

Técnica Industrial 335

Hidrógeno

LA ENERGÍA EÓLICA MARINA

Como oportunidad de lucha contra el cambio climático en España

FABRICACIÓN ADITIVA

Parámetros de relleno en la fabricación aditiva

ANÁLISIS TERMODINÁMICO

De la catapulta de vapor C-13-1 para lanzamiento de aeronaves desde un portaviones

REPORTAJE

Retos del hidrógeno renovable para ser una realidad

INNOVACIÓN

La futura base logística del Ejército de Tierra: a la vanguardia de las últimas tecnologías

ENTREVISTA

Rafael Carmona, presidente de la Autoridad Portuaria de Sevilla (APS)

¡COLÉGIATE!

Numerosas ventajas,
¡conócelas!



¡INFÓRMATE!

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

Ventajas de la Colegiación

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

EN PORTADA Hidrógeno



12 Retos del hidrógeno renovable para ser una realidad Muchos países tienen el firme propósito de reducir las emisiones de CO2 hasta alcanzar la neutralidad climática en 2050. Para ello se requiere un sistema eléctrico basado en fuentes de energía libres de emisiones, como la nuclear o las renovables, pero allí donde la electrificación no es posible se necesitan otras tecnologías, como el hidrógeno renovable, que en los últimos años está centrando la atención de políticos, investigadores e inversores. **Marita Morcillo.**

16 ENTREVISTA José Luis Cabo Subdirector general de Hidrocarburos y Nuevos Combustibles en el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico: "Somos el segundo país del mundo, solo por detrás de EEUU, que más proyectos de hidrógeno renovable concentra". **Marita Morcillo.**

19 ENTREVISTA Paqui Segura Directora de la Cátedra Gabel: "La investigación es fundamental para garantizar el avance, el desarrollo socioeconómico y las soluciones a los retos que la transición energética exige". **Mónica Ramírez.**

22 ENTREVISTA Rafael Carmona Presidente de la Autoridad Portuaria de Sevilla (APS): "Desde la Autoridad Portuaria de Sevilla, enfocamos nuestra estrategia hacia la promoción de energías verdes y sostenibles". **Mónica Ramírez.**

24 ENTREVISTA José María Piñar Consejero delegado de Elmya: "Debemos ser capaces de fabricar hidrógeno a un coste inferior al del resto de países europeos". **Mónica Ramírez.**

26 ENTREVISTA María Retuerto y Álvaro Tolosa Científicos investigadores del Instituto de Catálisis y Petroleoquímica, del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC): "La electrólisis es el proceso más eficiente de producción de hidrógeno a partir de energía eléctrica". **Mónica Ramírez.**

30 ENTREVISTA Jaume Sureda Ingeniero Técnico Industrial y socio director de la empresa de ingeniería española Técnicos Consultores y de la brasileña Solatio Energía: "Con el sector del hidrógeno tenemos un nicho para desarrollos de proyectos internacionales y de creación de tejido industrial". **Mónica Ramírez.**

Foto de portada: Shutterstock.

ACTUALIDAD

04 La futura Base Logística del Ejército de Tierra: a la vanguardia de las últimas tecnologías La futura Base Logística, que se construirá en Córdoba, es un proyecto innovador en el que el Ejército de Tierra lleva 10 años trabajando, para dotarse de un centro con los más altos estándares tecnológicos, que integrará once de los doce órganos logísticos actuales, y comprenderá las áreas de defensa, logística e inteligencia. **Mónica Ramírez.**

06 ENTREVISTA Manuel Mateo Teniente coronel CIPET EOF ARMT. Jefatura de Ingeniería del MALE. Sección de Ingeniería de Sistemas: "Se están reforzando los equipos multidisciplinares y se están dotando de la ingeniería necesaria para afrontar la revolución tecnológica" **Mónica Ramírez.**

10 ENTREVISTA Mariano Solano Director de la Escuela de Defensa Electrónica de Indra: "Los ingenieros tienen el reto continuo de conocer y adaptarse a todas las novedades y tendencias del mercado" **Mónica Ramírez.**

87 FERIAS Y CONGRESOS

ARTÍCULOS

32 ORIGINAL
La energía eólica marina como oportunidad de lucha contra el cambio climático en España
Offshore wind energy as an opportunity to fight against climate change in Spain
Fernando Blanco Silva

44 ORIGINAL
Filler parameters in additive manufacturing
Parámetros de relleno en la fabricación aditiva
Iván Prada Parra, Manuel Domínguez Somonte

54 ORIGINAL
Thermodynamic analysis of the C-13-1 steam catapult for aircraft launching from an aircraft carrier
Análisis termodinámico de la catapulta de vapor C-13-1 para lanzamiento de aeronaves desde un portaviones
José García Cascallana

INGENIERÍA Y HUMANIDADES

88 ENTREVISTA Teresa López Presidenta de FADEMUR (Federación de Asociaciones de Mujeres Rurales): "En Fademur abrimos oportunidades de formación, trabajo, comercialización y financiación de proyectos a las emprendedoras rurales" **Mónica Ramírez.**

92 INGENIEROS EN LA HISTORIA Juan de la Cierva, el ingeniero responsable del mayor avance de la aviación: el autogiro
Laura Álvaro

96 Publicaciones

PROFESIÓN

03 Editorial Nuestra profesión debe seguir evolucionando

José Antonio Galdón Ruiz

68 Aumentan un 27% los proyectos visados en el periodo 2020-2022 y algo más del 8% con respecto a los valores prepandemia, con especial pujanza del sector de las energías renovables

70 Las ofertas de trabajo vinculadas a la Ingeniería de la rama industrial aumentan un 60% en los dos últimos años

73 TRIBUNA Cuando la unión hace la fuerza, Burgos, Caput Castellae del hidrógeno. Julio Moreno.



74 El jurado calificador del II Premio a la Innovación Tecnológica Empresarial y Sostenibilidad de la Fundación Técnica Industrial elige a la empresa ganadora

74 El XXIV Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica se celebrará en octubre

75 El INGITE presenta una denuncia ante la Comisión Europea por un posible incumplimiento del Derecho Comunitario en Función Pública

75 El XI Encuentro Global de Ingeniería Hospitalaria contó con la participación del COGITI

76 COGITI y la Asociación de Ingenieros de Uruguay (AIU) firman un convenio de colaboración en materia de formación y empleo

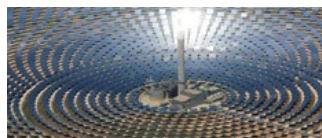
76 José Antonio Galdón, reelegido vicepresidente de Unión Profesional

78 La UAITIE entrega el Premio Nacional de Iniciación a la Investigación Tecnológica a los equipos ganadores de ESO y Bachillerato



80 ENTREVISTA Jorge Asiain Sastre Ingeniero Técnico Industrial y director de Gestión de Activos en MOMC Clúster Norte de National Water Company en Arabia Saudí: "Se trata de un trabajo eminentemente creativo, que combina ingeniería, finanzas y relaciones personales".
Mónica Ramírez.

82 TRIBUNA La termosolar, una oportunidad para la descarbonización del sector industrial
David Trebolle



83 TRIBUNA Defectos más habituales que se detectan en las inspecciones periódicas de las instalaciones térmicas de los edificios
Roberto Vara Sánchez

84 ENTREVISTA Ana Fuertes Sanz Ingeniera Técnica Industrial, y directora de proyectos de cooperación en África, para CC ONG Ayuda al Desarrollo: "La ingeniería y la innovación no se limitan al aspecto técnico, sino que hay que entenderlas en un contexto social".
Mónica Ramírez.



95 UAITIE



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

**Fundación Técnica Industrial
Comisión Ejecutiva**

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

Patronos

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

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

Nuestra profesión debe seguir evolucionando

No cabe duda alguna de que nuestra profesión sigue siendo protagonista en la evolución de la sociedad, y para ello solo hace falta observar los datos de empleo y proyectos visados, que demuestran no solo una vitalidad extraordinaria, sino que además nos convierte en agentes esenciales para la transición energética y digitalización de la economía.

Aumenta la demanda de nuestros profesionales y sube intensamente su retribución media ([enlace a la noticia](#) publicada en en la página web de COGITI), y además se aumentan los visados en relación al año 2019 en más de un 8%, siendo los proyectos visados en el ámbito energético en 2022 más de 70.000, y casi 25.000 proyectos de energías renovables, ocupando más de un 80% de la cuota de mercado en proyectos relacionados con la seguridad industrial ([enlace a la noticia](#) publicada en en la página web de COGITI).

Y esta realidad no es fruto de la casualidad o de la suerte, sino que es el resultado del trabajo bien hecho, de la profesionalidad y rigor con la que afrontamos nuestras responsabilidades diarias, que nos ha permitido ganarnos el respeto y la confianza de la sociedad. Pero no podemos ni debemos caer en la autocomplacencia y debemos seguir teniendo nuestra mirada puesta en los retos que la sociedad nos propone, y para ello, y para seguir evolucionando y propiciando la evolución, tendremos además que interiorizar los cambios y nuevos modelos que se están imponiendo en el ámbito profesional.

Podemos ponernos de perfil, esperar a que sean otros los que nos impongan o, por el contrario, podemos ser proactivos e implantar nuestras propias soluciones, que tendrán como base la justicia y la objetividad, pero, sobre todo, que mantengan intacta la esencia de nuestra profesión, y me refiero a la seguridad, calidad, garantía e innovación que nos define y que tanto valora la sociedad.

No hablamos de nada improvisado, y desde el seno de nuestro Consejo General venimos estudiando sobre esta cuestión muchos años, hasta que ya en el 2021 aprobamos un documento de reflexiones y hoja de ruta, que a fecha de hoy se está madurando para presentar una propuesta innovadora que, sin duda alguna, marcará un nuevo modelo adaptado a la realidad social del siglo XXI, que reforzará el papel de los Colegios Profesionales y, sobre todo, que aportará soluciones a decenas de miles de titulados/as en Ingeniería, que han quedado atrapados por la incoherencia entre los mundos académicos y profesionales que estamos viviendo en nuestro país.

Nuestro papel siempre ha sido el de aportar soluciones, mejorar y crear, y eso es lo que hacemos de forma individual en el día a día, pero también debemos aplicárnoslo como conjunto, y de esta forma servir de elemento dinamizador, propiciar la evolu-



Foto: Shutterstock.

ción de la profesión en sintonía con el Espacio Europeo de Educación Superior y, sobre todo, poner en valor las competencias individuales adquiridas a través de la formación continua y la experiencia profesional.

No en vano, estamos en el Año Europeo de las Competencias, que se ha concebido como un impulso para la formación continua y el reciclaje de profesionales, con el objetivo de adaptarnos a los nuevos entornos, lo cual debe ser a su vez una herramienta clave para el acceso a determinadas actividades profesionales, y para seguir fortaleciendo nuestro modelo de Acreditación Profesional DPC Ingenieros, que en breve presentará su versión 2.0.

Por tanto, hemos de aprovechar el entorno, proyectar una visión de futuro e integradora y desligarnos de ciertos cánones preestablecidos, lo cual no será nada fácil, pero que no cabe duda será en beneficio y mejora de la profesión en su conjunto, afianzando nuestra posición y ampliando nuestro espectro, porque de no hacerlo, corremos un grave peligro de quedar desdibujados en un modelo que no encaja con la realidad actual.

Afrontamos, por tanto, un reto muy importante, que va a requerir de nuestra mejor versión, de mucha responsabilidad y debate constructivo, que nos permita alcanzar un consenso sólido, interno y externo, y llevar a buen puerto la evolución que necesita nuestra profesión y que demanda la sociedad.

“El mayor riesgo es no tomar ningún riesgo. En un mundo que cambia realmente rápido, la única estrategia que tiene garantizado fracasar es no tomar riesgos.” (Mark Zuckerberg).

José Antonio Galdón Ruiz

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

La futura Base Logística del Ejército de Tierra: a la vanguardia de las últimas tecnologías

La futura Base Logística, que se construirá en Córdoba, es un proyecto innovador en el que el Ejército de Tierra lleva 10 años trabajando, para dotarse de un centro con los más altos estándares tecnológicos, que integrará once de los doce órganos logísticos actuales, y comprenderá las áreas de defensa, logística e inteligencia



Realidad aumentada, vehículo Pizarro (Foto: Parque y Centro de Mantenimiento de Sistemas Acorazados nº 1. PCMASA)

Mónica Ramírez

La construcción de la Base Logística del Ejército de Tierra, en Córdoba, que se espera que esté concluida en 2027, supondrá un impulso económico y social para la zona, y contribuirá a la creación de más de 1.600 puestos de trabajo, en su mayoría personal civil. El nuevo complejo ocupará entre 800.000 y 900.000 metros cuadrados, lo que equivale a entre 57 y 64 campos de fútbol.

La superficie construida de toda la edificación será de 250.000 metros cuadrados aproximadamente, repartidos en 26 edificios, dos campos para materiales y una pista de pruebas para vehículos. Las dos grandes actuaciones en materia de infraestructura, además de la propia urbanización de la futura base, serán el Centro de Abastecimiento del Ejército de Tierra (Cabest), de unos 50.000 metros cuadrados construidos, y el Centro de Mantenimiento de Sistemas de Armas Terrestres del Ejército de Tierra (Cemsatet),

con unos 95.000 metros cuadrados construidos.

Proyecto altamente tecnológico

El Proyecto Tecnológico de la Base Logística del Ejército de Tierra, que ha sido calificado de "muy complejo", contempla los avances tecnológicos más innovadores para la futura base de Córdoba, que integrará once de los doce órganos logísticos actuales, y comprenderá las áreas de defensa, logística e inteligencia. En definitiva, una base pionera, más abierta, en lo que se ha denominado "triángulo virtuoso", compuesto por la participación de la industria, la universidad y la defensa. Este proyecto supone, además, el soporte tecnológico necesario para asegurar la transformación del Ejército hacia la futura Fuerza 35.

El coste de este proyecto está valorado en 351 millones de euros, de forma global, referido tanto a la infraestructura propiamente dicha, como al equipamiento tecnológico, que

supondrá una proporción importante, dado su carácter innovador. La previsión es que se lleve a cabo en un periodo de cinco años, de forma que se puedan ir construyendo las diferentes instalaciones de forma progresiva. Este proceso debe ir sincronizado con el traspaso de responsabilidades de los actuales centros logísticos a esta nueva base y, sobre todo, en lo que respecta al personal, especialmente civil, que se destinará a este nuevo emplazamiento.

La financiación para este proyecto será aportada por el Ministerio de Defensa principalmente, en colaboración con la Junta de Andalucía y del Ayuntamiento de Córdoba. Al cambiar del modelo actual, de once centros logísticos a uno solo centralizado, se estima que se producirá un considerable ahorro por eficiencia logística, estimado en más de diez millones de euros anuales. Además, se prevé una considerable tasa de reversión, por la venta de las parcelas que ocupan algunos de

los actuales centros, y que desaparecerán en el futuro.

Este proyecto singular, de marcado carácter innovador, recoge la implantación de las tecnologías de la denominada Industria 4.0, que lo convertirán en una “base inteligente”, debido al alto nivel de automatismo, robotización y especialmente de las comunicaciones y de los sistemas de información, con los que contará. Además, se prevé que sea también un “proyecto tractor”, ya que impulsará múltiples campos de la logística y la defensa, lo que, al mismo tiempo, supondrá una oportunidad para las empresas españolas, pues los proyectos de desarrollo e innovación que se van a experimentar en la nueva Base Logística, les podrán abrir las puertas a otros mercados internacionales.

Con el objetivo de mantener unas fuerzas terrestres preparadas y eficaces, el Ejército de Tierra ha iniciado un proceso de transformación, denominado Fuerza 35, que estará capacitado para constituir organizaciones operativas flexibles y cohesionadas, dotadas de medios tecnológicamente avanzados y formadas por personal altamente preparado, en un escenario futuro más interoperable e hiperconectado.

De este modo, las herramientas para la logística del futuro se basarán en diversas áreas, como los sistemas de información, la robótica colaborativa y los sistemas autónomos, las redes y comunicaciones, la fabricación aditiva, la realidad aumentada/realidad virtual, el seguimiento de activos (RFID, GPS, IOT), el Big Data, y la Inteligencia Artificial.

El equipo humano

Uno de los pilares fundamentales del Proyecto Tecnológico de la Base Logística del Ejército de Tierra es el equipo humano. Por ello, es necesario abordar las necesidades de recursos humanos que resultarán imprescindibles a la hora de poner en marcha un proyecto de esta magnitud, con el fin de disponer de los profesionales fundamentales, de forma coordinada, junto con la infraestructura y el equipamiento requerido.

En líneas generales, con la automatización y la robotización se reducirán los puestos de menor exigencia de cualificación, pero con la intención de transformarlos en “puestos digitales”. En este sentido, el gran reto del futuro para el Ejército de Tierra será el de llevar a cabo la formación del equipo humano en todos los niveles.

