeniería industrial (19%), Ingeniería informática (16%), Ingeniería en telecomunicación (12%) y otras ingenierías (24%).

Objetivos del Observatorio de la Ingeniería de España

El Observatorio de la Ingeniería de España, impulsado por la Fundación Caja de Ingenieros, está formado por las instituciones, agrupaciones profesionales, asociaciones empresariales y las universidades con mayor relevancia en la ingeniería española. Cuenta con el apoyo del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, y representa a más de 450.000 profesionales del sector.

Ante los datos del estudio, inédito hasta ahora en España, el OIE destaca la importancia del papel de la ingeniería y la tecnología para el futuro de la economía del país y para el bienestar de la sociedad, y concluye que el sector debe prepararse para trabajos que aún no existen, y aceptar que el lugar de trabajo se convertirá también en el aula del futuro de los profesionales.

Pueden consultar el estudio íntegro del Observatorio de la Ingeniería de España en www.observatorioingenieria.es

Presentación del estudio en el Congreso de los Diputados



La presentación del estudio del Observatorio de la Ingeniería de España se llevó a cabo, el pasado 18 de noviembre, en la sala Ernest Lluch del Congreso de los Diputados, en un acto presidido por Matixell Batet, presidenta del Congreso. El Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España (COGITI)

estuvo representado por el presidente de la institución, José Antonio Galdón Ruiz (en el centro de la imagen, junto a Josep Oriol Sala, presidente del OIE, y presidentes de colegios profesionales que forman parte del Instituto de Graduados en Ingeniería e Ingenieros Técnicos de España -INGITE-).

El COGITI firma un convenio con la Dirección General del Catastro

El presidente del Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España (COGITI), José Antonio Galdón Ruiz, y el director general del Catastro, Fernando de Aragón, han firmado el convenio marco de colaboración, en régimen de encomienda de gestión, entre la Dirección General del Catastro y los Colegios de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales, representados por el Consejo General, para el intercambio de información relativa a los bienes inmuebles.

En dicho acuerdo, se establece el marco para la obtención de la información gráfica catastral, de acuerdo con lo disponible en la Sede Electrónica del Catastro, que fuera precisa para la ejecución de los trabajos profesionales de los Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales colegiados, mediante acceso por vía telemática.

Asimismo, el convenio prevé compromisos con relación a las actuaciones de asistencia a los clientes que les formulen el correspondiente encargo profesional para la confección y presentación de declaraciones catastrales, con utilización del asistente de



José Antonio Galdón y Fernando de Aragón firman el convenio de colaboración, en la sede de la Dirección General del Catastro.

declaraciones y el asistente gráfico, en su caso, así como para la obtención del Informe de Validación Gráfica.

Además, los Colegios que formalicen, de forma individualizada, el correspondiente convenio con la Dirección General del Catastro, tomando como partida el firmado con el Consejo General, asumirán el compromiso de establecimiento de un Punto de Información Catastral (PIC) en su propia sede o en cualquier otra de su demarcación territorial, que será gestionado en régimen de encomienda por el Colegio.

Con el fin de mejorar la difusión de criterios y directrices uniformes de cara al despliegue y desarrollo de las actuaciones previstas en el convenio, la Dirección General del Catastro y el COGITI deberán elaborar, en el seno de la Comisión de seguimiento, vigilancia y control (que estará formada por dos miembros de cada una de las partes), planes de formación para los colegiados, orientados a la remisión de las incidencias, rectificaciones y declaraciones a que se refiere el convenio.

MadridMotorStudent: estudiantes universitarios muestran su talento en Ingeniería de competición

Ilusión, talento, innovación y sostenibilidad se han dado cita en el circuito del Jarama, donde 13 equipos de 9 universidades madrileñas, formados por más de 500 estudiantes de diferentes ramas de ingeniería y otras carreras universitarias, han participado en la II edición de MadridMotorStudent con el fin de mostrar los prototipos que han diseñado para competir en Formula Student y MotoStudent. Se trata de las competiciones universitarias más importantes a nivel internacional, en las que los alumnos aplican los conocimientos adquiridos durante sus estudios universitarios en un proyecto industrial, mediante el diseño, desarrollo y fabricación de un prototipo para la competición real.

Al acto acudieron destacadas personalidades y representantes del ámbito institucional, empresarial, académico e industrial de la Comunidad de Madrid, que asistieron, por primera vez, a una presentación de prototipos de Formula Student y MotoStudent 100 % sostenible, ya que todos los equipos presentan vehículos de propulsión eléctrica o de propulsión de combustión, que utilizarán biocombustibles 100% renovables



(0% emisiones netas) desarrollados en colaboración con el Repsol Technology Lab.

Con este proyecto, el Colegio Oficial de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid (COGITIM) se ha marcado como objetivo visibilizar el enorme potencial de la Ingeniería en el sector de la automoción. A la cita han acudido 2.000 estudiantes de Forma-

ción Profesional (rama Tecnología) y Bachillerato Tecnológico, que han tenido la oportunidad de asistir en directo a todas las actividades programadas, entre las que destaca la Jornada Técnica "El Talento, clave del éxito para el sector de la Automoción", y el acceso a un Aula Tecnológica, donde todas las universidades madrileñas les mostraron su oferta formativa de titulaciones STEM.