En este contexto, se estima que un 30% de los puestos de trabajo corresponderá a personal altamente cualificado, también en lo digital, y con gran experiencia en las diversas áreas; de tal manera que ejercerán el liderazgo y la dirección, y orientarán su actuación de manera especial a la mejora continua de los procesos y procedimientos, y de la propia organización. Por ejemplo, se precisará tener más analistas e interpretadores de datos, y de perfiles más especializados a lo largo de la carrera. También se precisará un 35% de profesionales altamente cualificados en su puesto, y que desarrollen cometidos que no estén resueltos por la tecnología. Por su parte, un 20% estará ocupado por puestos técnicos (explotación de las tecnologías), es

decir, por especialistas. El resto de puestos de trabajo, tendrán un nivel de operador y estarán ligados a la ejecución (equivalente a los oficios, que se desarrollan mediante el perfeccionamiento de destrezas).

En lo referente a la logística 4.0 que sustente al Ejército de Tierra, será necesario armonizar la proporción entre personal “con perfil logístico” y “sin perfil logístico” y, sobre todo, mejorar su preparación, para aportar una mayor eficiencia y un valor añadido a las unidades.

El cuanto al “recurso humano civil” destinado en las unidades logísticas del Ejército de Tierra, éste ha sido históricamente muy determinante, por su aportación de mano de obra especializada y muy experimentada. El proyecto de la nueva base fundamenta principalmente su producción logística en el personal civil, tanto funcionario como laboral. Por ello, la captación, tanto de personal militar como civil, va a ser un aspecto a tener muy en cuenta por el Ejército, que ya ha anunciado su intención de potenciar las medidas que favorezcan este objetivo.

En definitiva, el Proyecto Tecnológico de la Base Logística del Ejército de Tierra representa una gran oportunidad para la industria española, como elemento integrador de las últimas tecnologías. Asimismo, supondrá un impulso a una nueva etapa 5.0 de tecnologías logísticas y de sostenimiento, que se implementarán a lo largo del tiempo, y que, en muchos casos, podrán ser aplicadas en otros ámbitos industriales de carácter civil.



Sistema autónomo de transporte (Foto: PCMASA N° 1).

Manuel Mateo Girona

Teniente coronel CIPET EOF ARMT. Jefatura de Ingeniería del MALE. Sección de Ingeniería de Sistemas

“Se están reforzando los equipos multidisciplinares y se están dotando de la ingeniería necesaria para afrontar la revolución tecnológica”

M.R.

La BLET supone un gran reto para la ingeniería del Ejército, ya que tendrá un gran componente tecnológico. En líneas generales, ¿cuáles serán las principales herramientas y tecnologías que se emplearán para la logística del futuro?

La ingeniería civil se encuentra totalmente involucrada en la revolución tecnológica en la que está inmersa la industria 4.0, por lo tanto, la ingeniería del Ejército tendrá que participar de forma activa en la revolución tecnológica que va a suponer la BLET. Para ello, es necesario un cambio tanto en la organización como en la forma de trabajar. En la parte de organización está pendiente la creación de una Dirección de Ingeniería. Por otro lado, en la parte de trabajo, la adaptación al trabajo por procesos es fundamental de forma que, manteniendo la eficacia en las tareas que se desarrollen, se alcance una eficiencia adecuada. Respecto de las herramientas, la ingeniería del Ejército ha diseñado el Sistema de Logística Predictiva del Ejército de Tierra (SILPRE), consistente en un sistema que, aprovechando los datos generados por la sensorización de los sistemas de armas, pueda llegar a tomar conciencia del estado de los mismos, y predecir las actividades logísticas que se han de realizar para mantener las capacidades de los sistemas sensorizados. En este aspecto, la BLET se comportará como un sistema del que se tendrá conocimiento de su estado, a través de la sensorización de instalaciones y procesos, de forma que se optimizarán en todo momento sus operaciones.

¿Y más concretamente en lo que respecta a los proyectos I+D?

En lo que concierne al I+D, la responsabilidad del mismo recae sobre la Dirección General de Armamento y Material; sin embargo, el Ejército es el que indica qué capacidades necesita y, además, participa de forma activa en el proceso de I+D mediante Direcciones Técnicas, Asesoramiento Técnico, o Asesoramiento Operativo. Así, estamos claramente ante un proceso transversal, en el que diferentes organismos del Ministerio de Defensa tienen que coordinar sus actividades/esfuerzos. Para adaptarse a esta demanda, en el seno del Ejército se ha creado



Manuel Mateo Girona

un proceso de segundo nivel, que es el proceso de crecimiento tecnológico, que ordena todas estas actividades. Una vez se automatizan las actividades del proceso, esta será una forma ágil y rápida de dotar de las capacidades demandadas en nuevas tecnologías.

Entrando de lleno en el proceso de crecimiento tecnológico, este proceso consta de cuatro procesos subordinados. Un primer proceso conducente a explorar qué tecnologías se están desarrollando y cómo éstas pueden dotar a los sistemas de nuevas capacidades o mejorar las actuales. Para ello, se colabora con el Servicio de Prospectiva y Vigilancia Tecnológica (SOPT) del Ministerio de Defensa en 5 de sus observatorios tecnológicos, proponiendo el seguimiento de tecnologías que puedan ser útiles para el Ejército. Los otros tres procesos son directamente de obtención o mejora de capacidades, desde la investigación y desarrollo en la que se participa de la forma antes mencionada, pasando por el proceso de innovación, en el que utilizando tecnología sobre sistemas ya en servicio, se mejoran sus capacidades, y terminando en la experimentación, que consiste en la prueba de materiales, tal y como se encuentran en el mercado, para determinar si con una mínima adaptación podría satisfacer las necesidades planteadas.

Para poner en marcha este “Ejército digitalizado”, ¿será necesario incorporar a los equipos de trabajo nuevos perfiles profesionales?

Sin duda, los planes de estudio de formación de los oficiales del Cuerpo de Ingenieros Politécnicos del Ejército de Tierra, se han adaptado según la ANECA, y son en la actualidad un máster nivel 3 (MECES). Sus planes de estudio, al estar homologados, se encuentran en un proceso de mejora continua que impone el organismo antes citado. También se están impulsando los doctorados y otras actividades de formación.

En la actualidad, hay líneas concretas de colaboración con la Universidad de Córdoba para potenciar el conocimiento en las diferentes técnicas de Inteligencia Artificial. Hay que tener en cuenta que esta tecnología emergente es una tecnología dual que está impregnado en muchos sistemas, y también se está incorporando al equipamiento de las Fuerzas Armadas, por lo tanto, estamos hablando de una realidad que se necesita incorporar de forma sistemática como conocimiento transversal en la ingeniería del Ejército.

Pero tal como indicas en la pregunta, la formación de equipos de trabajo va a ser necesaria, por lo que habrá que incorporar profesionales con un perfil de formación más básico pero que, liderados por la ingeniería del Ejército, puedan hacer una realidad la puesta en marcha de ese “Ejército Digitalizado”.

En el ámbito de las telecomunicaciones y mando y control, los organismos que tienen la responsabilidad de estos aspectos también están reforzando estos equipos multidisciplinares y se están dotando de la ingeniería necesaria para afrontar la revolución tecnológica.

El diseño de nuevos procesos para la Base Logística hará que sea fundamental complementar la formación con cursos específicos que capaciten a los mandos y operarios en la operativa diseñada para el centro, ¿cómo está previsto llevar a cabo esta formación?

El reto real al que se enfrenta la BLET no

es sólo el de poner en marcha los nuevos procesos automatizados, el principal reto reside poder captar y digitalizar el conocimiento actual, de forma que sea susceptible de su transferencia y adaptación a la nueva base, y todo ello sin que las operaciones actuales pierdan su nivel de apoyo. Esta transferencia es un proceso complejo, en el que las diferentes variables del mismo interactúan entre sí y las soluciones son variadas. Esto lleva indefectiblemente a que habrá que optar por las soluciones que optimicen la ejecución, pero que, sobre todo, no hagan perder la eficacia en el sostenimiento de las operaciones actuales o en las que puedan surgir.

He realizado esta introducción porque la formación mediante cursos específicos de capacitación adquiere conceptualmente una dimensión diferente por las variables que se han comentado de captación de conocimiento, digitalización del conocimiento, transferencia del conocimiento y aplicación del conocimiento en la BLET.

Para realizar esta transferencia de conocimiento, en primer lugar, se necesita digitalizar el conocimiento. Para ello, por un lado, desde el 2013 se están sentando las bases y con el desarrollo del módulo de ingeniería dentro del SIGLE, que permitirá gestionar la configuración de los sistemas de armas, cargar y actualizar los modos de fallo de los sistemas, y permitirá generar las tareas de mantenimiento. Estas tareas se documentan en el Sistema Operativo de Publicaciones Técnicas del Ejército (SOPTE, desarrollado entre el 2017 y el 2022), que, entre otros, sustenta los manuales técnicos interactivos. Así, los manuales tradicionales en papel o en formato electrónico portable (conocidos como documentos pdf), se transforman en módulos de datos y, a partir de unas reglas, se generan los manuales bajo demanda.

Una vez digitalizado mediante estas herramientas, el conocimiento se ha de mejorar y exportar, para lo que se ha diseñado y desarrollado, mediante un programa de I+D financiado en el año 2021 por la DGAM, una aplicación basada en tecnología de realidad aumentada y realidad mixta. Esta aplicación permite lo que se ha denominado como "realidad mixta", ya que, además de poder generar y operar con contenidos de realidad aumentada y realidad virtual a partir de las publicaciones del SOPTE, permite interactuar con el proceso que se haya generado, de for-

ma que, por ejemplo usando comandos de voz, permite rellenar cuestionarios o realizar informes sobre actividades que se hayan generado y alimentar con datos de forma automática las aplicaciones con las que se les dé conectividad.

Este fuerte componente tecnológico, ¿contará con iniciativas que preconizarán el concepto de industria 4.0?

Como se puede ver en la respuesta a la pregunta anterior, conceptos de la industria 4.0 se estaban desarrollando e implantando en el Ejército antes de la irrupción de la digitalización durante el 2022. Hay que decir que el ritmo de implantación era lento, ya que los recursos que se aplicaban se optimizaban al máximo. No obstante, la puesta en marcha del proyecto BLET ha supuesto incorporar un catalizador al espíritu innovador que siempre tiene la ingeniería del Ejército.

Además, ¿piensa que resultará vital la cooperación con universidades, centros tecnológicos y empresas del sector?

Conceptos como la cadena de suministro o integración de proveedores, hace unos años se veían bastante alejados de las administraciones públicas. Sin embargo, la irrupción de la cultura de la gobernanza como sistema de gestión que busca la eficiencia en la optimización de recursos, ha proporcionado a las administraciones públicas herramientas como los convenios de colaboración, en los que se comparten recursos y se obtienen beneficios mutuos.

Esta buena gobernanza y optimización de los recursos y su aprovechamiento en beneficio de la sociedad es una demanda social a la que las administraciones públicas estamos obligados, por ello, sí se considera que va a ser una forma que va a calar en los procesos de actuación del Ejército y, como no puede ser de otra forma, en la ingeniería del Ejército.

En su opinión, la puesta en marcha de la futura BLET, ¿supondrá una buena oportunidad para las empresas españolas por los proyectos de desarrollo e innovación que se van a implantar?

Desde la experiencia en el trabajo de la ingeniería del Ejército con la industria, se puede afirmar que se va a demandar a la industria unos requisitos para satisfacer unas necesidades de la BLET, y la industria española va a tener la oportunidad de demostrar que se encuentra a la vanguardia para dar respuesta a esos requisitos. Existen numerosos casos de éxito en este tipo de proyectos.

De forma paralela al desarrollo del proyecto tecnológico de la BLET, está previsto desarrollar un plan para evolucionar desde el modelo actual, que consta de 12 órganos logísticos centrales (OLC), ¿cómo se llevará a cabo este plan de transición?

Tal como he comentado, el verdadero reto de la BLET y de todo el Ejército es la transición a un modelo de apoyo logístico digital, sin que las operaciones actuales y las que surjan lo noten. Con este objetivo se ha creado un Grupo de Transición, en el que participa todo el Ejército, y se ha trazado un Plan de Transición. En este Plan se involucra a todo el Ejército de forma activa, se contemplan los recursos necesarios y se articulan mecanismos de apoyo en la industria española.

¿Qué significará en términos de sostenimiento y sostenibilidad el hecho de que la nueva base logística concentre la actividad de alta especialización en un único emplazamiento?

Todos conocemos la forma en que los hub logísticos de la industria civil contribuyen a la optimización de la cadena de suministro, mediante técnicas como la integración de proveedores, reducción de stock, compartir servicios, etc. Sin duda, una estructura similar en el entorno de una logística militar va a llevar a mejorar procesos y a obtener sinergias. Sin embargo, hay que poner los pies en el suelo y no pensar que los criterios que se aplican en la logística civil, como por ejemplo reducción de stocks, son aplicables a la logística militar, ya que muchos aspectos de la logística militar se caracterizan por lo que en el ámbito civil se denomina como "logística dedicada", es decir, logística en la que es difícil encontrar sinergias.

¿Y desde el punto de vista geoestratégico?

La estandarización en el entorno OTAN es una realidad que se ha implantado desde su creación. La BLET podrá ser utilizada para mantener los sistemas de armas que cumplan los estándares implantados en el entorno OTAN. Si sumamos a la ecuación la base naval de Rota y la base aérea de Morón, se configura un nodo geoestratégico muy destacable y con un gran potencial, máxime cuando tanto la Armada está diseñando un Arsenal Inteligente (AI) y el Ejército del Aire una Base Aérea Conectada Inteligente (BACSI). Esto se cumplirá, ya que los sistemas de información del AI y de la BACSI se diseñarán para que se puedan integrar en sus procesos sistemas de armas de otros Ejércitos que tengan una digitalización estandarizada del sostenimiento.

El crecimiento tecnológico en el Ejército de Tierra: la investigación, desarrollo e innovación en la Base Logística del ET

Para hablar de crecimiento tecnológico y de investigación, desarrollo e innovación es necesario conocer previamente cuál es el marco de actuación que contempla el Ministerio de Defensa (MINISDEF) en estos aspectos, teniendo en consideración la necesidad de incorporar las nuevas tecnologías emergentes y disruptivas (EDT) a las Fuerzas Armadas (FAS), para poder hacer frente a los retos futuros

Manuel Mateo Girona y Ángel Francisco Barca Latorre

El MINISDEF, estos conceptos, los enmarca bajo el paraguas de la Estrategia de Tecnología e Innovación para la Defensa (ETID-2020), que tiene como referencia la Estrategia Española de Ciencia, Tecnología e innovación (EECTI 2021-2027). En esta estrategia se contemplan también las iniciativas internacionales de los países aliados, teniendo el foco puesto en las dos principales agencias: a nivel europeo, la Agencia Europea de Defensa (EDA), y a nivel OTAN, la Organización de Ciencia y Tecnología de la OTAN (STO).

Para llevar a cabo la ETID-2020, la Dirección General de Armamento y Material (DGAM) cuenta con la Subdirección General de Planificación, Tecnología e Innovación (SDGPLATIN), que materializa las iniciativas en estos ámbitos. En la estrategia se realiza un análisis de la situación actual y se marcan las tendencias y las directrices a seguir, fijando las líneas de I+D+i de interés para la defensa y fijando los objetivos tecnológicos.

Con la estrategia definida por el MINISDEF, el Ejército de Tierra (ET), dentro del marco del "Ejército 2035", arbitra un proceso de Crecimiento Tecnológico (CRETEC) transversal en la propia estructura del ET y en la de SDGPLATIN, como elemento clave para la consecución de las capacidades militares de este Ejército 2035.