Celebrado en Coimbra el II Congreso Internacional de Ingeniería

Este Congreso, celebrado el pasado 23 de septiembre en el Palacio de Congresos DO ISEC de Coimbra (Portugal) giró en torno a la "Ingeniería del Agua en el Mundo, Geopolítica del Agua y Medioambiente", materias transversales para todos los ingenieros. El presidente de COGITI, José Antonio Galdón Ruiz, participó en esta ocasión en calidad de presidente del Instituto de Graduados en Ingeniería e Ingenieros Técnicos de España (INGITE). También participaron otros miembros del Comité Nacional Español de la FEANI (órgano que representa a las Ingenierías e Ingenierías Técnicas de España), entre ellos su presidente, David Sedano, concretamente en el acto de clausura.

El evento congregó a ingenieros euro-

peos y estaba organizado por La Orden Dos Engenheiros Técnicos, de Portugal. El presidente de COGITI e INGITE comenzó su intervención, por vía telemática, poniendo el énfasis en el principal objetivo de la Ingeniería: "tratar de mejorar este mundo". "La Ingeniería está para dar solución a los problemas", afirmó. En este sentido, destacó los retos a los que se enfrentan estos profesionales, principalmente en los ámbitos del agua y la energía, que son los que están en el foco del progreso y los que están marcando la evolución de la sociedad. "No solo se necesita a los profesionales e ingenieros mejor preparados, sino también a profesionales con valores, comprometidos, que pongan en el centro de su trabajo la mejora de la

sociedad desde los principios de la solidaridad y la sostenibilidad, con compromiso y responsabilidad. De ello depende nuestro presente y futuro", señaló.

Se trata, en definitiva, de buscar solución a los problemas que surgen en torno al agua, con buen entendimiento, como un reto global que traspasa nuestras fronteras. Un ejemplo de ello son las cuencas hidrográficas compartidas por España y Portugal, en las que queda patente la colaboración hispano-portuguesa; fruto de la Convención de Albufeira, firmada el 30 de noviembre de 1998 por España y Portugal para la administración y uso hídrico las cinco cuencas hidrográficas que comparten, de norte a sur: Miño, Limia, Duero, Tajo y Guadiana.

Cristina Aristoy Cadenas

Ingeniera de Diseño Industrial y socia fundadora de Singularu

“Cada persona puede y debe estudiar lo que le motiva y hace feliz”

Mónica Ramírez

Cristina Aristoy es todo un ejemplo de emprendimiento y éxito empresarial. Tras finalizar sus estudios en Ingeniería de Diseño Industrial, realizó su proyecto fin de carrera en Londres, centrado en el ámbito de la joyería. A su regreso, estudió la especialidad de Organización Industrial y el Grado Superior en Joyería Artística en EASD, que finalizó en la ciudad coreana de Seúl.

En el ámbito empresarial, es socia fundadora de la marca valenciana de joyería Singularu, que nació como un “marketplace”, donde ponían en contacto artesanos con clientes. En estos momentos cuenta con un equipo formado por más de 140 personas, y ha logrado posicionarse como una de las empresas más rápidas en tiempos de entrega de Europa, operando a través de su canal online en todo el mundo. La producción es española, lo que permite un alto nivel de flexibilidad y rapidez a la hora de generar propuestas acordes a los gustos y tendencias actuales.

Desde su creación como marca “nativa digital” en 2014, ha abierto una veintena de tiendas propias y varias franquicias. El objetivo es finalizar el año 2022 con 45 puntos de venta, y dar el salto definitivo al mercado internacional.

Todo este trabajo ha llevado a Cristina Aristoy a ser reconocida con el Premio Joven Talento 2021, otorgado por la Asociación de Empresarias y Profesionales de Valencia (EVAP), y con el Premio EWoman 2019, que entrega Prensa Ibérica, y que reconoce a las mujeres que destacan en el entorno laboral y tecnológico.

Cristina Aristoy 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



Cristina Aristoy Cadenas

Ingeniería de la rama industrial de España (UAIIE), 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 llevó a estudiar una Ingeniería?

Lo que me llevó a estudiar ingeniería fue un poco el entorno y el contexto de ese momento. Durante mis estudios anteriores, tuve muy buena formación en ese ámbito y me resultaba muy interesante la parte técnica, por lo que decidí que una ingeniería en diseño industrial era una muy buena opción. Además de la ingeniería, me interesaba en particular la parte más organizacional de las empresas, por lo que decidí complementar mis estudios de ingeniería con una especialidad de Organización Industrial.

Al finalizar sus estudios, viajó a Londres para preparar su proyecto fin de carrera centrado en joyería, ¿cómo recuerda este proceso de aprendizaje?

Fue un proceso de aprendizaje muy enriquecedor. Venía de una carrera muy técnica y en Londres encontré un cambio de paradigma en cuanto al estudio de la ingeniería. Para mí, Londres fue inspiración, creatividad y sobre todo crecimiento profesional. Esa experiencia me impulsó a estudiar el Grado Superior en Joyería Artística.

A su regreso, realizó la especialidad de Organización Industrial y el Grado Superior en Joyería Artística en EASD, finalizándolo con la realización del Proyecto final en Seúl, ¿cómo fue la experiencia?

Sentía que quería seguir formándome y en particular me interesaba la parte más organizacional de la ingeniería, por lo que me especialicé en Ingeniería de Organización Industrial, una rama más empresarial y específica. Compaginaba la parte más técnica con la parte más creativa, con el Grado Superior en Joyería Artística en EASD. Mi experiencia en Seúl estuvo cargada de aprendizajes distintos

a lo que estaba acostumbrada a nivel empresa, lo que fue muy enriquecedor a nivel profesional, y me hizo entender el concepto de la organización empresarial desde otra perspectiva.