Como se acaba de mencionar, este proceso de crecimiento tecnológico, de segundo nivel, encuadrado dentro del proceso de primer nivel de Sostenimiento de los Materiales (responsabilidad del Mando de Apoyo Logístico del ET -MALE-, ver fig. 1), tiene como objetivo contribuir a la consecución de las capacidades militares del ET adecuadas para sus futuras misiones, y que le proporcionen una ventaja operativa clara en el horizonte 2035. Para ello, habrá que dotar a la Fuerza de los equipos y sistemas de armas más avanzados tecnológicamente

Una vez se va al detalle del proceso, como se muestra en la figura 2, se observa que a partir de, primero, el Análisis del Sostenimiento, proceso de segundo nivel que contribuye a que el Ejército pueda disponer de los materiales, suministros y servicios necesarios para cumplir las

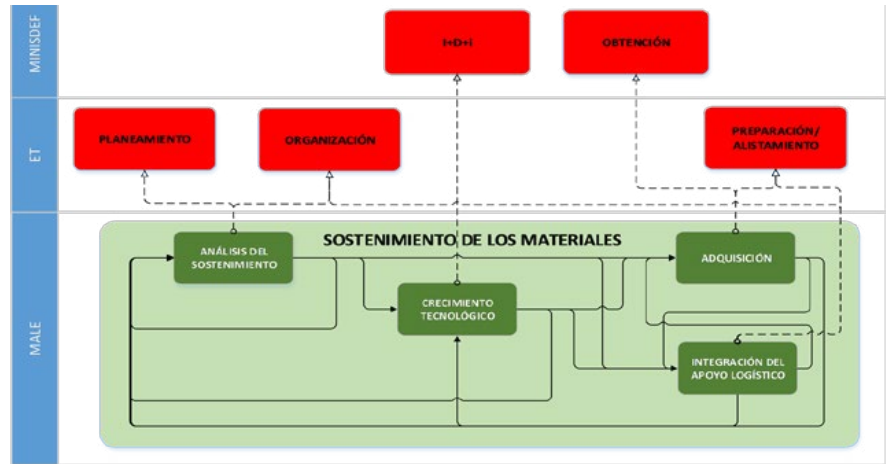


Figura 1. Mapa de Procesos del Mando de Apoyo Logístico del Ejército (MALE)

misiones ordenadas por el Jefe de Estado Mayor (JEME); segundo, mediante la participación en el Sistema de Prospectiva Tecnológica (SOPT) de PLATIN; y, tercero, teniendo en cuenta los estudios y experimentación de la Fuerza 2035, se inicia un proceso de tercer nivel de Vigilancia y Prospectiva Tecnológica (VyPT). La salida de este proceso encamina la obtención de la capacidad necesaria mediante la adquisición de los equipos y sistemas de armas por tres posibles vías, ejecutadas por los procesos, también de tercer nivel, siguientes:

- Proceso de Investigación y Desarrollo Tecnológico (I+DT), a través de programas de I+D.
- Proceso de Innovación, a través de programas de Innovación.
- Proceso de Experimentación, Ensayos y Pruebas (EE&P), a través de programas de experimentación.

Nótese que estos tres últimos procesos no son excluyentes.

Indudablemente, el proceso de Crecimiento Tecnológico está concebido para constituirse en la piedra angular, en el elemento clave que aglutina, alinea y sistematiza la estrategia de I+D fijada por la ETID, y las nuevas capacidades disponibles por la irrupción de las EDT con los grandes proyectos del Ejército 2035.

Considerando el nuevo entorno, y con la necesidad de ser ágiles en la incorporación de capacidades, se torna imprescindible potenciar las relaciones con la industria y el mundo de la

universidad, y siempre en el ámbito internacional.

Una vez establecido el marco, los condicionantes y las líneas de actuación, el ET y el MALE han implementado el proceso de crecimiento Tecnológico como elemento clave para la consecución de las mencionadas capacidades militares.

Este proceso de Crecimiento Tecnológico tiene sus máximos exponentes en el ámbito de la logística en el Sistema de Logística Predictiva del ET (SILPRE), en la Oficina Técnica de Apoyo al Ciclo de Vida del Vehículo de Combate sobre ruedas 8x8 "DRAGÓN" (OTACV 8x8), y en el Proyecto Tecnológico de la Base Logística (PTBLET). Se pasa a describir brevemente cada uno de estos proyectos:

En cuanto al SILPRE, el MALE ha diseñado y definido mediante una especificación técnica el sistema de logística predictiva con el que se pretende, mediante la sensorización y automatización de la información de los equipos y sistemas de armas, ser capaces de, analizando los datos recopilados con el uso de algoritmia de inteligencia artificial, obtener de forma predictiva la disponibilidad de los sistemas y evitar con una prognosis coordinada la indisponibilidad de los mismos.

Acerca de la OTACV 8x8, su creación supone un reto con el que se pretende mantener, junto con el tecnólogo, el conocimiento adquirido durante el diseño del vehículo 8x8 "DRAGÓN".

Para ello, se propone la integración del tecnología en el sistema de sostenimiento del Ejército, de forma que se obtenga un aumento de la eficiencia del sistema, así como una actualización y mejora de las capacidades en tiempo real, a través de un control de la configuración y de los aspectos de fiabilidad y mantenibilidad.

En referencia al PBLET, también en este entorno, la Base Logística del ET (BLET) se materializa como un proyecto tecnológico con capacidad tractora debido a su envergadura, además del cambio de paradigma que supondrá terminar con la deslocalización del mantenimiento de cuarto escalón, para pasar a una única localización en el ámbito de las plataformas terrestres. Con esto se buscan sinergias y un aumento de eficiencia que permita aumentar la disponibilidad de los sistemas mediante la racionalización del sostenimiento.

El PBLET consiste en un gran proyecto para concentrar los actuales órganos logísticos centrales en dos instalaciones: en una Base Logística para Sistemas Terrestres en Córdoba, y en un Centro de Sistemas Aeromóviles en Colmenar Viejo (Madrid). En la BLET se encontrarían el Centro de Abastecimiento (CABET), el Centro de Mantenimiento de Sistemas Terrestres (CEMSATET), el Centro de Mantenimiento Software (CEMSET) y Centro de Ensayos, Calibración y Análisis (CECAET).

El Proyecto se ha diseñado bajo cuatro componentes principales: el componente humano, el componente de infraestructura, el componente tecnológico y el componente de los sistemas de información. Este diseño se ha concretado en la Directiva de Programa de la Base Logística (julio de 2021), que regula la ejecución global del proyecto; el documento "Necesidades e implicaciones relativas al recurso humano para la base logística del ejército de tierra (BLET)" (noviembre de 2022), que es la herramienta que coordina el componente humano; el documento de necesidad funcional (DNF) "componente tecnológico de la base logística del ET" (junio de 2021), y el documento "Arquitectura Objeti-

vo Base Logística del Ejército de Tierra" (junio 2021), que define los sistemas de información.

Centrándonos en el componente tecnológico, es en el que se presenta y describen todas las capacidades tecnológicas que será necesario adquirir e implantar en la BLET, de modo que el sostenimiento de ET se vaya adaptando a las últimas tecnologías disponibles en el mercado; de manera que se esté en disposición de procurar un apoyo a la fuerza acorde al tipo de misiones y al concepto logístico que se prevé para el futuro.

Para que la BLET pueda desarrollar todo su potencial, se plantean seis campos en los que se agrupan las necesidades que han de mejorar en la logística del Ejército. Estos campos son:

1. Modernización y mejora en la eficiencia del Subsistema de Mantenimiento.
2. Modernización y mejora en la eficiencia del Subsistema de Abastecimiento.
3. Modernización y mejora en la eficiencia de la Gestión Integral de la Base.
4. Modernización y mejora de las capacidades de Gestión de Software.
5. Modernización y mejora de los Sistemas de Análisis para el Apoyo Logístico de los Materiales.
6. Modernización y mejora en el Tratamiento y Análisis de Datos.

Con todas las necesidades detectadas, se realiza un análisis del impacto y se proponen hasta veintiséis soluciones finales (proyectos de I+D) con sus requisitos.

Tras analizar hacia dónde la ETID promueve el I+D y encajar las soluciones y proyectos tecnológicos del DNF con la misma, se han definido una serie de iniciativas de I+D, que serían prioritarias para la Base Logística. Éstas son:

1. Desarrollo de un sistema de información para la transformación digital del sostenimiento en la base logística mediante el empleo de inteligencia artificial e intercambio seguro de información (blockchain).
2. Desarrollo de una red inteligente basada en UGV's para la gestión óptima de la actividad

logística y de la operación de las instalaciones.

3. Investigación para la construcción de infraestructuras inmóviles, ecoeficientes y autosostenibles para el ET, con capacidad de decisión autónoma.

4. Smart base: desarrollo de un sistema integral para el control inteligente de la actividad en bases logísticas.

5. Investigación y desarrollo de un sistema robótico capaz de ejecutar autónomamente procesos de recogida de artículos.

6. Análisis de las posibilidades de las tecnologías inalámbricas para la automatización de los procesos de trazabilidad y seguimiento de activos (asset tracking), y desarrollo de pilotos para su futura incorporación en la actividad de la base.

Estas iniciativas se concretan en proyectos de I+D. Para estos proyectos, que se piden con un año de antelación, se requiere una memoria descriptiva de la solución, para a continuación incorporar los proyectos a la planificación anual. La realización de esta memoria, en la que participan los tres ejércitos, la dirige la SDGPLATIN. En esta memoria se intenta armonizar requisitos, de tal forma que la tecnología sea de uso común en todas las FAS.

Una vez conseguida la financiación, se pone en marcha una Oficina de Programa, que ejecuta el proyecto. La SDGPLATIN actúa como responsable del contrato, mientras que la Dirección Técnica recae sobre un técnico facultativo del Ejército. Este técnico es quien redacta el Pliego de Prescripciones Técnicas, así como cualquier documento técnico necesario para la tramitación del expediente. Una vez que el expediente se inicia, entra en fase de licitación, y al acabar la misma se firma un contrato con uno de los licitantes, que es el encargado de ejecutar el expediente.

Durante la ejecución del contrato, el director técnico es el encargado de certificar los trabajos que realiza el contratista, de forma que se asegura que el expediente de I+D cumple con las expectativas recogidas en la memoria.

Los programas de I+D buscan investigar y desarrollar tecnología habilitante para la BLET, por tanto, no son finalistas, sino que buscan definir soluciones de aplicación, que posteriormente se puedan fabricar y adquirir. Así, estos proyectos, en ocasiones, obtienen como resultado que la tecnología no está lo suficientemente desarrollada como para ser aplicada, suponiendo esto un ahorro notable en los programas de adquisición, ya que se tiene la seguridad de una solución final determinada y válida.

Manuel Mateo Girona es teniente coronel CIP EOF ARMT. Jefatura de Ingeniería del MALE. Sección de Ingeniería de Sistemas.

Ángel Francisco Barca Latorre es coronel CIP EOF ARMT.

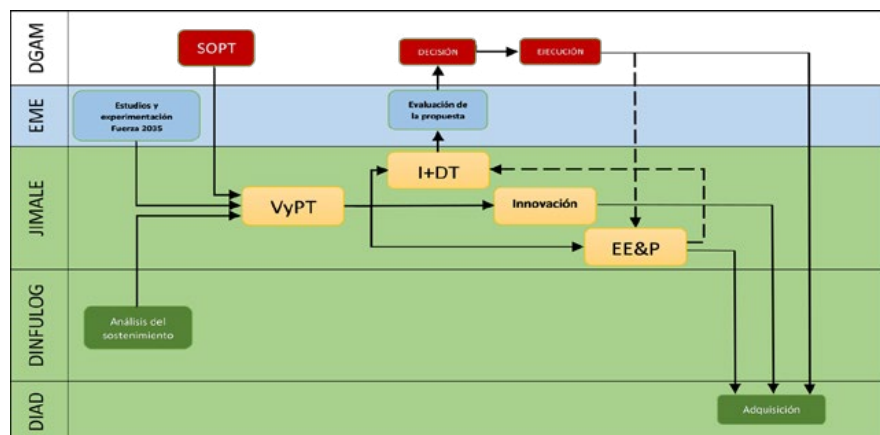


Figura 2. Proceso de Crecimiento Tecnológico.

Mariano Solano Sainz

Director de la Escuela de Defensa Electrónica de Indra

“Los ingenieros tienen el reto continuo de conocer y adaptarse a todas las novedades y tendencias del mercado”

Mónica Ramírez

En el anterior número de Técnica Industrial, cuyo tema central fue la “Ingeniería militar”, se hablaba de la creciente demanda de ingenieros que está experimentando un ámbito altamente especializado, como es el de la guerra electrónica. Con el objetivo de apoyar a la industria nacional de defensa y, en última instancia, contribuir a mejorar las capacidades de las Fuerzas Armadas (FAS) en dicho campo, el Clúster de la Industria de Defensa (CID) ha promovido la creación de unos estudios universitarios de postgrado.

Esta iniciativa se ha materializado en la creación, en un tiempo récord de diez meses, del Título de Experto Universitario en Guerra Electrónica, como título propio de postgrado de la Universidad de Cantabria (UC), miembro del CID. La primera edición se ha llevado a cabo en este curso 2022-2023, y ha contado con el apoyo económico y docente de tres destacadas empresas del sector, asociadas también al CID, como son Indra, Erzia Technologies y TTI; así como con SENER, empresa que no forma parte del Clúster, pero que cuenta con una larga trayectoria de conocimiento en este ámbito. Además, se cuenta con el apoyo de expertos de las FAS, que se han incorporado al cuadro docente.

Para conocer más a fondo este campo, muy demandado profesionalmente, Técnica Industrial ha entrevistado a Mariano Solano Sainz, ingeniero de Telecomunicación, que ha desempeñado su carrera profesional en Indra, desde 1997. En sus comienzos, diseñó tarjetas electrónicas digitales para sistemas de guerra electrónica, y desde 2010 es el responsable del equipo de Desarrollo de Sistemas de Contramedidas Electrónicas, dentro de la dirección de Defensa y Vigilancia Electrónica.

Además, desde 2022 ostenta también el cargo de director de la Escuela de Defensa Electrónica de Indra, des-



Mariano Solano

de donde se busca crear y compartir programas de formación especializados que les permitan tener y mantener a los mejores expertos del sector.

¿Qué se entiende por guerra electrónica?

La Guerra Electrónica -también conocida como EW (Electronic Warfare)- es la pugna por dominar el espectro radioeléctrico. Esto se traduce en sistemas electrónicos instalados en aviones, barcos o estaciones de tierra, con el objetivo de detectar y neutralizar amenazas en el ámbito de las señales radar, de comunicaciones e IR (infrarrojas).

Hoy en día, todos los sistemas militares hacen un uso intensivo del espectro electromagnético, tanto para comunicarse entre sí, como para llevar a cabo la misión para lo que están diseñados (detección, interceptación, guiado de armas ...). Por tanto, dominar el espectro e impedir que los sistemas del contrario funcionen correctamente es tan importante o más incluso que controlar el espacio físico de confrontación.

“Indra ha creado la Escuela de Defensa Electrónica interna, muy especializada”

En el contexto actual, ¿cuáles son las principales amenazas y la necesaria modernización a las que se enfrentan los ejércitos en esta materia?

Con la guerra de Ucrania, nos hemos dado cuenta de que los conflictos simétricos vuelven a resurgir. Los escenarios planteados para definir la estrategia de defensa nacional deben considerar conflictos con países con fuerzas tecnológicamente avanzadas, lo cual implica un peso cada vez más importante de la Guerra Electrónica. También debemos tener en cuenta que la tecnología cada vez es más barata y asequible, por lo que países menores y otro tipo de actores potencialmente peligrosos pueden acceder con facilidad a armas técnicamente avanzadas (por ejemplo, drones comerciales modificados para incorporar armamento). Esto supone que hay que mantenerse continuamente en el estado del arte e invertir en desarrollo y capacitación tecnológica.

En el caso de las FFAA españolas, es fundamental mantener las capacidades de EW, ya que en los últimos años se ha perdido alguna de ellas. Ya existen programas orientados a subsanar estas deficiencias, pero hay que tener en cuenta que este tipo de programas de desarrollo y adquisición tienen ejecuciones muy largas, de varios años. Además, la EW es una disciplina compleja, que requiere de operadores muy cualificados y que lleva mucho tiempo formar. El reto de España en EW es recuperar algunas capacidades perdidas, integrar mejor la Guerra Electrónica de forma transversal, entre todas las armas del ejército, y agilizar el proceso de capacitación de los operadores de los sistemas.



Sede central de Indra.

¿En qué posición se encuentra nuestro país en el ámbito de la guerra electrónica, con respecto al resto de Europa?

Dentro de Europa no tenemos nada que envidiar a ningún otro país. Participamos en casi todos los proyectos EDIDP (European Defence Industrial Development Programme) de la Unión Europea, en los que somos líderes o socios de primer nivel. Tecnológicamente, nos codeamos con las principales empresas del sector. Es cierto que hay potencias militares, con el ejemplo más relevante de EEUU, que van por delante especialmente en capacidad operacional y que, debido a sus volúmenes de inversión en Defensa, compiten en otra liga. Sin embargo, podemos decir que nuestra tecnología y capacidades están en primera línea, mirando de tú a tú al resto de actores, y suministrando equipos punteros a muchos países de Europa y del resto del mundo.

¿Qué papel desempeña la ingeniería en la guerra electrónica?

La ingeniería es fundamental. Desde la ingeniería de sistemas hasta la ingeniería de verificación y validación, pasando por la de procesos, simulación, diseño, desarrollo, producción... todas las disciplinas más relevantes están involucradas en la ejecución de proyectos tan complejos.

Los sistemas radar y de comunicaciones militares están evolucionando continuamente para superar las limitaciones que los sistemas de Guerra

Electrónica les imponen y, a su vez, estos últimos evolucionan para seguir batiendo a los primeros. Esta carrera tecnológica entre sistemas, que ha existido desde los inicios de la tecnología radar (allá por 1935), ahora es mucho más evidente por la evolución exponencial que han experimentado las tecnologías digitales en los últimos años. Los saltos tecnológicos son cada vez más disruptivos, y los ingenieros son los encargados de mantener los sistemas actualizados y adaptados a las últimas tecnologías. Los ingenieros tienen, por tanto, el reto continuo de conocer y adaptarse a todas las novedades y tendencias del mercado.

¿Hay un déficit de ingenieros en este sector?

Claramente sí. Al déficit generalizado de ingenieros, que se da actualmente en todos los mercados, se une la problemática de que la Guerra Electrónica es una disciplina que requiere una formación muy específica, que no se suele dar en las universidades, y que se tarda en adquirir en las propias empresas. Además, una vez formados, la excelencia tecnológica que adquieren estos ingenieros en distintos ámbitos (diseño de RF, diseño digital, SW embebido, Diseño de FPGAs...) hace que sean perfiles muy apreciados por el resto de la industria, por lo que la rotación es elevada.

En Indra hemos empezado a paliar esta situación mediante la creación de una Escuela de Defensa Electrónica interna. Esta Escuela busca agilizar la curva de aprendi-

zaje de los ingenieros de Guerra Electrónica, creando distintos itinerarios formativos adecuados para nuestras necesidades. Es una formación muy especializada, que se cubre tanto con formación interna como con colaboraciones externas. Un ejemplo es la reciente creación del Curso Experto Universitario en Guerra Electrónica, creado por la Universidad de Cantabria, junto con el Clúster de la Industria de Defensa y otras empresas del sector.

¿Qué proyectos está desarrollando Indra en estos momentos, dentro y fuera de nuestras fronteras? ¿Y especialmente en el ámbito aeroespacial?

En Indra tenemos muchos proyectos de Guerra Electrónica, pero dos destacan claramente como vectores que están marcando la evolución de nuestros sistemas presentes y futuros: la Guerra Electrónica de las futuras fragatas F110 de la Armada Española y el Pilar de Sensores del FCAS-NGWS (Future Combat Air System – Next Generation Weapon System). El primero es un ambicioso proyecto que nos está permitiendo actualizar nuestros sistemas al estado del arte tecnológico actual. El segundo es un proyecto europeo que está redefiniendo los conceptos de la Guerra Electrónica del futuro, con ideas novedosas como la nube de combate o las arquitecturas colaborativas de sensores y efectores no kinéticos, dentro del System of Systems (SoS).

¿Cómo cree que evolucionará este tipo de tecnología?

Como he mencionado antes, los sistemas de sistemas, donde los elementos de guerra electrónica se integran en una red adaptativa, que permiten un efecto multiplicador de las prestaciones individuales de dichos sensores o efectores cuando trabajan de forma colaborativa, abren el camino a nuevas capacidades ahora impensables.

En todo esto tendrá un papel determinante la Inteligencia Artificial, que ha llegado para quedarse, que deberá implementarse de una forma realista y efectiva, y que todavía se está buscando un hueco en los sistemas de Guerra Electrónica.

Por último, los avances de la electrónica digital, con frecuencias de muestreo cada vez más altas, permitirán sistemas de digitalización directa, más baratos, robustos y potentes que los actuales.

Retos del hidrógeno renovable para ser una realidad

Muchos países tienen el firme propósito de reducir las emisiones de CO₂ hasta alcanzar la neutralidad climática en 2050. Para ello se requiere un sistema eléctrico basado en fuentes de energía libres de emisiones, como la nuclear o las renovables, pero allí donde la electrificación no es posible se necesitan otras tecnologías, como el hidrógeno renovable, que en los últimos años está centrando la atención de políticos, investigadores e inversores



Foto: Shutterstock.

Marita Morcillo

El hidrógeno es el elemento químico más simple y abundante del universo, su número atómico es el 1 y se encuentra presente en el 75% de la materia. Su descubrimiento se atribuye a Henry Cavendish, quien en 1765 logró aislar dicho elemento y descubrir sus propiedades.

A pesar de su abundancia, no se puede tomar de la naturaleza en estado puro. Hay que separarlo de otros elementos químicos como el agua o el carbono, mediante un proceso que necesita otras fuentes de energía. En algunos casos se utiliza el gas natural y entonces hablamos de hidrógeno gris, en otras se utiliza carbón, y en ese caso se le llama hidrógeno marrón. También lo hay rosa, cuando se emplea energía nuclear. Si esas fuentes son renovables, como la eólica o la fotovoltaica, se habla de hidrógeno ver-

de o renovable. Incluso lo hay dorado, que es aquel que procede de pozos naturales.

Una tecnología incipiente

La tecnología del hidrógeno verde aún se encuentra en fase temprana. La última edición del Global Hydrogen Review de la Agencia Internacional de la Energía (AIE) revela que una parte importante de los proyectos se encuentran actualmente en etapas avanzadas de planificación, pero el 4% está en construcción o han llegado a la decisión final de inversión (FID). Entre las razones clave, se encuentran las incertidumbres sobre la demanda, la falta de marcos regulatorios y de infraestructura disponible para entregar hidrógeno a los usuarios finales.

Está claro que a la industria del hi-

drógeno verde le queda mucho camino por recorrer. El informe de la AIE señala que de los 70 millones de toneladas de hidrógeno que se producen en el mundo anualmente, menos del 1% se basa en electrólisis de agua por energías renovables, y solo el 0,1% del hidrógeno que consumimos es verde. “Si todos los proyectos actualmente en trámite llegan a buen término, la producción de hidrógeno de bajas emisiones podría alcanzar entre 16 y 24 millones de toneladas por año para 2030, y más de la mitad provendrá de electrolizadores que funcionan con energía renovable”, según el estudio de la AIE. “La finalización de todos los proyectos en tramitación podría dar como resultado que la capacidad mundial para producir hidrógeno a través de electrolizadores



Inauguración de la planta de hidrógeno renovable de Iberdrola en Puertollano. Fuente: Iberdrola.

umente hasta 290 GW en 2030, en comparación con los 0,5 GW en 2021”.

El informe concluye que cumplir los compromisos climáticos de los gobiernos requeriría 34 millones de toneladas de producción de hidrógeno de bajas emisiones por año para 2030; un camino compatible con alcanzar cero emisiones netas para 2050 a nivel mundial requeriría alrededor de 100 millones de toneladas para 2030.

Para impulsar la tecnología del hidrógeno renovable, el informe de la AIE recomienda a los gobiernos crear demanda a través de subastas, mandatos, cuotas y requisitos en la contratación pública, y garantizar que los gasoductos, las terminales y otras infraestructuras se construyan para que sean compatibles con el hidrógeno. Cabría añadir aquí la necesidad de inyectar capital público para animar a los inversores preocupados por la rentabilidad de los proyectos.

Proyectos en España

El 20% de los proyectos a escala mundial se encuentran en España, que aspira a convertirse en el principal proveedor de Europa. Según un estudio de Enagás y PwC, España tiene potencial para producir entre 2 y 3 millones de toneladas de hidrógeno verde en 2030, y entre 3 y 4 millones de toneladas para 2040. Actualmente ya existen alrededor de 80 proyectos repartidos por toda la geografía española. Aunque la lista es muy larga, podemos destacar algunos de ellos que, por sus magnitudes

o su alcance, adquieren una especial relevancia.

Power to Green Hydrogen Mallorca

La primera planta de hidrógeno verde en España fue inaugurada en marzo de 2022. Impulsada por Acciona, junto con Cemex, Redexis, el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) y el Govern Balear, el proyecto ha recibido el nombre de Power to Green Hydrogen Mallorca.

El proyecto incluye la construcción de una planta de electrólisis, el desarrollo de dos plantas fotovoltaicas que la alimentan, así como una estación de Servicio de Hidrógeno verde en la isla.

Las instalaciones solares, situadas en los municipios de Lloseta y Petra, tendrán 6,9 MW y 6,5 MW de capacidad, respectivamente. Ambas producirán la energía renovable necesaria para la planta de hidrógeno verde, que generará y distribuirá más de 300 toneladas al año de hidrógeno.

El hidrógeno verde obtenido en esta planta tendrá diferentes aplicaciones: suministro de combustible a flotas de autobuses públicos y vehículos de alquiler, generación de calor y energía para edificios públicos y comerciales, y suministro de energía auxiliar a ferris y operaciones portuarias.

Asimismo, parte de ese hidrógeno renovable se inyectará en la red gaseísta de la isla, mezclado con gas natural, lo que reducirá las emisiones de CO₂ de este combustible.

Mallorca servirá de modelo para

otros cinco territorios insulares: Tenerife, Valentia (Irlanda), Ameland (Holanda), Madeira (Portugal) y las Islas Griegas. Asimismo, formará parte de una red de intercambio de experiencias dentro de la iniciativa europea 'Energía limpia para las islas de la UE'.

La mayor planta de hidrógeno verde para uso industrial

Dos meses después de ser inaugurada la planta de Mallorca, Iberdrola inauguraba en Puertollano (Ciudad Real) la mayor planta de hidrógeno verde de uso industrial de Europa, con un electrolizador capaz de producir 3.000 toneladas de hidrógeno renovable al año.

La electricidad necesaria para la producción del hidrógeno proviene de una planta solar fotovoltaica de 100 MW. Esta planta es la primera instalación de la compañía en España que cuenta con paneles bifaciales y un sistema de almacenamiento por baterías de ion-litio con una capacidad de 20 MWh.

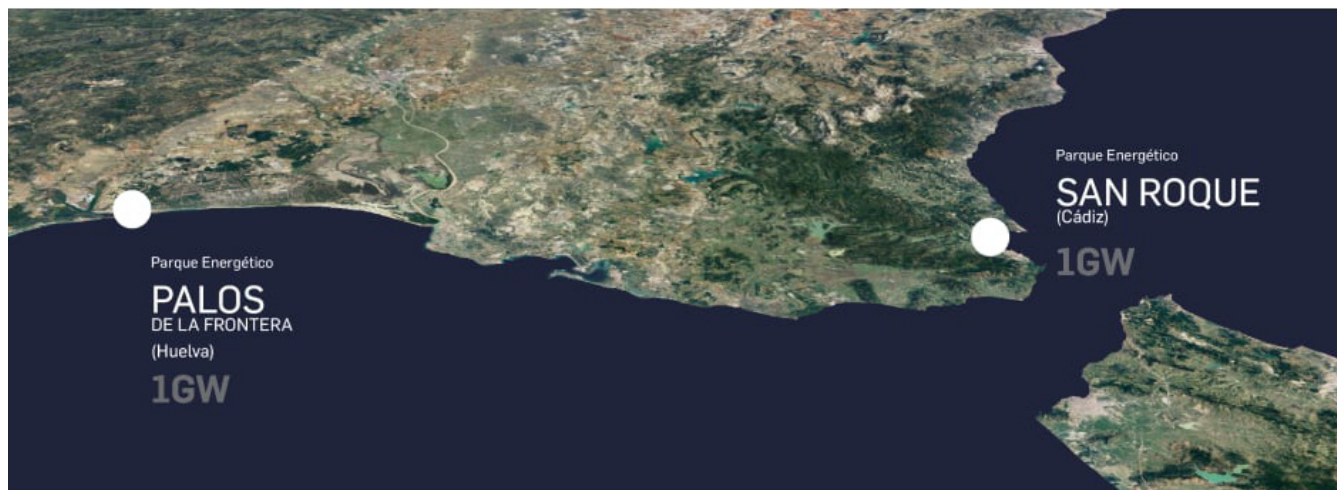
La planta solar tendrá una producción anual de unos 156.000 MWh, evitando así la emisión de más de 30.000 toneladas de CO₂ al año. El hidrógeno verde producido por esta planta se podrá utilizar en la fábrica de amoníaco que Grupo Fertiberia tiene en Puertollano.

La puesta en marcha de esta planta supone la primera fase de un plan que contempla el desarrollo, por parte de Iberdrola, de 40.000 toneladas anuales de hidrógeno verde para consumo de Fertiberia de aquí a 2027, con una inversión potencial de 1.800 millones de euros. Esta iniciativa supondría el 20% del objetivo nacional a 2030, y lograría que alrededor del 25% del hidrógeno actualmente consumido en España no genere emisiones de CO₂.

Proyecto H2Med

En octubre de 2022, España, Francia y Portugal adquirieron el compromiso de construir el proyecto de interconexión energética "H2Med", el primer gran corredor de hidrógeno que conectará la Península Ibérica con el resto de Europa, y que estará operativo en 2030.

Cuando esté en funcionamiento, H2Med será capaz de transportar el 10% del consumo de hidrógeno de la



Valle Andaluz del Hidrógeno Verde. Fuente: Cepsa.

UE para 2030, esto es en torno a 2 millones de toneladas al año.

De acuerdo con las especificaciones técnicas preliminares del proyecto H2Med, el tramo entre Celorico (Portugal) y Zamora se extenderá a lo largo de 248 kilómetros y su construcción tendrá un coste estimado de 350 millones de euros. En lo referente al tramo Barcelona-Marsella (Francia), la previsión de coste se eleva a 2.500 millones de euros para una conexión de 455 kilómetros.

Valle Andaluz del Hidrógeno Verde

En el marco de su estrategia Positive Motion, Cepsa ha puesto en marcha el Valle Andaluz del Hidrógeno Verde, uno de los proyectos más ambiciosos de hidrógeno renovable de España y uno de los más importantes de Europa.

El proyecto, que supone una inversión de 3.000 millones de euros, creará dos nuevas plantas de generación de hidrógeno verde en Palos de la Frontera (Huelva) y San Roque (Campo de Gibraltar, Cádiz), que contarán con una capacidad total de 2 GW de electrólisis y se pondrán en marcha en 2026 y 2027, respectivamente.

Estas plantas van a producir hasta 300.000 toneladas de hidrógeno verde al año, lo que impulsará la producción de biocombustibles de segunda generación para la aviación (SAF), el transporte pesado terrestre y el marítimo. Y hará posible el desarrollo de productos derivados como el amoníaco y metanol verdes, que contribuirán especialmente a la descarbonización del sector marítimo.

HyDeal España

El proyecto HyDeal se encuentra en

Asturias y suministrará hidrógeno renovable para la producción de acero, amoníaco, fertilizantes y otros productos industriales bajos en carbono. Se tratará del mayor gigaproyecto de hidrógeno renovable a escala mundial, como lo ha clasificado la Agencia Internacional de Energías Renovables (Irena).

El comienzo de la producción está previsto para 2025, y se espera contar con una capacidad instalada total de 9,5 GW, que suministrará energía eléctrica a 7,4 GW de potencia de electrólisis para 2030. En su primera etapa, abastecerá a un importante complejo industrial ubicado en Asturias.

ArcelorMittal y Grupo Fertiberia serán los principales compradores. Los 6,6 millones de toneladas de hidrógeno renovable que prevén consumir durante los próximos 20 años permitirán evitar el 4% de las emisiones actuales de CO2 de España.

Hoja de Ruta en España

Desde octubre de 2020, España cuenta con una hoja de ruta del hidrógeno renovable que establece el objetivo de alcanzar una potencia de electrólisis de 300 MW a 600 MW en 2024, y 4 GW de capacidad de producción en 2030, un 10% del total de la UE. Para alcanzar ese objetivo, se necesita movilizar importantes cantidades de capital. Con ese fin, el Gobierno aprobó en diciembre de 2021 el PERTE ERHA, que contempla más de 1.500 millones en ayudas para proyectos integrales de producción y consumo local de hidrógeno en sectores de difícil descarbonización, mejoras en instalaciones de

ensayo y fabricación, y el diseño de vehículos.

El hidrógeno dorado

Hasta ahora, se pensaba que el hidrógeno no podía acumularse en la naturaleza, pero ahora se sabe que no es así. Hay varios estudios que demuestran la existencia de reservas de hidrógeno natural, y uno de los últimos yacimientos descubiertos se encuentra en España, concretamente en la provincia de Huesca. La empresa emergente Helios Aragón pretende extraerlo. Las primeras perforaciones se harán en 2024, y la explotación comercial del yacimiento podría comenzar en 2028 y alargarse durante 20 o 30 años. Para ello se necesitará una inversión total de 900 millones de euros y el proyecto podría generar 400 empleos directos y 1.500 indirectos.

Según las previsiones de la empresa, el yacimiento, situado en el municipio de Monzón, podría producir entre 50.000 y 70.000 toneladas de hidrógeno al año. La tecnología utilizada es similar a la que se emplea actualmente en los pozos geotérmicos.

Sin embargo, existe un problema: la legislación española contempla el hidrógeno natural como un hidrocarburo y no permite este tipo de operaciones de extracción. Superar esta traba implica modificar la legislación minera, algo que ya han hecho países como Francia o Australia.

Ventajas y retos del hidrógeno renovable

El uso del hidrógeno como materia

prima no es algo nuevo, está ampliamente extendido. Se utiliza en la industria química para producir amoníaco y fertilizantes, en la industria petroquímica para producir petróleo y en la metalurgia para obtener acero. Pero en los tres casos, el uso del hidrógeno gris produce una gran cantidad de CO₂. Si ese hidrógeno se sustituye por hidrógeno renovable, se estaría dando un gran paso para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en las tres industrias.

Uno de los principales atractivos del hidrógeno es su versatilidad. No solo se puede emplear como materia prima, sino también como combustible en barcos, aviones o vehículos pesados. El uso de hidrógeno verde en estos casos contribuiría en gran medida a la descarbonización de sectores del transporte donde es difícil la electrificación.