Y ya de regreso en España, comienza su andadura empresarial como socia fundadora de la marca de joyería Singularu, formada por un equipo de más de 140 personas. ¿Cómo se ideó el proyecto y cómo fueron sus inicios?

Singularu nació como un “marketplace” donde poníamos en contacto artesanos con clientes. Rápidamente y a través del análisis de datos, vimos que lo que mejor funcionaba como producto era la joyería. Además, queríamos que nuestro modelo de negocio estuviera basado en la producción local y nacional. Teníamos contactos a nivel local con el tejido joyero valenciano, y esto nos permitía tener la producción de las joyas muy localizada. Trabajar con proveedores locales nos facilitaba crear joyas en plazos cortos, para que las clientas las recibieran en el menor tiempo posible. Además, trabajar con proveedores locales y nacionales nos permitía contribuir a la economía del país, y a generar puestos de trabajo. Con todo esto, testeamos el modelo de venta de joyería online a través de una colección cápsula.

En ese momento la venta de joyas online no estaba muy explotada, por lo que detectamos una oportunidad de negocio. Gracias a la producción y venta de esa colección, identificamos y aprendimos puntos de mejora, como por ejemplo la competitividad de plazos de entrega de la joya u optimizar producciones. Como todo, la idea evolucionó y mejoró en los puntos más técnicos, y eso nos permitió llegar al Singularu actual. En ese aspecto, seguimos iterando y mejorando gracias al análisis de los datos y, sobre todo, identificando lo que nuestras clientas quieren y necesitan.

¿Cuáles diría que son los puntos fuertes de la empresa?

Los puntos fuertes de Singularu como empresa de joyas son, en primer lugar, el foco por encima de todo a las clientas, pudiendo así dar en el clavo en cuanto a necesidades de producto y una excelente experiencia de cliente. En segundo lugar, las personas que han construido Singularu con su trabajo diario. Trabajamos desde la confianza plena en el equi-

po, pensando estrategias para cubrir las necesidades de nuestras clientas.

En tercer lugar, el análisis de datos. Si no analizamos, perdemos oportunidad, por lo que analizar, iterar y entender a través de los resultados lo que necesitan las clientas en cuanto a diseño, momento vital o experiencia de cliente, es fundamental para el éxito.

¿Cuál es su proyección en la actualidad? ¿Cómo está siendo su expansión?

Nuestro objetivo actual es la expansión retail a nivel nacional, acabando este año con 45 puntos de venta. Creemos que la experiencia física nos acerca a las clientas, y nos ayuda a que nos conozcan de una manera más cercana. En cuanto al e-commerce, nuestro objetivo es asentarnos a nivel nacional, y abrimos puertas en el mercado internacional, lo cual nos emociona especialmente. Creemos que el canal físico y en online se alimentan mutuamente e impulsan el crecimiento global.

¿Cuáles son sus próximos proyectos?

Los próximos proyectos son la expansión retail a nivel nacional, terminando el año con 45 puntos de venta y el salto al mercado internacional. La expansión de marca nos hace mucha ilusión, porque podemos aplicar todo ese aprendizaje que hemos ido forjando a lo largo de estos años. Replicar el modelo Singularu adaptado a las necesidades de nuestras clientas de otros países nos hará aprender y crecer como marca, no tanto en número de ventas, que también, sino en “learnings” para poder seguir creciendo con ellas.

¿Qué es lo que más le gusta de su trabajo? ¿Cómo suele ser su día a día?

Lo que me apasiona de mi trabajo es el aprendizaje constante. Siempre hay cosas por hacer, puntos que mejorar, nuevos retos en los que trabajar, y eso me mantiene activa tanto a nivel creativo como estratégico. Creo que nutre mucho mis ganas de seguir y, sobre todo, reafirma mi amor por el emprendimiento. ¡No hay manera ni tiempo de estancarse!, estoy siempre en constante evolución profesional y personal. Es realmente emocionante.

Estudiar una carrera de Ingeniería implica un cierto sacrificio, y en la actualidad hay una falta de vocaciones

hacia este tipo de estudios, ¿qué les diría a los estudiantes de Secundaria para animarles a estudiar una Ingeniería?

Creo que todas las ingenierías te proporcionan una formación muy completa y multidisciplinar. Les diría que exploren lo que les gusta, y que se informen muy bien para poder decidir. Creo que la ingeniería es un campo enorme y las posibilidades son infinitas. Por lo que mi consejo sería investigar y formarse, independientemente de lo que se conoce a nivel base y común de las carreras de Ingeniería.

Su labor emprendedora ha sido reconocida a través de la concesión de varios galardones, como el Premio Joven Talento 2021, otorgado por la Asociación de Empresarias y Profesionales de Valencia (EVAP), y el Premio EWoman 2019, que entrega Prensa Ibérica, y que reconoce a las mujeres que destacan en el entorno laboral y tecnológico. ¿Qué suponen para usted estos reconocimientos?

Gracias. El reconocimiento del trabajo realizado es gratificante, pero para mí, lo que realmente representa esa visibilización, es que otra gente se sienta identificada con lo que hacemos y que se anime a emprender. Perder el miedo, salir de la zona de confort y, sobre todo, aprender a abrazar la incertidumbre cuando te ves reflejada en otros, puede que anime a otros a dar el paso.

En su opinión, ¿qué papel desempeñan las mujeres en el ámbito de la Ingeniería? ¿Queda todavía mucho camino por recorrer?