El hidrógeno renovable ofrece varias ventajas. Está libre de emisiones y sólo produce vapor de agua como único residuo; es fácil de almacenar, lo que permite su uso en momentos posteriores a su producción; y es versátil, puede transformarse en electricidad o en combustible y se puede

utilizar con fines comerciales, industriales o de movilidad.

Otra de sus ventajas es que permite almacenar energía limpia, con gran densidad energética, para usarla de forma controlada. Por eso se dice que el hidrógeno no es una fuente de energía sino un vector energético, es decir, es un medio que permite almacenar energía que ha sido producida por fuentes primarias de energía, y liberarla cuando y donde se demande.

Pese a estas bondades, también tiene aspectos negativos y dificultades que la tecnología tiene el reto de superar. Por un lado, está su mayor coste, ya que las fuentes de energía renovables necesarias para la obtención del hidrógeno son más caras de generar, lo que encarece el precio del producto final. Además, su producción requiere mayor cantidad de energía que otros combustibles. Por otro lado, es un elemento volátil e inflamable, por lo que requiere exigentes medidas de seguridad para evitar fugas y explosiones.

Otra de las principales barreras que encuentra la tecnología del hidrógeno es la financiera, ya que se necesitan importantes inversiones

para llevar adelante los proyectos. No obstante, según la Agencia Internacional de Energía Renovable (Irena), el coste de las instalaciones de hidrógeno puede decrecer desde un 40% hasta un 80% a largo plazo. Esto, unido al abaratamiento de las energías renovables, hace pronosticar que el hidrógeno verde podría ser rentable a partir de 2030.

Almacenarlo de forma segura y eficiente, lograr una red segura para transportarlo y distribuirlo, y desarrollar dispositivos eficientes que convierten la energía química del hidrógeno en electricidad, como las pilas de combustible, son otros retos importantes que hay que resolver y aquí la ingeniería tiene un papel fundamental.

Todo lo visto hasta aquí nos descubre que el hidrógeno renovable supone un gran reto político y financiero que depende en gran medida del esfuerzo técnico para que cristalicen los proyectos, ya que aún hay desafíos tecnológicos que superar, como el almacenamiento o las infraestructuras de distribución. Solo así, el hidrógeno renovable será una realidad.



Electrolizador de hidrógeno. Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

José Luis Cabo

Subdirector general de Hidrocarburos y Nuevos Combustibles en el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico

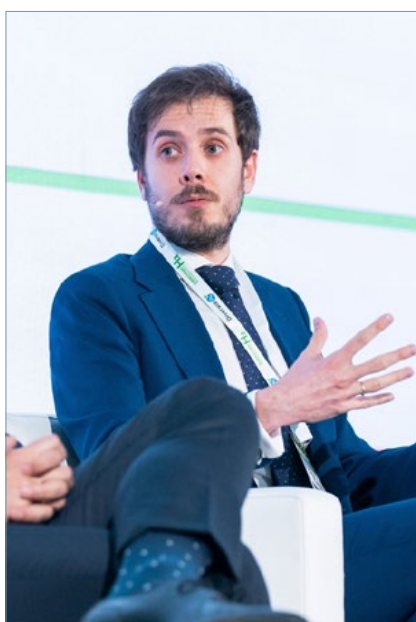
“Somos el segundo país del mundo, solo por detrás de EEUU, que más proyectos de hidrógeno renovable concentra”

Marita Morcillo

José Luis Cabo lidera, desde 2020, el equipo de la Subdirección General de Hidrocarburos y Nuevos Combustibles, coincidiendo con un momento de transición desde los combustibles fósiles a tecnologías menos contaminantes. Como últimos hitos de la Subdirección, cabe destacar la elaboración de la Hoja de Ruta de Hidrógeno, la Hoja de Ruta del Biogás o la configuración de los diferentes instrumentos de ayuda al impulso del hidrógeno renovable en el marco de la Componente 9 del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia. Para José Luis Cabo, el hidrógeno renovable es una pieza fundamental en la descarbonización de la economía siempre que se utilice de una forma coherente y con la mayor eficiencia de la energía.

El 20% de los proyectos de hidrógeno renovable a escala mundial están en España. ¿Qué tiene nuestro país para convertirse en uno de los principales hub del hidrógeno verde?

Somos el segundo país del mundo, solo por detrás de EEUU, que más proyectos de hidrógeno renovable concentra. Estamos en una posición inmejorable para convertirnos en el hub del hidrógeno verde si aprovechamos nuestras oportunidades. Más allá del hecho de que somos el segundo país en capacidad instalada de energía renovable de la UE, lo que ya hace que Red Eléctrica prevea que este año más de la mitad de la electricidad consumida proceda de fuentes renovables, tenemos unos recursos naturales que nos dan una enorme ventaja competitiva, como el hecho de que tenemos 300 días al año de exposición solar. Esta situación nos posiciona como uno de los países más atractivos para producir hidrógeno verde a bajo coste, lo que a su vez será un incentivo para que aquellas industrias gas intensivas en proceso de



Jose Luis Cabo

El hidrógeno renovable también jugará un papel clave en el almacenamiento

descarbonización puedan establecerse en nuestro país, y reducir de este modo la factura energética exterior.

Pero además tenemos también una cadena de valor consolidada, capaz de producir el 90% de los componentes de un parque eólico y hasta el 60% de los de un fotovoltaico, una mano de obra que es capaz de ofrecer soluciones a lo largo de todas las fases de desarrollo y unas infraestructuras clave que han demostrado su resiliencia en los momentos de mayos estrés. Queremos que este conocimiento se extienda a las tecnologías de hidrógeno donde ya contamos

con empresas, fundamentalmente PYMES, presentes en todas las etapas de la cadena valor y que estamos tratando de apoyar a través de las distintas convocatorias de ayudas en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia.

¿Qué papel juega este vector energético en la transición ecológica del país?

El hidrógeno renovable es una pieza fundamental en la descarbonización de nuestra economía, pero debe ser utilizado de forma coherente y buscando siempre la mayor eficiencia de la energía producida. Estamos haciendo una apuesta muy fuerte por la electrificación en aquellos sectores en los que es posible, pero hay algunos usos energéticos que no son electrificables desde un punto de vista técnico y económico, como le ocurre a parte de nuestro tejido industrial o al transporte pesado. En esos casos, tener una alternativa será fundamental si queremos una economía totalmente neutra en carbono. Pero además es que la apuesta por el hidrógeno renovable nos va a permitir incrementar la competitividad de nuestras industrias porque, según la Agencia Internacional de Energías Renovables IRENA (2022), en 2026 el hidrógeno verde podría llegar a ser más barato que el azul en España, años antes que en países vecinos, lo que nos ofrecerá una enorme ventaja competitiva.

Además, el hidrógeno renovable también jugará un papel clave en el almacenamiento: tenemos una gran capacidad de generar energía fotovoltaica y eólica, pero son fuentes de energía no gestionables por lo que, si queremos poder beneficiarnos de esta producción a lo largo del día, será necesario incrementar nuestra capacidad de almacenamiento y ahí el hidrógeno también jugará un papel clave.

¿Qué barreras encuentra el hidrógeno renovable y qué medidas se proponen para superarlas?

El hidrógeno renovable es una tecnología que apenas se ha empezado a desarrollar, por lo que aún tenemos que avanzar mucho en este ámbito. Estamos siendo testigos de un sector emergente, que está avanzando más rápido que la propia regulación, algo que es normal si consideramos que estamos evolucionando desde una industria que era puramente química hacia la energética. Tenemos claro que debemos reducir el coste del hidrógeno renovable fomentando dos aspectos fundamentales: alto porcentaje de horas de funcionamiento de los electrolizadores y la reducción de los costes asociados. En este sentido debemos desarrollar ecosistemas que aúnen generación, distribución y consumo de hidrógeno renovable en ubicaciones próximas entre sí en una primera fase, y después ampliarla, introduciendo el transporte a largas distancias. La regulación de este nuevo mercado se está debatiendo actualmente en la UE, a la vez que se están destinando recursos económicos para desarrollar los primeros proyectos. España considera que el hidrógeno verde

es un proyecto país, y avanzamos tanto en el ámbito regulatorio, dentro de nuestras competencias, como en el fomento económico, principalmente con los recursos del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, de forma que se empiece a crear un ecosistema favorable para la inversión en España.

En octubre de 2020, el Gobierno aprobó la Hoja de Ruta del Hidrógeno Verde, que contempla el objetivo de alcanzar los 4 GW de capacidad para 2030. ¿España está preparada tecnológicamente para lograr ese hito?

Sí, tenemos capacidad para producir suficiente energía renovable como para alcanzar ese objetivo que, recordemos, era equivalente al 10% del objetivo de la UE fijado para 2030 (40 GW de capacidad de electrólisis). De hecho, solamente con las inversiones planteadas a 2030 por las empresas españolas (no ya las inversiones en España de empresas extranjeras) se alcanzaría prácticamente ese objetivo. Estamos avanzando y progresando, algo que queda demostrado con los resultados de las convocatorias de ayuda en el marco del Plan de Recuperación donde hay proyectos adjudica-

dos que equivalen a 470 MW de capacidad de electrólisis. Por otro lado, España ha tenido un gran éxito en la convocatoria de Proyectos Importantes de Interés Común Europeo de descarbonización industrial, donde la Comisión Europea ha seleccionado 7 proyectos españoles de un total de 35, con una capacidad equivalente de electrólisis de 1,2 GW, para poder recibir ayudas en nuestro país.

La coyuntura ha cambiado mucho tras la invasión de Ucrania y vamos a modificar al alza esas estimaciones de la Hoja de Ruta del Hidrógeno, anteriores al estallido del conflicto bélico y, por tanto, del aumento de la ambición europea con la Comunicación REPowerEU, que eleva a 20 millones de toneladas el objetivo a 2030.

¿Qué cantidad de capital público implica llevar a cabo la Hoja de Ruta?

Consideramos que poner en marcha este vector energético será costoso teniendo en cuenta el “funding gap” existente entre otras tecnologías con las que compete, pero también sabemos que tenemos que apostar por ello, y por eso precisamente, el hidrógeno renovable es la partida que mayor dotación recibe



Foto: Shutterstock

en el PERTE EHRA, un 22% de los casi 7.000 millones con que está dotado el programa. En total, son 1.555 millones de euros que esperamos que sigan permitiendo apalancar inversión privada, de forma que se movilicen, calculamos, otros 2.800 millones lo que, además, repercutirá también en el mercado laboral porque, en conjunto, estimamos que el PERTE conllevará la creación de hasta 280.000 empleos, si tenemos en cuenta los directos, los indirectos y los inducidos.

En diciembre de 2021 se lanzó el programa PERTE ERHA, que contempla más de 1.500 millones en ayudas para proyectos relacionados con el hidrógeno. ¿Cuál ha sido la respuesta por parte de la industria?

Ya en la fase de diseño del Plan de Recuperación, para el que pedimos la participación no solo de la industria, sino también de la sociedad civil, el sector había mostrado un gran interés por el despliegue del hidrógeno renovable, y las primeras convocatorias de ayudas han confirmado esa sensación. De hecho, en 2022 lanzamos cinco convocatorias, cuatro de cadena de valor y una de pioneros, con un presupuesto total de 400 millones de euros, y este año acabamos de lanzar una nueva de proyectos pioneros con 150 millones de euros adicionales para atender a las solicitudes que no se habían podido cubrir con la primera convocatoria, donde la cuantía de las solicitudes casi triplicaba el presupuesto inicial, que era de 150 millones de euros.

¿Cuántos millones de euros se han concedido hasta el momento dentro del PERTE? ¿Cuál es perfil de los proyectos que han solicitado estas ayudas?

Como digo, hasta ahora hemos movilizado 400 millones, y acabamos de lanzar una nueva convocatoria que no estaba prevista, Pioneros II, con otros 150 millones. En este último caso el objetivo es impulsar la integración de las distintas fases de la cadena de valor, es decir, proyectos que a la hora de producir el hidrógeno tengan en cuenta el consumo, fomentando un despliegue coordinado de la tecnología; mientras que en el de los programas de Cadena de Valor lo que se busca es financiar proyectos que impulsen el uso del hidrógeno en la movilidad o la fabricación de gran-

des electrolizadores, por ejemplo. Por el momento, 63 expedientes han recibido fondos públicos, pero en general el nivel de los proyectos que se están presentando a estas convocatorias es muy elevado; nos ha llamado mucho la atención el grado de desarrollo, de madurez, que tienen.

En octubre de 2022, España, Francia y Portugal adquirieron el compromiso de construir el proyecto de interconexión energética H2Med. ¿En qué punto se encuentra este proyecto?

Es un proyecto estratégico, pero no solo para Francia, Portugal y España, sino para toda Europa. Queríamos construir un corredor verde y lo que han hecho el Plan de Recuperación y la invasión de Ucrania ha sido acelerar los tiempos. Hemos trabajado muy rápido, de la mano de los promotores de los diferentes países implicados en esta primera fase, para tener el diseño cuanto antes, pero todavía llevará tiempo que esté plenamente operativo, calculamos que tardará, al menos, seis o siete años. En cualquier caso, en este momento, todavía estamos esperando a que se pronuncie la Unión Europea en relación con nuestra solicitud de inclusión del proyecto entre las infraestructuras de interés comunitario que pueden recibir fondos europeos para su desarrollo, y confiamos el H2Med se incluya, porque es un proyecto estratégico para España, pero también para el resto de la Unión. No obstante, actualmente se está desarrollando a nivel europeo la regulación que tiene que aplicar a la planificación, gestión y desarrollo de estas infraestructuras de hidrógeno. El conocido como "Paquete de hidrógeno y gas" será una de las prioridades de la Presidencia española del Consejo de la UE.

¿Qué papel juega H2Med dentro de la Hoja de Ruta del Hidrógeno?

El H2Med será el primer hidroduto a gran escala y será clave en la construcción del futuro mercado energético, tanto a nivel europeo como a nivel nacional. Es natural que la simple expectativa de la existencia de una infraestructura así en unos años sea un atractivo para los desarrolladores de proyectos de hidrógeno para situarse en España, pero también para las industrias que lo consumirán considerando las economías de escala que se producirán, y

que empujarán el precio del hidrógeno renovable español a umbrales muy competitivos con otros combustibles menos sostenibles. En el plano comunitario, la comunicación REPOWER EU estima que la Unión necesitará 20 millones de toneladas, de las cuales 10 millones tendrán que ser producidas localmente. En este sentido, España, con H2MED tendría capacidad para vehicular alrededor del 10 por ciento del objetivo global, es decir, 2 millones de toneladas.

No obstante, para convertirnos en exportadores, sin duda es primordial que sigamos con la estrategia actual, fomentando clústeres o valles locales donde se produzca y consuma hidrógeno renovable, descarbonizando nuestra economía y nuestra industria donde se necesite y sea más eficiente, pero por supuesto sin olvidar que la infraestructura será la herramienta que, precisamente a través de la exportación, permitirá que España se convierta en un hub del hidrógeno renovable.

Ya se ha trazado el primer mapa de los casi 3.000 kilómetros de hidrodutos que atravesarán el país a través de diversos ejes. ¿Cómo se vertebrará y se llevará a cabo la Red Troncal de Hidrógeno en España? ¿Cuándo está previsto que comience la construcción de estas infraestructuras?

Ahora mismo los promotores han propuesto principalmente dos ejes troncales, que también están a la espera de conocer si recibirán fondos europeos a través de su inclusión en los Proyectos de Interés Comunitario (PCI). Estos proyectos son propuestas que pueden ser la base futura para la realización de un ejercicio de diseño a nivel nacional de estas infraestructuras, que tendrían el fin último de conectar puntos de oferta con demanda.

Por el momento, como próximos pasos, estamos a la espera de que Bruselas se pronuncie sobre la definición de estos proyectos de infraestructuras, pero también de grandes electrolizadores como PCIs, pero cabe mencionar que el recorrido que está planteado actualmente es solamente un boceto de lo que podría ser la red de hidrógeno, ante la inminente aprobación de la regulación que facilitará sus condiciones de operación y despliegue a nivel europeo. ¿Vamos a dejar pasar semejante oportunidad?

Paqui Segura

Directora de la Cátedra Gabitel sobre el Hidrógeno, de la Universidad de Huelva.

“La investigación es fundamental para garantizar el avance, el desarrollo socioeconómico y las soluciones a los retos que la transición energética exige”

Mónica Ramírez

La Cátedra Gabitel sobre el Hidrógeno, pionera a nivel nacional en estudios e investigación del hidrógeno verde, fue creada en 2021 como un instrumento de colaboración entre la Universidad de Huelva y Gabitel Ingenieros, a través de la cual se canalizan de forma general actividades propias de la Universidad, y se establecen las bases de la colaboración para impulsar la creación de un clúster científico-industrial como centro neurálgico para aumentar el uso del hidrógeno verde.

Para ello, se potencia el desarrollo de actividades de I+D+i, de formación y de transferencia del conocimiento, con el objetivo último de armonizar estándares y eliminar barreras. Se crea así un vínculo con la sociedad, el tejido productivo y el ámbito institucional. Paqui Segura Manzano es profesora titular directora de la Cátedra Gabitel sobre el hidrógeno, de la Universidad de Huelva.