Para mí el papel de la mujer en la ingeniería es exactamente el mismo papel que el del hombre, y es que no creo en la segmentación de sexos en cuanto a carreras profesionales. Cada persona puede y debe estudiar lo que le motiva y hace feliz. En ese aspecto, creo que socialmente estamos evolucionando hacia un paradigma profesional más inclusivo. Creo también que es sumamente importante la formación sobre todas las ramas, aplicaciones y posibilidades de la ingeniería, para que no se quede en un concepto cerrado en cuanto quién puede estudiarla o qué salidas profesionales tiene.

Mónico Sánchez Moreno, el ingeniero precursor de la radiología portátil

Ingeniero eléctrico, Mónico Sánchez fue un gran pionero de la radiología, pero también de las telecomunicaciones sin cables y de la electroterapia, considerando esta última como uno de los tratamientos más empleados en la fisioterapia, consistente en aplicar corrientes eléctricas para el tratamiento de enfermedades y lesiones. Procedente de una familia humilde, se conoce a este ingeniero como el inventor de la máquina de Rayos X portátiles

Laura Álvaro y Rosa Lerma

Poco se conoce de la máquina que permite realizar radiografías portátiles y sobre todo, a su descubridor, a sabiendas del avance que ha supuesto para la medicina, en general, y la radiología, en concreto. Son equipos que permiten la realización de radiografías a aquellos pacientes que no puedan desplazarse a las salas de RX fijas, debido a que su situación clínica no se lo permite. Pacientes que están en la UCI, reanimación, quirófanos, urgencias, o ingresados en la planta de algún hospital pueden salir beneficiados de este interesante invento, muy cómodo y fácil de manejar, al ser eléctrico e impulsado por un motor. Y todo ello se lo debemos al ingeniero eléctrico Mónico Sánchez Moreno. A pesar de ser una figura poco conocida, sí podemos decir que es una de las más relevantes de la historia de la electricidad en España.

Infancia y primeros años de estudios

Nacido el 4 de mayo de 1880 en el seno de una pequeña familia humilde tejera, dedicada principalmente a la fabricación de tejas y ladrillos en el municipio de Piedrabuena, Ciudad Real. Su padre estaba dedicado al oficio familiar mientras que su madre lavaba ropa en el paraje del río Tabla de la Yedra, cerca de su pueblo de origen. Por aquella época, Mónico dedicaba su tiempo a ayudar a su madre con las tareas diarias. A pesar de ello, a Mónico le interesaba más la escuela, y fue afortunado de poder contar en el colegio de su pueblo con un maestro que vio en él a un futuro genio y le avivó su curiosidad innata.

Ya desde bien joven se empezó a interesar por el fascinante mundo de la



Fotografía del ingeniero español Mónico Sánchez, publicada en 1914 con motivo de la presentación de su aparato portátil de rayos X en la Sociedad de Electrología y Radiología de París.

En 1909 patentó su gran invento: un aparato portátil de Rayos X, tan pequeño que cabía en un maletín, y ligero, unos 10 kg de peso

electricidad. En su mente, su idea era muy clara: quería formarse como ingeniero, y para ello tenía que salir de su municipio natal. Y eso fue lo que hizo pasados unos años, a pesar de que no le fue fácil, ya que en 1900 su villa era una pequeña localidad de poco más de 3.800 habitantes, donde la tasa de analfabetos era del 75%.

Era el menor de cuatro hermanos y con 14 años se marchó de su Piedrabuena de origen para ganarse la vida en oficios varios, como chico de los recados, dependiente e incluso tendero en diversos pueblos de Castilla La-Mancha, que le permitieron sobrevivir y ahorrar dinero para dedicarse a aquello que tanto soñaba: la ingeniería eléctrica. En esta época incluso llegó a tener su propia tienda, en un pueblo cercano al suyo, establecimiento que más tarde vendió para embarcarse en una nueva aventura.

Se trasladó a Madrid a comienzos de 1900, para avanzar y profundizar en sus estudios con lo que más anhelaba: la electricidad. Pero Mónico no contaba con el bachillerato, lo que le supuso algún contratiempo en la capital que, sumado al cierre por motivos políticos de la propia Escuela de Ingeniería Industrial, le hicieron, sin apenas tener conocimientos de inglés, matricularse en un curso en este idioma sobre electricidad, impartido desde el *Electrical Institute of Correspondence Instruction* de Londres, por el ingeniero Joseph Wetzle.

Este mismo fue el que le recomendó para un puesto en la ciudad de Nueva York, donde desembarcó más tarde, el 12 de octubre de 1904, a la edad de 24 años, para ahondar en sus estudios de electricidad. Se cuenta que llegó a la ciudad de los rascacielos con apenas 60 dólares, y un conocimiento básico de la lengua que allí se habla, de lo poco que había podido aprender en el curso que hizo a distancia en Madrid, durante tres años, y de forma autodidacta. Con lápiz y bolígrafo iba apuntando todo lo que necesitaba. Comenzó esta nueva etapa en Nueva York trabajando como delineante.



Imagen del inventor español Mónico Sánchez Moreno, en la que muestra su aparato portátil de rayos X a un médico portorriqueño.