La Cátedra Gabitel sobre el hidrógeno verde se creó como un instrumento de colaboración entre la Universidad de Huelva y Gabitel Ingenieros, ¿cuáles son los principales objetivos que se persiguen con esta colaboración?

La Cátedra Gabitel sobre el Hidrógeno se creó mediante la firma de un convenio entre la Universidad de Huelva (UHU) y la Empresa Gabitel Soluciones Técnicas S.L., el 13 de Julio de 2021. Mediante este convenio se pretende centralizar y fortalecer los vínculos y proyectos de colaboración entre ambas instituciones, que tienen un claro compromiso para la contribución a alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible en nuestro entorno. Así mismo, se persigue fomentar el desarrollo de las relaciones entre ambas instituciones, para que confluyan en programas de investigación y formación conjuntos,



Paqui Segura Manzano

Es necesario difundir los avances tecnológicos para adoptar nuevos hábitos

a través de actividades, seminarios, conferencias y talleres.

La Cátedra tiene tres pilares básicos, a partir de los que se define el plan de actividades anual.

Estos pilares básicos son, en primer lugar, el fomento y desarrollo de actividades académicas y de formación; en segundo lugar, el fortalecimiento de la investigación; y, en tercer lugar, el Impulso a la transferencia del conocimiento y la tecnología.

¿Cómo se estructura la Cátedra?

La Cátedra Gabitel sobre el Hidrógeno

está estructurada a partir de un equipo humano donde se representa de forma equitativa tanto la Universidad de Huelva como la empresa Gabitel Ingenieros. Nuestro principal órgano de gestión es el Consejo de Cátedra. Sus funciones son velar por el cumplimiento de los fines y objetivos de la Cátedra, impulsar y aprobar el nombramiento del director/a de Cátedra a propuesta de la Rectora, etc.

La composición del Consejo de Cátedra es paritaria, con tres miembros nombrados por la empresa Gabitel Ingenieros y tres miembros nombrados por la Universidad de Huelva, excluido de este cómputo la directora de la Cátedra, que pertenece al mismo con voz.

Por parte, de la Universidad de Huelva, el equipo de personas son M^a Antonia Peña (rectora de la Universidad de Huelva), quien delega en Isabel M^a Rodríguez (vicerrectora de Innovación y Empleabilidad), Francisco Barba (director de Empleo), y Reyes Sánchez (directora de la Oficina de Transferencia de Investigación).

Por parte de la empresa, participan Juan Reales (director general de Gabitel Ingenieros), José Raúl Tejero (responsable de Desarrollo de Negocio en España y Portugal), y Ángel Bravo (responsable de Energía y Redes Eléctricas).

¿Qué actividades se realizan?

La Cátedra Gabitel sobre el Hidrógeno, en estos dos primeros años de andadura (2021-2023), ha sumido el gran reto de llevar a cabo un plan de trabajo y actuaciones dentro del contexto Postpandemia. La Cátedra se creó en julio de 2021. Durante ese año se planificaron y ejecutaron actividades que posteriormente se han consolidado en 2022.

Todas las actividades están encuadradas en el contexto de los tres ejes prioritarios sobre los que se constituye la Cátedra: formación, investigación y

transferencia. En este sentido, destaca, en 2021, la primera convocatoria de Premios Trabajos Finales de Grado (TFG) y Trabajos Finales de Máster (TFM) de la Cátedra Gabitel sobre el Hidrógeno, y la primera conferencia sectorial sobre la Tecnología de Hidrógeno.

En 2022 y 2023, disponiendo de anualidades completas, se ha mantenido la convocatoria de Premios TFG/TFM de la Cátedra Gabitel sobre el Hidrógeno, y se han organizado nuevas conferencias sectoriales. También se han ofertado módulos formativos, se ha asistido a congresos internacionales, y se han financiado actividades realizadas en la Universidad de Huelva, que han concurrido a la Convocatoria de Ayudas de Cátedras Externas.

Agrupando las actividades según el eje prioritario, podemos hablar de lo siguiente: actividades del eje prioritario, 1) Actividades Académicas y de Formación. Desde la Cátedra Gabitel sobre el Hidrógeno entendemos la formación como la clave para capacitar al alumnado del conocimiento necesario para encontrar nuevas soluciones para satisfacer las necesidades sociales, o producir los cambios de comportamiento necesarios para resolver los grandes retos de la sociedad, y generando nuevos modelos de colaboración.

Son las personas quienes innovan, por lo que deben situarse en el centro del desarrollo industrial, económico y social. Para ello, se debe desarrollar una cultura de la formación y educación, que fomente el cambio y potencie valores como la creatividad, la asunción de riesgos, la curiosidad, el espíritu emprendedor, etc. Es necesario, por tanto, capacitar a las personas en nuevos conocimientos y habilidades.

Por tanto, los objetivos de este eje son proporcionar los conocimientos para afrontar los retos de la industria y la sociedad, para contribuir a su mejora y transformación hacia un desarrollo equili-

Es imprescindible buscar soluciones basadas en modelos de suministro de energía eficientes

brado y sostenible, fomentar el talento, la creatividad y la empleabilidad.

Ejemplos de actividades académicas y de formación son la convocatoria de Premios Trabajo Fin de Grado (TFG) y Trabajo Fin de Máster (TFM), seminarios, cursos y talleres de formación vinculados con la Tecnología de Hidrógeno, financiación de actividades universitarias de carácter transversal afines a las prioridades de la Cátedra.

Actividades del eje prioritario, 2) Investigación. La investigación es fundamental para garantizar el avance, el desarrollo socio-económico, y las soluciones a los retos que la transición energética exige. La Tecnología de Hidrógeno es un pilar fundamental sobre el que la Unión Europea plantea sostener su modelo energético. Es imprescindible buscar soluciones basadas en modelos de suministro de energía eficientes y respetuosos con los recursos naturales disponibles.

En este eje se pretende, por un lado, potenciar la investigación sobre avances en procesos y tecnologías más sostenibles y eficientes en la industria y en nuestras actividades diarias. Así mismo, es necesario difundir los avances tecnológicos para adoptar nuevos hábitos y desarrollar herramientas respetuosas con el medio y sostenibles a largo plazo.

Ejemplos de actividades de investigación son la asistencia a congresos, impartición de conferencias invitadas, y el seguimiento de trabajos de investigación desarrollados por estudiantes y mentorizados por profesores de la Universidad de Huelva.

Actividades del eje prioritario, 3) Transferencia. Pero formación e investigación no tendrán sentido sin un claro efecto tractor de transferencia, de forma que se haga revertir sobre la industria, la Administración y la sociedad, en general, los resultados de la formación y la investigación.

Es imprescindible impulsar actividades de transferencia de conocimiento, y colaborar estrechamente con el mundo empresarial, institucional y social. Dentro de este eje se han organizado varias conferencias sectoriales, donde los principales representantes del sector de la Tecnología de Hidrógeno en el sector industrial han podido exponer las actuales líneas de trabajo de empresas referentes, como Ariema, Toyota, ClanTech, Asociación Provincial de Estaciones de Servicio (ASPES), DAF, Primafrio, Fusion-Fuel, Bureau Veritas, SailH2, Nippon Gases o

Se requiere capacitar a las personas en nuevos conocimientos y habilidades

Enagas.

¿Cuáles son las líneas de trabajo y de investigación más destacadas que se están llevando a cabo?

Los datos indicadores de las actividades desarrolladas dentro de la Cátedra Gabitel sobre el Hidrógeno, en el periodo 2021-2023, reflejan que todas las actividades que se han desarrollado hasta la fecha están teniendo una notable aceptación por parte de las personas hacia las que va dirigida. Así, por ejemplo, por parte de las actividades del eje de formación, se han premiado 5 trabajos TFG y TFM, contribuyendo al refuerzo curricular de los premiados. Los 7 módulos formativos ofertados hasta ahora han tenido más de 100 inscripciones.

En las conferencias sectoriales organizadas dentro del eje prioritario 3, ya son más de 250 las inscripciones que se han recibido con asistentes procedentes de entidades nacionales e internacionales. Cabe destacar también la asistencia a conferencias invitadas. Como directora de la cátedra fui invitada por el Colegio de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de Sevilla (COGITISE)) a impartir la lección inaugural, en noviembre de 2022. Y en septiembre de 2023 asistí al Professional Meeting on Hydrogen, a propuesta de la entidad organizadora.

¿Cómo está siendo la acogida por parte de las empresas que quieren iniciarse en la tecnología del hidrógeno, tanto en proyectos de ingeniería como de I+D+i?

Desde el Consejo de Cátedra Gabitel sobre el Hidrógeno de la Universidad de Huelva, agradecemos la acogida que por parte de las empresas se está dando a las actividades organizadas. Escuchamos propuestas sobre necesidades identificadas, y expresamos nuestra disposición a que la Cátedra Gabitel sobre el Hidrógeno sea un recurso que permita llevar a cabo acciones que promuevan el desarrollo, pero siempre garantizando la sostenibilidad industrial, económica y,

sobre todo, social.

Añadir que, por parte de los medios de comunicación, a las actividades que desarrollamos desde la Cátedra se ha dado una importante cobertura informativa, superando el medio centenar de apariciones en prensa.

¿Qué requisitos han de tener estas empresas, y cómo pueden ponerse en contacto?

Podríamos decir que el único requisito es el compromiso. Una vez que se firma el convenio entre las partes (Universidad de Huelva y empresas participantes), se debe tener un compromiso con los valores y principios que sustentan la cátedra, y creer en ellos. A partir de ello, se define el plan semestral o anual de actividades, y el equipo de personas nos ponemos a trabajar por y para conseguirlos.

¿Cómo se imagina la proyección del hidrógeno verde en los próximos años, tanto en España como a nivel internacional? ¿Es la energía clave en la descarbonización del planeta?

No suelo decir clave, pero sí una pieza en el puzzle de la transición energética. Y si nos falta una pieza, por muy pequeña que sea, el puzzle queda incompleto. Creo que todos somos conscientes de la necesidad de “transicionar” energéticamente, y la Unión Europea es la región donde más legislado tenemos el compromiso de NZE (Net Zero Emissions).

A pesar de que actualmente la contribución del hidrógeno como vector energético a la producción mundial de energía supone en torno al 2%, las previsiones son que se multipliquen x5 al llegar a 2050. A nivel internacional, podemos encontrar países donde el uso y la aplicación de la Tecnología de Hidrógeno es una realidad. Por ejemplo, el desarrollo del uso de hidrógeno en aplicaciones residenciales en Japón, o el uso de hidrógeno en movilidad también en Japón o en Alemania.

En España, aún no hemos alcanzado el nivel de desarrollo de hidrógeno verde (producido a partir de fuentes de energía no contaminantes), comparable con estos países. De hecho, en base a la Hoja de Ruta del Hidrógeno emitida por el Gobierno Español, España ocupa el sexto lugar en capacidad de producción de hidrógeno entre los países de la UE, pero este hidrógeno es en más del 95% de tipo gris (reformado con vapor de gas natural).

Mediante el desarrollo de proyectos que potencien la tecnología de hidrógeno a partir de fuentes de energía renovable

La Universidad de Huelva lleva veinte años trabajando en la Tecnología de Hidrógeno

(hidrógeno verde) se estima, como ya es una realidad, que España sea una potencia europea de generación de energía renovable, gracias a las ventajosas condiciones climáticas y grandes superficies libres para instalación de plantas de producción de energía renovable.

¿Cuáles son los principales desarrollos o dificultades a los que se enfrenta?

Los principales desafíos a los que nos enfrentamos si queremos que la Tecnología de Hidrógeno sea una herramienta para alcanzar la transición son, en primer lugar, alcanzar un compromiso global (global = mundial). Como he comentado anteriormente, Europa es la región geopolítica con mayor avance en materia de legislación para alcanzar el NZE. Pero en contra, EEUU sólo alcanza el 10% en materia de compromiso político escrito, o China que aún se encuentra en fase de discusión de propuestas. Carece de sentido que, si las consecuencias de la aceleración del calentamiento de nuestro planeta las sufriremos todos, seamos sólo unos pocos los que estamos trabajando para mitigarlo en la medida de lo posible.

El segundo reto es el equilibrio en la cadena de suministro del hidrógeno. Según la IEA (Internacional Energy Agency), el grado de madurez tecnológica de los sistemas de producción de hidrógeno roza el TRL 5, mientras que el de sistemas de producción supera el TRL 6, y los casos de uso final rozan el TRL 7. Esto nos lleva a asociarlo con el problema de qué fue antes, ¿el huevo o la gallina? Si no tenemos tecnología madura, no se genera demanda. Pero si no se genera demanda, no se trabaja en el desarrollo de la tecnología.

Y el tercer reto es educación y formación. Los estudiantes de hoy serán los ciudadanos y consumidores de mañana. Se necesitan ofertas de educación y formación que permita acercar la sociedad a la Tecnología de Hidrógeno, y entenderla como una forma de obtener las necesidades básicas: hábitat, seguridad, energía.

¿Qué potencial aporta Andalucía, y más concretamente la provincia de Huelva, para el desarrollo de este vector energético, que proviene de fuentes renovables y con cero emisiones de CO₂?

Andalucía es la comunidad con más horas de sol de España, por lo que la producción de energía eléctrica de origen solar está garantizada. A su vez, Huelva cuenta con los principales puntos que garantizan el despliegue de la tecnología: Polo Industrial, que asegura el consumo y posición geográfica (con el puerto se garantiza la distribución por mar y la frontera con Portugal, que asegura la distribución terrestre nacional e internacional).

A partir del atractivo turístico que es Andalucía, ser referente en una tecnología que aporta beneficios medioambientales, desarrollo tecnológico e industrial, aportará garantía de sostenibilidad e innovación.

¿Y la Universidad?

La Universidad de Huelva lleva veinte años trabajando en la Tecnología de Hidrógeno. Fruto de los trabajos realizados y publicados en revistas científicas internacionales, ha sido posible que una universidad andaluza y joven, como es la Universidad de Huelva, se posicionara en el “Ranking of the World Scientists: World’s Top 2% Scientists”, que elabora la Universidad de Stanford (California, EEUU), en 2022.

Además de la producción científica, la experiencia y recursos obtenidos a partir de convocatorias competitivas regionales, nacionales e internacionales, ha favorecido que empresas tecnológicas contacten con nosotros para el desarrollo de proyectos científico-industriales con resultados transferibles y patentables.

¿Cuáles son los próximos proyectos previstos, en el marco de la Cátedra Gabil?el?

En el corto plazo, tenemos previsto la organización de una nueva conferencia sectorial orientada hacia la distribución y transporte de hidrógeno como combustible a nivel de país: diseño y trazado de gaseoductos, uso de materiales para la fabricación de tuberías, etc. En el medio plazo, anualidad de 2024, tenemos previsto abrir una convocatoria para financiar trabajos de investigación de jóvenes investigadores, con el objetivo de captar talento y desarrollar nuevas líneas de investigación. Y, por otra parte, la organización de visitas guiadas a centros de investigación y a plantas industriales también son otras actividades previstas que fortalecen la oferta formativa y defiende el compromiso universidad-empresa.

Rafael Carmona

Presidente de la Autoridad Portuaria de Sevilla (APS)

“Desde la Autoridad Portuaria de Sevilla, enfocamos nuestra estrategia hacia la promoción de energías verdes y sostenibles”

Mónica Ramírez

El primer Consejo de Administración de la Autoridad Portuaria de Sevilla (APS) del año arrancaba con la aprobación del otorgamiento de una concesión administrativa por 30 años a favor de la empresa Solaner Dos S.L., para la construcción de una planta solar fotovoltaica, que producirá hidrógeno verde y almacenará energía.

Esta instalación ocupará una superficie de 13.500 m², sobre una parcela de 23.390 m² de dominio público portuario, situada en el polígono industrial de Astilleros del Puerto de Sevilla. En concreto, la instalación de placas fotovoltaicas se realizará sobre marquesinas, de forma que el área compatibilizará su nuevo uso con el actual, como zona de aparcamiento para el polígono. La nueva concesión supone un impulso al posicionamiento del Puerto de Sevilla ante sectores industriales estratégicos como son las energías renovables. A lo largo de esta entrevista, Rafael Carmona, presidente de la Autoridad Portuaria de Sevilla (APS), nos explica en qué consiste este proyecto pionero y la proyección que se espera tener.

El pasado mes de febrero, la Autoridad Portuaria de Sevilla aprobaba la concesión para la construcción de una planta de producción de hidrógeno verde, a partir de energía solar fotovoltaica, ¿en qué consiste este proyecto?

¿Cuáles son sus objetivos?

Dentro del Plan Estratégico 2025 del Puerto de Sevilla se establece el impulso de sectores industriales como el de las energías renovables. En esta línea avanzamos desde la Autoridad Portuaria de Sevilla, así como en el impulso a la descarbonización del transporte y en la promoción de combustibles más limpios y sostenibles, como es el hidrógeno verde. Queremos ser un puerto ecoeficiente.