Universidad de Columbia y su estrecha relación con el ámbito sanitario

Años más tarde, y con un mejor nivel del idioma, pudo ir a la Universidad de Columbia, donde estudió un curso de electrotecnia. Era la época donde los problemas con los aparatos de Rayos X estaban muy latentes, ya que estos eran fijos, caros, muy pesados y voluminosos. Los Rayos X habían sido inventados no hacía muchos años atrás, en 1895, en la ciudad alemana de Hamburgo, por el físico e ingeniero mecánico Wilhelm Conrad Röntgen, tras experimentar de forma accidental con un tubo de rayos catódico, al poner la mano izquierda de su mujer sobre una placa de metal, descubriendo lo que revolucionó la medicina y que, además, le supuso a Röntgen el Premio Nobel de Física en el año 1901. Era un invento muy pesado, que se hacía complicado para determinado tipo de pacientes, ya que no se podía transportar.

Por ello, Mónico, que trabajaba como ingeniero en *Van Houten and Ten Broeck Company*, comenzó a desarrollar algo que iba a ser la solución a estos problemas: un aparato portátil de Rayos X y corrientes de alta frecuencia. Lo presentó en el año 1909, y supuso un invento revolucionario. En concreto, redujo el hierro del transformador empleando una frecuencia de 7 MHz en vez de 50 MHz, con lo que el aparato era mucho más

En el extranjero, se codeó con grandes inventores de la talla de Nikola Tesla o Thomas Edison

pequeño, pudiendo incluso transportarse en una maleta. El consumo se redujo a tres amperios y funcionaba con la red eléctrica sin necesidad de generadores. Por ello, en 1909, Sánchez patentó su gran invento: un aparato portátil de Rayos X que, en realidad, era tan pequeño que cabía en un maletín y que era ligero, unos 10 kg aproximadamente, según diversas fuentes, y que si lo comparamos con los 400 kg que podían llegar a pesar las máquinas convencionales, constituyen una gran diferencia y un considerable avance.

En palabras del nieto de Mónico Sánchez, Eduardo Estébanez, el invento de Röntgen "se había convertido en una herramienta importante de diagnóstico, pero no operativa, pues los aparatos pesaban 400 kilos y eran inaccesibles a la mayoría de la gente. Mi abuelo los redujo a un maletín portátil que los médicos podían llevar a casa del paciente y tenerlos en consulta". Precisamente es Estébanez el que más ha dado a conocer la figura de su abuelo en un libro que cuenta las memorias de Sánchez Moreno.

Gracias a este descubrimiento, se podía sustituir el pesado transformador

que se requería para generar corriente por un equipo ligero, que además era portátil y, sobre todo, y lo que más reivindicó en su patente, es que funcionaba a 125 ó 220 V, tanto con corriente continua como alterna, siendo fácilmente adaptable para otras aplicaciones de electromedicina como la cauterización o la desinfección, tal y como expone Juan Pablo Rozas Quintanilla, ingeniero, estudioso sobre la vida de Mónico Sánchez y considerado el mayor experto en su vida.

Un médico que se desplazaba en la época a atender a la cama de un paciente para hacerle una radiografía, no podría prever si la red era de corriente alterna o continua, y en todo caso y más importante, necesitaba que su aparato de rayos X funcionara y no fuese pesado. Y todo esto sí lo cumplía el que patentó Mónico Sánchez Moreno.

Además, este ingeniero emprendedor estuvo muy vinculado con el mundo médico, ya que creó bisturis eléctricos y otros aparatos del ámbito sanitario. Trabajó en el desarrollo de la telefonía móvil que inventó Collins, y dentro de la *Collins Wireless Telephone Company* trabajó como ingeniero jefe. También desarrolló sus funciones como ingeniero en *Van Houten and Ten Broeck Company*, que aplica la electricidad en hospitales y registra patentes de tecnología médica.

Fuera de nuestras fronteras, Mónico pudo codearse con grandes inventores de la talla de Nikola Tesla o Thomas Edison. En la III exhibición/muestra de la electricidad en *Madison Square Garden* de Nueva York, este ingeniero eléctrico protagonista de este reportaje acudió a presentar su proyecto junto a los más grandes del ámbito, ya que expuso al lado de General Electric de Thomas Edison y Westinghouse de Nikola Tesla.

Gran utilidad del equipo de RX portátil tras el estallido de la I Guerra Mundial

No hubo que esperar demasiado tiempo para descubrir las enormes ventajas que poseía este invento. Con el estallido de la I Guerra Mundial, muchos jóvenes fueron llamados a filas y sabían que podían ser heridos. En paralelo y durante la contienda, María Curie atendía a los heridos de guerra, a los que se dedicaba en cuerpo y alma, y consiguió que su país, Francia, comprara 60 unidades del aparato de rayos X portátiles de Mónico, el cual servía para poder

efectuar un diagnóstico rápido y conseguir salvar la vida de los compatriotas heridos, gracias a su buen uso y sus enormes beneficios. Así, los franceses equiparon a sus ambulancias de equipos de rayos X portátiles, que fueron las primeras del mundo en llevarlos. Estas unidades acabaron siendo bautizadas con el nombre de “Petit Curie” (“Pequeñas Curie”), en honor a Marie Curie. Consistían en vehículos equipados con un equipo de rayos X y una sala oscura para el revelado. El mismo motor del vehículo accionaba la dinamo que generaba la electricidad necesaria para la toma de radiografías.

Es importante conocer las enormes ventajas del equipo de rayos X portátil, entre las que se pueden citar su enorme inmediatez, punto clave en un conflicto como fue la I Guerra Mundial, donde las radiografías podían realizarse casi de forma inmediata para aquellos soldados heridos, que solían ser cientos todos los días. De igual forma, estos equipos eran muy cómodos, ya que se transportaban gracias a su ligero peso y a su pequeño tamaño. Asimismo, en ellos las imágenes podían almacenarse.

Enamorado de EEUU, Mónico contaba a sus nietos historias de Nueva York y de todo lo que había vivido, pero al parecer regresó a su país de origen por amor. Y es que quizá, y según diversas fuentes, uno de los motivos por los que Sánchez Moreno decidió volverse de Estados Unidos fue por su mujer Isabel, ya que ella no deseaba vivir en el país norteamericano.

En concreto, fue en 1912 cuando vuelve a España a la edad de 32 años, a su pueblo natal, renunciando a ofertas procedentes de Madrid o Barcelona, y habiendo reunido una gran fortuna. Es en este momento cuando establece su vida en su municipio y contrae matrimonio. Al volver a su país, su intención era dar desarrollo tecnológico a su villa, donde crea una central eléctrica, la *European Electrical Sánchez Company*, que trajo incluso sopladores de vidrio desde Alemania, ebanistas y todo lo necesario para fabricar el aparato en sus instalaciones. Allí construyó en 1913 su propia central eléctrica, y montó una fábrica laboratorio para construir sus ingeniosos aparatos de rayos X portátiles. Este fue el primer laboratorio de electricidad de España, con una extensión de 3.500 metros cuadrados y con 50 trabajadores en su haber.

Los franceses fueron los primeros que equiparon a sus ambulancias de equipos de rayos X portátiles

En lo personal, su vida estuvo marcada por acontecimientos muy tristes, como la muerte de cinco de sus cinco hijos, lo que supuso un latigazo para él y toda su familia. También tuvo que lidiar con algunas batallas, y hacer frente a la enfermedad de su mujer Isabel, que murió tres años antes de que falleciera el propio Mónico. A pesar de estos acontecimientos, tuvo una vida feliz, en la que mantuvo su lucidez y coraje hasta el final de sus días.

Incluso su afán emprendedor le hizo involucrarse, a la edad de 69 años, en un negocio relacionado con el cine, ámbito totalmente desconocido para él. Tuvo una posición económica muy acomodada, gracias a lo que pudo hacer a lo largo de su vida, una gran fortuna, que consiguió por su incansable trabajo, con una época de decadencia a partir de los 70 años.

Fin de su vida y reconocimientos a la figura de Mónico Sánchez

Murió con 81 años, en 1961, el incansable investigador, que llevó la exploración radiológica a rincones impensables de otro modo, a su pueblo natal, Piedrabuena. A lo largo de su vida y trayectoria, este emprendedor apasionado de la electricidad, recibió varios reconocimientos tanto internacionales como dentro de nuestras fronteras. Varias universidades le concedieron el Doctorado Honoris Causa. De igual forma, recibió la Medalla de Oro de Ciudad Real en 1914 y la Medalla de la Exposición Internacional de Barcelona en 1929. Pero no fue hasta el año 1995 cuando se le hizo un busto en su localidad de nacimiento, devolviéndole del olvido en el que estaba, lo que supuso el primer reconocimiento a este ingeniero eléctrico en su municipio.

En 2013 se destapó una placa en su pueblo que conmemoraba el Laboratorio Eléctrico Sánchez y la Central Eléctrica que se levantó en 1913, y que fueron obras de este ilustre inventor, hijo de la villa castellano manchega. Este laboratorio continuó activo hasta los años 60, según diversas fuentes.

Libros para no olvidar al genio de los rayos X portátiles

Son dos los principales libros que abordan la vida del inventor de los rayos X portátiles: “El gran Mónico” y “El rayo indomable”.

“*El gran Mónico: La insólita aventura de un ingeniero manchego en tiempos de crisis*” cuenta la historia de Sánchez escrita por Manuel Lozano Leyva, físico nuclear, escritor y divulgador científico que, además, es catedrático de la Universidad de Sevilla, y que narra las aventuras e inventos desarrollados por Mónico Sánchez.

Pero este no ha sido el único libro centrado en la figura de este ilustre de Ciudad Real. “*El rayo indomable*”, escrito por su nieto, Eduardo Estébanez, relata todas las historias que recuerda de su abuelo y todas sus peripecias. Destaca que a pesar de las adversidades en lo que al tema personal y de salud de los que le rodeaban se refiere, tuvo una vida feliz y plena. Estébanez se acompaña en este libro de Manuel Valero, periodista y entendido en la materia.

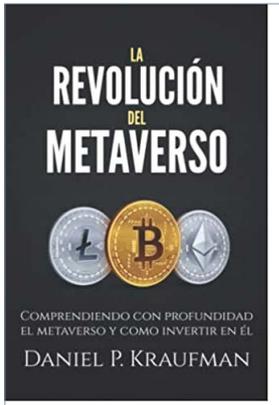
También existe una obra de teatro a nivel local titulada “Mónico Sánchez o cómo iluminar un sueño”, dirigida por Antonio Laguna y escrita por Carlos Silveira. En ella, y durante una hora, nos traslada a las décadas en las que Sánchez vivió y desarrolló su vida. Se trata de un espectáculo de estilo modernista, personal y minimalista, puesto en marcha por el grupo Tarambana Teatro de Piedrabuena. Se estrenó en julio de 2022, teniendo previstas más pases para meses posteriores.

Pero Mónico, al margen de ser el inventor de algo tan importante como los rayos X portátiles, también fue un empresario muy trabajador y un emprendedor incansable que, a pesar de conocer y codearse en América con genios de la talla de Tesla o Edison, decidió regresar a su país. Y lo hizo porque quería impulsar el desarrollo tecnológico en su tierra. Como gran amante de su pueblo, Piedrabuena, allí les llevó la electricidad y también empleó en el laboratorio a la mayoría de sus vecinos.