Por ello, avanzamos con la aprobación



Rafael Carmona.

Este es un proyecto pionero para el Puerto de Sevilla, para ser ecoeficiente

de una concesión administrativa por 30 años a favor de la empresa Solaner Dos S.L, para la construcción de una planta solar fotovoltaica que producirá hidrógeno verde, sirviendo además como almacén energético. Este es un proyecto pionero para el Puerto de Sevilla; al iniciar la producción de hidrógeno verde en nuestros terrenos favorecemos la introducción de estas iniciativas energéticas y el uso de este eco-combustible en la operativa portuaria.

¿Cuáles son las principales innovaciones del proyecto?

Esta instalación ocupará una superficie de 13.500 m², sobre una parcela de 23.390

m² de dominio público portuario, situada en el polígono industrial de Astilleros del Puerto de Sevilla. Como novedad, la producción de hidrógeno verde se realiza a través de la instalación de placas fotovoltaicas sobre marquesinas, de forma que el área compatibilizará esta nueva función con el actual uso como zona de aparcamiento para el polígono industrial.

Somos un gran núcleo de actividad industrial para Sevilla, un nodo logístico clave para el desarrollo de la región y, desde la Autoridad Portuaria, enfocamos nuestra estrategia hacia la promoción de energías verdes y sostenibles.

¿Qué ventajas y valor añadido ofrece el Puerto de Sevilla a la hora de llevar a cabo un proyecto de este tipo, en el que se apuesta por las energías renovables?

La producción de eco-combustibles sitúa al Puerto de Sevilla como un actor destacado en el ámbito de las energías renovables. Disponer de instalaciones de generación energética de origen sostenible, dentro del propio puerto, supone una gran ventaja para la actividad industrial de las compañías ubicadas aquí. Especialmente, para las localizadas en el polígono industrial de Astilleros, que ya cuenta con empresas dedicadas a la producción de grandes piezas para el sector de las renovables, como las torres eólicas offshore.

¿Cómo es la colaboración de la Autoridad Portuaria con las universidades, instituciones o entidades en materia medioambiental y de la sostenibilidad?

La Autoridad Portuaria de Sevilla cuida la relación con las universidades y con los centros de investigación a través de varios proyectos de I+D+i punteros en Andalucía. Es el caso del Centro de Innovación del Puerto de Sevilla, un espacio destinado al desarrollo de la Industria 4.0, el impulso de la logística, los nuevos materiales y la sostenibilidad en el transporte.

Cada día damos nuevos pasos para favorecer la transferencia de conocimiento entre la Universidad y la empresa, como garantía

de éxito en las investigaciones, impulsando un ecosistema innovador en una de las zonas con mayor actividad logística e industrial de Sevilla.

El Centro de Innovación del Puerto de Sevilla, fruto de la colaboración de la APS con la Universidad de Sevilla, se enmarca en el Programa Interreg V-A España-Portugal (POCTEP) 2014-2020, y cuenta con un presupuesto global de 21 millones de euros, cofinanciados en un 75 por ciento por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) y un 25 por ciento por la Junta de Andalucía. Un espacio en el que trabajan codo con codo las universidades de Sevilla, y las portuguesas de Alentejo y Algarve.

Además, el Centro de Innovación del Puerto de Sevilla presenta unas cualidades únicas al encontrarse en pleno entorno portuario. Por un lado, dispone de una buena accesibilidad y proximidad a centros educativos, como el Campus Universitario de Reina Mercedes, y, por otro lado, está junto a la dársena de Batán y su centro logístico, y cerca del polígono industrial de Astilleros, que aglutina una intensa actividad del sector metalmeccánico.

En otro ámbito, el del estudio del estuario del Guadalquivir, la Autoridad Portuaria de Sevilla desarrolla con las universidades andaluzas una investigación para acrecentar el conocimiento sobre el entorno natural a nivel científico, promoviendo soluciones innovadoras que permitan la gestión de dicho hábitat en un marco de sostenibilidad ambiental. Para ello, la APS colabora con las universidades de Huelva, Málaga, Cádiz y Sevilla, y con el CSIC en la implementación de estudios sobre los sedimentos del estuario (origen y caracterización); sobre un modelo predictivo de la hidrodinámica del estuario; sobre la importancia ecosistémica del carcinoplancton y el ictioplancton; y en la elaboración de un protocolo para la creación de nuevos humedales a partir de los dragados de mantenimiento de la canal de navegación del Guadalquivir, respectivamente. Este último proyecto fue ampliamente reconocido al obtener el premio Medio Ambiente de la Junta de Andalucía en 2020.

Por último, mencionar también el GoHub, una aceleradora de empresas en la que participa la Autoridad Portuaria de Sevilla, la Universidad de Sevilla y la empresa Global Omnium, enfocada al apoyo de emprendedores de base tecnológica (EBT) relacionados con la actividad portuaria.

¿Qué otras actuaciones se están realizando o está previsto realizar para favorecer la transición energética?

La Autoridad Portuaria de Sevilla, en el cami-

La APS cuida la relación con las universidades y con los centros de investigación de I+D+i

no de consolidarse como puerto ecoeficiente, se ha propuesto favorecer la transición energética y la descarbonización, entre otros aspectos. Asumimos una posición proactiva en la lucha contra el cambio climático. Por ello, desde la institución portuaria vamos a invertir 381.000 euros en la mejora del alumbrado público. Instalaremos luminarias LED en la esclusa, los muelles de Armamento y Batán Norte, el polígono industrial de Astilleros, y en diferentes viarios como la carretera de El Copero.

Estas inversiones vienen a completar un programa más amplio de actuaciones dirigidas a mejorar la sostenibilidad, como por ejemplo la instalación de una planta solar fotovoltaica de autoconsumo en la esclusa. La inversión superará los 400.000 euros con el objetivo de suministrar energía limpia a la torre de control de la esclusa "Puerta del Mar", y a toda la maquinaria dedicada a su funcionamiento (apertura de los puentes, compuertas, señalización y alumbrado). Queremos que el consumo eléctrico de la esclusa sea 100% renovable.

Asimismo, recientemente hemos firmado con Endesa un protocolo de colaboración para definir y diseñar infraestructuras y servicios más eficientes y sostenibles. En definitiva, un nuevo modelo que favorezca la transición energética del Puerto de Sevilla.

¿Y en lo que respecta a la economía circular?

Dentro del Proyecto de Optimización de la Navegación, la Autoridad Portuaria de Sevilla trabaja para dar una segunda vida a los sedimentos de los dragados de mantenimiento de la Eurovía E.60.02 del Guadalquivir. Dicho material es utilizado para regenerar playas, como es el caso del litoral del Espacio Natural de Doñana, crear humedales para la avifauna acuática en los vaciaderos terrestres, y contribuir a la economía circular con nuevos usos de los sedimentos para la construcción y la industria cerámica.

¿Es fundamental la colaboración público-privada para lograr los objetivos marcados en el ámbito de la sostenibilidad?

Todos estos proyectos enfocados a la consecución de puertos eco-sostenibles, mejoran su gestión y consiguen resultados de forma más eficiente si existe una colaboración público-privada. En este sentido, la Autoridad Portuaria de Sevilla mantiene una actitud proactiva para estrechar la relación con agentes tradicionales del ámbito de la sostenibilidad.

Me gustaría destacar que por parte de este organismo estamos trabajando activamente con la naturaleza, bajo el enfoque Working with Nature, para mejorar el estuario del Guadalquivir, al mismo tiempo que optimizamos la navegación hasta los muelles del Sevilla. En este proceso, contamos con la participación de todos los actores del estuario: comunidades agrícolas y regantes, ecologistas y organismos para la conservación del entorno natural, representantes del sector pesquero y acuícola, administraciones, empresarios y científicos... El fin que perseguimos es trabajar de forma conjunta, detectando oportunidades para la gestión sostenible del ámbito.

¿Qué papel juega la digitalización en todo este proceso? ¿Qué proyectos engloba, fundamentalmente, el Plan de Digitalización del Puerto de Sevilla?

Resumido en números, el Plan de Digitalización del Puerto de Sevilla recoge 49 propuestas de proyectos, 9 objetivos, y se articula en dos focos estratégicos: la modernización tecnológica y la competitividad y conectividad logística. Hemos lanzado iniciativas para la modernización del sistema de atraques; la actualización del centro de control de la esclusa, o el desarrollo de una app móvil para la gestión integral del servicio de Policía Portuaria. Tenemos previsto invertir 7,8 millones de euros en digitalización e innovación en los próximos 5 años.

El espíritu de innovación y digitalización también se traduce en otros proyectos capitales para la Institución portuaria, y que vienen desarrollándose con el apoyo de la Unión Europea. Es el caso de AIRIS II-Synchro, que optimiza el control y la coordinación en tiempo real de los distintos modos de transporte (buque-tren-camión), y en el que participan las universidades de Sevilla y Málaga; o Ferro Port System II, un sistema inteligente que automatiza la operativa ferroviaria en los entornos portuarios. Perseguimos agilizar la cadena logística, ahorrar costes, tiempo y prestar un servicio mucho más eficiente en base a la aplicación de las TIC a la operativa portuaria.

José María Piñar

Consejero delegado de Elmya

“Debemos ser capaces de fabricar hidrógeno a un coste inferior al del resto de países europeos”

Mónica Ramírez

En 2022 se ponía en marcha la primera fase del proyecto de lo que será el primer centro de operaciones para la producción y distribución de hidrógeno verde en Andalucía, situado en el Polígono La Isla de Dos Hermanas, en la provincia de Sevilla.

Este hub de hidrógeno verde, llamado H2Green La Isla, tiene como principal objetivo contribuir a la reducción de las emisiones de CO₂. Para ello, contará con una instalación para la producción de hidrógeno verde mediante electrólisis del agua, que será capaz de generar, cuando esté a plena producción, unas 1.500 toneladas de hidrógeno de origen renovable al año, destinado a movilidad, autoconsumo térmico industrial y blending (mezcla) de hidrógeno con gas natural en la red gasista. La intención es lograr una reducción de emisiones de CO₂ a la atmósfera del orden de 14.000 toneladas anuales, en total.

En una siguiente fase, se instalará un electrolizador de 3 MW para la producción de hidrógeno verde, que será consumido por las principales industrias asentadas en el Polígono La Isla, con las que ya se han firmado acuerdos de colaboración.

Estas compañías estarán directamente conectadas a la instalación de producción, mediante una red de hidroductos que se va a ir desplegando por este polígono industrial en colaboración con Nedgia, la distribuidora de gas del grupo Naturgy. La energía eléctrica renovable provendrá tanto de plantas fotovoltaicas de nueva creación en la zona, como de contratos PPA (de compraventa de energía a largo plazo).

En principio, el proyecto va a requerir de una inversión de más de 25 millones de euros, y está previsto que se generen más de 80 empleos cualificados durante sus cinco años de fase de construcción, y aproximadamente una treintena en sus inicialmente previstos 25 años de opera-



José María Piñar

ción.

José María Piñar Celestino, ingeniero de la rama industrial, es el consejero delegado de la empresa Elmya, fundada en 1966, y que en la actualidad desarrolla, construye y opera proyectos de energías renovables en varios países del mundo. Cuenta con unos 400 empleados y en 2022 facturó más de 100 millones de euros. Desde 2022 es accionista de SailH2, empresa de ingeniería y promotora de proyectos de hidrógeno, con un equipo de tecnólogos que posee una amplia experiencia en el sector. SailH2 es la empresa que promueve el proyecto H2Green La Isla, en colaboración con otras empresas del sector y las administraciones públicas.

¿En qué medida puede contribuir el hidrógeno a la denominada “transición verde”?

El hidrogeno verde es un vector energético con muchísimo potencial para apoyar el proceso de descarboniza-

“España puede llegar a ser un actor muy importante en el mundo del hidrógeno a nivel europeo”

ción de la economía, en particular la industria y el transporte. A corto plazo, hay muchísimas industrias electrointensivas que usan como combustible gases derivados del hidrógeno, como el amoníaco o el etanol. Además, en el mundo del transporte, el hidrógeno es una alternativa clara al coche eléctrico, con claras ventajas respecto a este, si bien su implantación es por ahora menor a la del coche eléctrico.

¿Cuáles son las principales dificultades y desafíos que se encuentran en la actualidad para su completa implantación?

Si bien la tecnología es muy antigua, puesto que la hidrólisis se descubrió en el año 1800, su penetración en la industria y la movilidad aún es muy incipiente. Las dificultades son las mismas a las que se enfrentaron otras tecnologías en la misma fase, como son economías de escala o costes de producción. La industria de fabricación de electrolizadores o pilas de combustibles está creciendo a ritmos agigantados, pero aún no ha alcanzado la madurez y el volumen necesarios que permita bajar costes de fabricación a niveles deseados. No obstante, teniendo en cuenta que el factor que mayor afección tiene al precio del kilo de hidrógeno verde es el coste de la energía, veremos mejoras sustanciales y, por tanto, un importante crecimiento en el sector, en los próximos años, toda vez que la implantación masiva de

renovables ayudará a bajar los costes energéticos a medio plazo.

¿En qué sectores será más eficiente, seguro y sostenible?

El hidrógeno es seguro y sostenible en cualquiera de sus usos. La eficiencia depende del uso comparativo y los condicionantes regulatorios, esto es, si los gobiernos mantienen como todos esperamos, su compromiso con la descarbonización, entonces el hidrógeno verde será necesario a muchos niveles. Nuestra apuesta desde Sailh2 (empresa participada por Elmya) se centra en la industria, la movilidad y el blending, es decir, la inyección de hidrógeno verde en la red de gas natural.

¿En qué punto se encuentra nuestro país en lo que al desarrollo del hidrógeno se refiere?

España puede llegar a ser un actor muy importante en el mundo del hidrógeno a nivel europeo. Siendo, como he mencionado antes, el coste energético el principal elemento de coste, debemos ser capaces de fabricar hidrógeno a un coste inferior que el resto de países europeos, toda vez que somos el país con mejores niveles de irradiación y con terrenos disponibles para la implantación de proyectos renovables.

¿Qué proyectos se están llevando a cabo desde Elmya en materia de hidrógeno verde? ¿Qué objetivos se persiguen?

Elmya participa en el sector a través de Sailh2, compañía con un equipo de profesionales de amplísima trayectoria en el mundo del hidrógeno. Sailh2 tiene varios proyectos en su cartera, entre ellos un hub de Hidrógeno verde, llamado H2Green La Isla, por su ubicación en el Polígono Industrial La Isla (Dos Hermanas, Sevilla), que tiene como principal objetivo contribuir a la reducción de las emisiones de CO2, y tiene vocación de ser un proyecto

“Estamos ante una tecnología que abre un nuevo abanico de oportunidades para ingenieros”

pionero y referente, que contribuirá de manera importante a la hoja de ruta del hidrógeno y al despliegue del sector en Andalucía. Además, tenemos una cartera muy amplia de proyectos en desarrollo destinados al blending, que está a la espera de regulación para el acceso a la red gasista.

En términos de empleo, ¿se ha estimado cuántos puestos de trabajo se han creado ya y los que se van a crear?

Teniendo en cuenta que aún no estamos en fase de construcción en ningún proyecto, los empleos generados son en oficina técnica. Sailh2 tiene un equipo de 8 personas. El ritmo de crecimiento del equipo va lógicamente ligado al negocio. Por un lado, en los próximos meses comenzará la construcción de los proyectos

“El sector necesita mucha regulación, más allá de las ayudas. Es necesario regular el acceso a la red gasista”

del Hub La Isla y, por otro, el pipeline de proyectos de blending (inyección a la red gasista) irá madurando y requiriendo de más personal dedicado, para lo cual esperamos que pronto se publique la regulación de acceso a la red, que tanto tiempo llevamos esperando.

¿Qué papel desempeña la ingeniería y los ingenieros en la cadena de valor de dichos proyectos?

Un papel fundamental, lógicamente. Estamos ante una tecnología con un enorme potencial de crecimiento, que abre un nuevo abanico de oportunidades para ingenieros. Ya existe una demanda creciente de ingenieros formados en todos los eslabones de la cadena de valor, con lo que animo desde aquí a aquellos interesados a formarse.

¿Cuentan con el apoyo y la ayuda de las administraciones para el desarrollo y la puesta en marcha de estos proyectos?

De nuestra cartera de proyectos, dos

de los proyectos industriales han conseguido ayudas de los planes MOVES (para movilidad) y PIONEROS (para producción industrial de hidrógeno). Estamos muy contentos con el rendimiento del equipo de Sailh2, ¡están imparables!

“El hidrógeno verde es un vector energético con muchísimo potencial para apoyar el proceso de descarbonización”

¿Piensa vque estos programas de incentivos a programas pioneros y singulares de hidrógeno verde son suficientes?