Sin duda, toda su trayectoria hizo posible que los médicos de las zonas más rurales de España pudieran acceder a un equipo de rayos X portátil, que de otra manera solo hubiera quedado reservado a las grandes ciudades.

**La revolución del Metaverso:
Comprendiendo con profundidad
el Metaverso y cómo invertir en él**

Daniel P. Kraufman
Piensa Diferente. 138 págs.
ISBN 979-8403829533



En nuestro día a día no paramos de escuchar hablar del Metaverso, ese mundo virtual que se abre como una nueva posibilidad de mercado. Se nos ha contado que el Metaverso lo cambiará todo, desde el modo en el que interactuamos, el modo en que consumimos productos, en el que compramos, hasta el modo en el que vivimos. Pero, ¿qué es esto del Metaverso?

En este libro Daniel P. Kraufman responde a esta pregunta con un simple ejemplo de una situación que podemos vivir en nuestro día a día, como puede ser estar sentado tomando un café por la mañana en el sofá de nuestra casa. Adentrarnos en el Metaverso sería tan fácil como usar unas gafas VR y trasladarse a un nuevo mundo en el que todo es posible. Poder ir a una tienda, probarse la vestimenta que se quiera para, después, recibirla en el mundo real, comprar una nueva casa virtualmente y poder disfrutarla al quitarnos las gafas. Estudiar, trabajar, consumir contenido, ver espectáculos. Un nuevo mundo con miles de posibilidades. Puede parecer increíble pero ya es posible disfrutar de la experiencia real de mezclar realidad física y realidad aumentada. Esto es el Metaverso y miles de empresas como Nike, Raulph Laurent o Disney, entre otras, ya están comenzando a enfocarse en este mundo virtual. A través de las 138 páginas de este libro, Kraufman explica todo acerca del Metaverso y sobre cómo puedes invertir en este nuevo mercado.

Ingeniería increíble: 35 proyectos alucinantes para hacer en casa

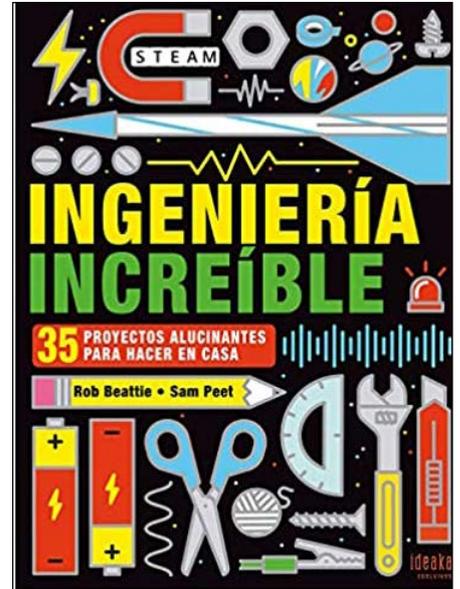
Rob Beattie
Editorial Luis Vives (Edelvives). 96 págs.
ISBN 978-8414025314

En ingeniería todo es cuestión de experimentar, probar cosas y solucionar problemas. Este libro pretende acercar la ingeniería a los niños gracias a la realización de experimentos con objetos que todos tienen al alcance de su mano y a los que, probablemente, no les hayan prestado ni dos minutos de su inocente atención.

Desde un robot que baila, pasando por un submarino hecho con una botella, hasta llegar a un bombox para el móvil, son algunos de los 35 proyectos que contiene este libro y a través de los cuales los más pequeños de la casa aprenderán sobre ingeniería estructural, mecánica y eléctrica.

Los niveles de dichos proyectos están marcados por colores (verde, naranja y rojo), como un semáforo.

Por ello, la participación de los padres se hace indispensable en aquellos experimentos marcados con el color rojo. Si estás pensando en acercar la ingeniería y sus usos a los más pequeños de la casa, "Ingeniería increíble: 35 proyectos alucinantes para hacer en casa" es el libro que necesitas.



Exposición “Mujeres Ingenieras de éxito”

La exposición “Mujeres Ingenieras de éxito” es un programa de la Unión de Asociaciones de Ingenieros Técnicos Industriales y Graduados en Ingeniería de la rama industrial de España (UAIITIE), que fomenta la igualdad de género dando visibilidad a mujeres ingenieras referentes en nuestra sociedad.

La muestra ha continuado su andadura con nuevas réplicas, canalizadas por las Asociaciones territoriales. La ciudad de Huesca acogió el pasado 5 de julio, en la sede de la delegación de Ingenieros Técnicos Industriales de Huesca en Aragón, el acto central de la vista de la exposición. La mujer clave y referente de la ingeniería oscense, Ana Fuertes Sanz, es Ingeniera Técnica Industrial, y directora de proyectos en África del Oeste en CC ONG Ayuda al Desarrollo, un perfil diferente que se incorporaba al destacado elenco de ingenieras de nuestra muestra.

Del 28 de septiembre al 4 de noviembre, la exposición visitó la provincia de Albacete. **Clarisa Doval** -Ingeniera Industrial, Economista, MBA y Máster en Inteligencia Artificial, y ejecutiva responsable del negocio de Soluciones Digitales para todo el mundo en Continental-, es la nueva mujer que se suma al patrimonio de la exposición, que alcanza ya los 24 paneles expositores de mujeres referentes “pioneras” y “contemporáneas”.

Otro hecho destacable de esta réplica, es el recorrido por 11 Institutos de Enseñanza Secundaria de Albacete capital y provincia, con el propósito de acercar la misma a centros educativos dando visibilidad a este proyecto.

Premio Nacional de Iniciación a la Investigación Tecnológica. Convocatoria 2023

La UAIITIE afianza su compromiso de estimular las vocaciones e interés de la sociedad en la ingeniería, impulsar el talento juvenil y potenciar las asignaturas escolares tecnológicas, emprendiendo una nueva andadura de la 8ª edición del Premio Nacional de Iniciación a la Investigación Tecnológica, encuadrada en la Convocatoria 2023. La Institución ha planteado un concurso más ambicioso ampliándolo a tres categorías, una para alumnos de Educación Secundaria Obligatoria, ESO (3º Y 4º), para alumnos de Bachillerato (1º y 2º) en las asignaturas de Tecnología Industrial, y otra para los Ciclos Formativos de Grado Superior (1º y 2º). Más información: www.premionacionaluaitie.com.



Foto de familia de la réplica en Huesca, de la exposición “Mujeres ingenieras de éxito”.



Conexión en directo desde EE.UU con Clarisa Doval, mujer ingeniera de Albacete.



Recorrido por los IES de Albacete y provincia. Imagen IES en Hellín.

gatoria, ESO (3º Y 4º), para alumnos de Bachillerato (1º y 2º) en las asignaturas de Tecnología Industrial, y otra para los Ciclos Formativos de Grado Superior (1º y 2º). Más información: www.premionacionaluaitie.com.

Nuevo Proyecto de UAIITIE

“Madrid propicia descubrir vocaciones tecnológicas en la Escuela” será una

nueva línea de trabajo para acercar la ingeniería a la educación primaria. La UAIITIE contará, para la implementación de este proyecto digital, con el respaldo del Ayuntamiento de Madrid, dentro de la convocatoria de ayudas 2022 para el fomento del asociacionismo. Por sexto año consecutivo, el consistorio madrileño apuesta por programas de nuestra Institución. Más información: www.uaitie.es



 *Campus Virtual: Oferta formativa - Selección de cursos*

Las 5S, Herramientas de Lean Manufacturing

Peritaciones e investigación y reconstrucción de accidentes de tráfico

Estudios acústicos para actividades

Normativa y su aplicación para la reforma y completado de vehículos

MS Project

Proyectos de iluminación interior y exterior con DIALUX

Autómatas programables PLC en aplicaciones de automatización industrial

Logística integral

Electromedicina: instalación y mantenimiento de equipos médicos-hospitalarios

Caneco Implantation

Aplicación práctica del nuevo Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas RD 552/2019

Curso Profesional

Gestión de la Producción

Proyectos de reforma y completado de vehículos

Esto es tan sólo una muestra del catálogo de cursos técnicos que encontrará en nuestra Plataforma online. Los cursos son constantemente renovados y adaptados a las necesidades actuales.

www.cogitiformacion.es



TODO LO QUE DESEAS PARA ESTAR Y SENTIRTE SEGURO LO TENEMOS EN MUPITI



▶ SEGURO DE ACCIDENTES



Si un accidente te produce el fallecimiento tus beneficiarios tendrán el dinero que hayas contratado, y si te causa alguna incapacidad podrás seguir adelante económicamente.

▶ SEGURO DE VIDA



Por si un accidente o una enfermedad te causa el fallecimiento o alguna incapacidad. En estos casos, podrás disponer tú o tus beneficiarios del dinero que hayas seleccionado. También puedes contratar el doble o el triple del capital principal.

▶ SEGURO DE PROTECCIÓN POR ACCIDENTE DE CIRCULACIÓN



Puede suceder en coche, moto o medio de transporte terrestre. Como conductor, pasajero o peatón. Si el accidente te causa alguna incapacidad que no te permite hacer ningún tipo de trabajo, podrás cobrar el dinero que hayas elegido. Y gratis: Defensa por multas de tráfico, asesor jurídico telefónico y entrega a domicilio de medicamentos 24h/365 días al año, allí donde estés.

▶ SEGUROS MULTIRRIESGO Y DIVERSOS



¿Necesitas seguro para tu coche, casa, dron, o teléfono? ¿De salud, decesos, incapacidad temporal, etc.? Pues tenemos acuerdos preferentes con las mejores compañías. ¡Pregúntanos!

▶ SEGUROS PARA TU JUBILACIÓN



Tenemos varias opciones para que ahorres a tu ritmo y te asegures cobrar una pensión cuando te jubiles. Con ventajas fiscales o con liquidez, tú eliges. Y con una rentabilidad garantizada, sin riesgos, pues es un seguro.

▶ PLAN DE PREVISIÓN ASEGURADO MUPITI (PPA)



Planifica tu futuro ahorrando a tu ritmo y asegúrate un dinero para cuando te jubiles. Incluye un seguro de vida en caso de fallecimiento. Con ventajas fiscales y una rentabilidad garantizada, sin riesgos, pues es un seguro. Y puedes movilizar el dinero de otros planes de pensiones al PPA y viceversa, sin ningún coste.

▶ INVIERTE EN EL SEGURO BAMBÚ



¿Tienes dinero para invertir, pero no quieres arriesgarte a perderlo? Este es tu producto. Es un seguro con liquidez y rentabilidad garantizada. Tu aportación o inversión la podrás retirar sin penalización a partir del primer año, pero también puedes mantenerla y retirarla cuando lo necesites. Tú eliges.