Bajo mi punto de vista están bien diseñados y servirán para que proyectos, que de otra manera no podrían hacerlo, vean la luz, y arrancar el sector. No obstante, el sector necesita mucha regulación, más allá de ayudas. Necesitamos regular el acceso a la red gasista para la mezcla (blending) de H2 en la red de gas natural (metano=CH4), y una voluntad clara de descarbonizar la industria, ya sea con ayudas o con impuestos a aquellos que no se descarbonicen en un cierto periodo de tiempo razonable.

En su opinión, ¿contamos con el potencial de convertirnos en un país exportador de hidrógeno renovable y la tecnología asociada?

Sin lugar a dudas, España tiene el potencial y la materia prima en sus diversas formas (irradiación, terrenos disponibles, talento humano, etc.).

Insisto en que los reguladores son los que tienen la clave, son ellos los que deben decidir en qué medida España será líder europeo en hidrógeno, o por el contrario se quedará al rebufo de otros países que tomen el liderazgo por nosotros.

Es importante destacar que ser el principal productor de gas renovable en Europa, nos daría una posición de privilegio en la escena geopolítica, ¿vamos a dejar pasar semejante oportunidad?

María Retuerto y Álvaro Tolosana

Científicos investigadores del Instituto de Catálisis y Petroquímica, del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

“La electrólisis es el proceso más eficiente de producción de hidrógeno a partir de energía eléctrica”

Mónica Ramírez

María Retuerto Millán y Álvaro Tolosana Moranchel son científicos del grupo de investigación del Instituto de Catálisis y Petroquímica (IPC) del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Ambos centran su investigación en nuevos materiales para hacer más eficiente la generación de hidrógeno verde mediante electrólisis del agua. Además, la labor desarrollada por esta investigadora ha recibido el reconocimiento de la Fundación L'Oréal y la UNESCO, con uno de los Premios a la Investigación For Women in Science, concedidos anualmente a cinco eminentes científicas españolas. En su caso, en concreto, por su trabajo en el desarrollo de tecnologías que permitan almacenar energías limpias a través del hidrógeno verde.

Por su parte, Álvaro Tolosana es investigador posdoctoral con una ayuda de Atracción de Talento de la Comunidad de Madrid. Técnica Industrial ha charlado con ellos para conocer de primera mano las investigaciones que están llevando a cabo y las principales innovaciones relacionadas con este vector energético, que será clave en la transición energética.

¿En qué se centra la investigación que están llevando a cabo en el grupo de Energía y Química Sostenible del Instituto de Catálisis y Petroquímica?

Nosotros somos un grupo de investigación del Instituto de Catálisis y Petroquímica (ICP) del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Como tal, nuestras principales líneas de investigación en el campo del hidrógeno verde están centradas en la mejora de los proce-



María Retuerto y Álvaro Tolosana, científicos investigadores del CSIC.

Todavía hay que mejorar las tecnologías de la electrólisis para aumentar su eficiencia

Los catalizadores que ocurren durante la producción de hidrógeno verde en los electrolizadores.

En concreto, en los electrolizadores actuales de tipo PEM se usan metales muy escasos y caros como el platino y el iridio. En nuestro grupo de investigación investigamos sobre nuevos catalizadores que usen menos de estos metales, o incluso que usen sólo componentes abundantes y baratos, y que sean capaces de producir una mayor cantidad de hidrógeno gastando menos energía.

También trabajamos en la mejora

de los electrolizadores alcalinos en los que se usan, sobre todo, níquel. La Agencia Internacional de la Energía ha incluido el níquel en la lista de materiales críticos del 2022 (<https://www.iea.org/policies/15271-final-list-of-critical-minerals-2022>), por tanto, también estamos trabajando en reducir su utilización y tratar de aumentar la eficiencia y duración de ambos sistemas.

En líneas generales, ¿cuáles son las principales ventajas del hidrógeno verde? ¿y de la tecnología de la electrólisis?

El hidrógeno verde, o hidrógeno renovable, es el hidrógeno que se obtiene a partir de fuentes renovables y sin emisiones netas de CO₂ durante su producción.

Para ponerlo en contexto. El hidrógeno no se encuentra libre en la naturaleza (es decir, no hay H₂), pero se puede producir a partir de otras moléculas (H₂O, CH₄, petróleo...). Para obtener hidrógeno a partir de esas moléculas hay que aportar energía. Actualmente el hidrógeno se obtiene principalmente de metano (o gas natural), pero también se puede producir a partir de carbono o de petróleo, por lo que además de producir hidrógeno se produce CO₂. Además, la energía necesaria para producir esta reacción no es de origen renovable, por lo que se generan aún más emisiones de CO₂.

Por el contrario, el hidrógeno verde se produce a partir del agua, por lo que además de hidrógeno no se produce CO₂ sino oxígeno. Aún más, la energía necesaria para la producción de hidrógeno a partir de agua se obtiene a partir de energía renovable (solar, eólica etc.), por lo que no hay emisiones de CO₂ en ninguna etapa del proceso (siempre y cuando

la energía usada sea totalmente renovable).

La electrólisis es la separación del agua en sus elementos, hidrógeno y oxígeno

La electrólisis es el proceso más eficiente de producción de hidrógeno a partir de energía eléctrica. Este proceso es la separación del agua en sus elementos, hidrógeno y oxígeno, cuando se aplica una corriente eléctrica externa (electricidad proveniente de renovables). De esta forma, la electricidad renovable se almacenará en forma de hidrógeno. Las ventajas son que no deja residuos y es completamente renovable.

Una de sus mayores desventajas es el precio, ya que el precio actual de la producción de hidrógeno verde a partir de renovables es de unos 5 €/kg, pero este coste (OPEX) depende principalmente del precio de las energías renovables, por tanto, ya a día de hoy este precio se está reduciendo con la disminución del coste de las renovables, siendo cada vez más competitivo con el hidrógeno proveniente de fuentes fósiles. Sin embargo, todavía hay que mejorar las tecnologías de la electrólisis para aumentar su eficiencia y disminuir su coste CAPEX. En este coste hay que tener en cuenta el coste del electrolizador y del balance de planta (convertidores de corriente, acumuladores de agua, presurizadores, sistemas auxiliares). Por tanto, el CAPEX depende en gran medida de una mayor producción de electrolizadores y de un aumento de su capacidad.

Existen varias tecnologías electrolíticas, y todas ellas tienen en común la presencia de dos electrodos donde se producen el hidrógeno (reducción, cátodo) y el oxígeno (oxidación, ánodo). La tecnología más desarrollada y comercial es la electrólisis alcalina convencional.

Esta se basa en la inmersión de los dos electrodos en un electrolito

líquido alcalino que conduce aniones OH⁻. Los electrodos están separados por un diafragma. Es una tecnología simple y barata, el mantenimiento es sencillo, no se necesitan metales nobles y es relativamente estable. Sin embargo, las densidades de corriente que se obtienen son bajas, trabaja dentro de unos límites de operación (inferior y superior) para que no se produzca mezcla de hidrógeno y oxígeno, perdiéndose, por tanto, parte de la energía producida, los electrodos se acaban corroyendo después de un número determinado de paradas y puestas en marcha, y no se ajusta a los requerimientos de acumular energía renovable, ya que su tiempo de respuesta es elevado. Por tanto, generalmente se acoplan a una batería para utilizarse como acumuladores de energía.

Existen otras tecnologías electrolíticas en fase de desarrollo, como son la electrólisis de membrana polimérica protónica (PEM) y la electrólisis de estado sólido. La PEM ya es comercial a menor escala. Es una electrólisis donde el electrolito es una membrana polimérica sólida que conduce H⁺. Se alimenta con agua pura, el hidrógeno producido es muy puro (99.999%), y se presuriza directamente en el sistema, las densidades de corriente que se obtienen son las más elevadas y tiene una respuesta muy rápida y dinámica, que son los requerimientos necesarios para acumular las energías renovables, debidas al carácter fluctuante de éstas. Sus inconvenientes son que los materiales de los electrodos están basados en metales nobles y en las placas bipolares se utiliza titanio, en ambos casos con un precio elevado y con los problemas relacionados con su escasez y abastecimiento. A día de hoy PEM es la tecnología idónea para acumular los excesos de energía renovable.

La electrólisis de estado sólido todavía no se comercializa. Es un sistema sólido que trabaja a altas temperaturas (500-1000 °C). El electrolito es un conductor de iones oxígeno (O²⁻). La eficiencia energética es prácticamente del 100%, no necesita metales nobles, puede trabajar a alta presión y es reversible a una pila de combustible. Sin embargo, debido a sus altas temperaturas, aún existen

problemas respecto a la durabilidad de sus componentes y no se ajusta a los requerimientos de las energías renovables debido a estas temperaturas. Esta condición puede ser una ventaja si se acopla a sistemas en los que se libere calor y éste se pueda utilizar. Es una de las tecnologías electrolíticas más prometedoras. Existen otras tecnologías electrolíticas en fase experimental, como son la de membrana microbiana, la de membrana de intercambio aniónico, la membraneless o la de agua salada.

Respecto a las dos tecnologías comerciales, los electrolizadores alcalinos se comercializan de mayor capacidad llegando a 40 MW aproximadamente, mientras que los electrolizadores PEM suelen ser más pequeños, siendo los mayores comercializados del orden de 6-10 MW aproximadamente. En la actualidad, los electrolizadores de estado sólido que se están empezando a desarrollar tienen una capacidad aproximada de 10 kW.

Entre las compañías que comercializan electrolizadores alcalinos convencionales y PEM destacan NEL Hydrogen, Giner Inc., Hydrogen Pro, Cummins y Siemens. En España cabe destacar HIDROGENA Desarrollos Energéticos S.L., H2 Greem y H2B2 Electrolysis Technologies S.L.

El aumento de la eficiencia es uno de los objetivos de las investigaciones

¿Qué usos se le puede dar a este tipo de hidrógeno?

En la actualidad, el hidrógeno (no verde) se usa en la industria para diversos procesos tales como la producción de amoníaco, la producción de combustibles y la producción de metanol y derivados. No se usa, al menos directamente, en el sector energético como vector energético.

Por el contrario, el hidrógeno verde puede usarse en el sector energético, además de los procesos anteriores en los que se usa el hidrógeno actualmente. Los usos del H2 verde

serán los siguientes:

En el sector energético, su uso principal es como vector energético. Como hemos dicho anteriormente, el hidrógeno se produce a partir del agua usando energía renovable mediante un proceso de electrolisis (ruptura de la molécula de agua por electricidad). Ese hidrógeno producido por electrolisis acumula la energía (renovable) que se ha aportado en el proceso siendo por tanto un acumulador de energía renovable en los períodos de baja demanda. Como ha acumulado energía, puede usarse como vector energético (combustible) para volver a producir electricidad (reacción opuesta a la de producción, en la que el hidrógeno se transforma en agua y produce electricidad), sin emisiones de CO₂. Esto se haría en una pila de combustible en la cual de nuevo el H₂ junto con O₂ del aire produciría agua y electricidad. Esta electricidad se puede usar en muchos sectores, como el transporte. Si te das cuenta usamos agua y electricidad renovable para producir hidrógeno verde, que cuando lo usamos produce agua y electricidad, siento un ejemplo perfecto de la economía circular.

El H₂ también puede producir energía mediante combustión directa, por ejemplo, para producir calor industrial o en aplicaciones como la aeroespacial. O mezclado con CH₄ en las líneas de gas natural.

En este sentido también puede realizarse la reacción de metanación, utilizando H₂ verde y captura de CO₂ e introducir este metano verde en la red gasista. El H₂ verde también puede usarse para las siguientes aplicaciones:

En el sector químico/industrial tradicional, para la producción de amoníaco, metanol, reformado petróleo etc. En el sector químico/industrial, en procesos que se necesita un agente reductor como en la producción de acero, y que resulta en grandes emisiones de CO₂. Al usar hidrógeno se evitan dichas emisiones.

¿Qué efectos puede tener en el sector de la industria?

Como acabamos de explicar la utilización de H₂ verde como reactivo, como agente reductor o como combustible para producir calor industrial. Por tanto, el H₂ verde ha sido

considerado clave para descarbonizar gran parte del sector industrial.

¿En qué otros sectores puede ser beneficioso el hidrógeno verde para tratar de descarbonizar el planeta?

Es una herramienta muy valiosa en el sector transporte, ya que se puede utilizar en pilas de combustible en transporte pesado y de larga distancia, o incluso en coches, aunque en este caso quizás sea más aconsejable utilizar coches de batería. En cualquier caso, para descarbonizar el sector transporte, ya sea mediante coches eléctricos (baterías y pilas de combustible), o biocombustibles o combustibles sintéticos; en ambos casos es fundamental la introducción del H₂ verde.

El H₂ puede producir energía mediante combustión directa para producir calor industrial

¿Es posible capturar CO₂? ¿Existen investigaciones en este sentido?

Sí, nosotros no trabajamos en esta línea actualmente, aunque sí que estamos comenzando a trabajar en la electrorreducción de CO₂ para producir productos de alto valor añadido como metano, metanol, combustibles, etc., a partir de CO₂ capturado y energía renovable.

En el CSIC existen otros grupos que trabajan en captura de CO₂, como en el INCAR, donde utilizan CaO como sorbente regenerable (procesos de carbonatación-calcinación o "calcium looping"), o captura y separación de CO₂ de corrientes gaseosas mediante otros procesos de adsorción. También existen investigadores (IDAEA) que trabajan en inyectar el CO₂ en formaciones geológicas profundas para su almacenamiento permanente.

¿En qué otras iniciativas o investigaciones habría que trabajar para lograr una verdadera transición energética y lograr un planeta más sostenible?

Básicamente en todos los pilares

clave establecidos para realizar la transición energética: invertir e investigar más en nuevas o modificadas energías renovables y en aumentar la eficiencia de las existentes (por ejemplo, las perovskitas solares), captura de CO₂, H₂ verde por las diferentes tecnologías electrolíticas mejorando las debilidades de cada una de ellas, y sistemas de almacenamiento de energía alternativos y complementarios al H₂ verde (baterías Li, baterías flujo redox, baterías metal-aire, etc.), biocombustibles y e-fuels. Este último punto es esencial para descarbonizar muchos sectores; utilizando como reactivos H₂ verde y CO₂ capturado se pueden producir muchos compuestos de valor añadido como metano, metanol, combustibles sintéticos, dimetiléter, etc. Además, seguir investigando en sectores más fundamentales de la ciencia, que quizás no están tan cerca de la aplicabilidad, pero son necesarios; producción de H₂ a partir de fotocatalisis, ciclos termoquímicos, etc.; electrorreducción de CO₂ o electrosíntesis de amoníaco, etc.

De manera global, ¿es necesario también consumir energía de una manera más eficiente?

Por supuesto, el aumento de la eficiencia es uno de los objetivos para cualquiera de las investigaciones detalladas anteriormente. Por ejemplo, en el caso de la producción de H₂ verde mediante PEMWE, nosotros tratamos de utilizar catalizadores con mayor actividad para hacer el proceso más eficiente, es decir, utilizar menos energía para producir la misma cantidad de H₂.

Por último, como reconocimiento al trabajo realizado en esta materia, María Retuerto ha sido galardonada con el prestigioso premio L'Oréal-UNESCO, por la investigación realizada sobre la electrolisis del agua y la generación de hidrógeno verde. ¿Qué supone para usted recibir este tipo de galardones?

Conseguir un premio tan prestigioso como éste es un reconocimiento a mi carrera científica. Es, de alguna manera, una demostración de que el trabajo, la constancia, el esfuerzo, y no tirar la toalla, al final, tienen su recompensa.


Máster Universitario en Prevención de Riesgos Laborales

60
ECTS

100%
on line

Titulación
oficial por
**Universidad
Francisco
de Vitoria**


Institución
colaboradora:
LA LEY

 Duración: 9 meses

 Modalidad: *On line*

 Créditos: 60 ECTS

 Idioma: Español

 Prácticas en empresas: 200 horas

 3 disciplinas técnicas preventivas:
• Seguridad en el trabajo
• Higiene industrial
• Ergonomía y psicología aplicada

 Acceso a CISS LABORAL

¿Qué pasaría si la
SEGURIDAD fuera
tan importante
como cumplir con
la **LEY**?



INFÓRMATE AHORA

Alicia Calderón
Formación In Company |
Gestión Educativa
Unidad de Grandes Cuentas,
Universidades e Instituciones
669.814 158
alicia.calderon@aranzadilaley.es

La **Prevención de Riesgos Laborales** continúa siendo una materia imprescindible en todas las empresas. La seguridad y salud laboral, la inclusión, el envejecimiento poblacional, el teletrabajo y la diversidad serán la prioridad durante los próximos años. El futuro de la seguridad y salud en el trabajo implicará que los profesionales adopten un **enfoque multidisciplinar y humanístico** orientado al bienestar de los trabajadores.

Simultáneamente, surgen nuevos desafíos, como el impacto de la pandemia en el mantenimiento del sistema productivo que hace necesaria la **PRESENCIA DE TÉCNICOS EN PREVENCIÓN** altamente capacitados con dotes de liderazgo a todos los niveles.

Por tanto, nuestro Máster te brinda la formación que necesitas para poder trabajar como **TÉCNICO SUPERIOR EN PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES** ya sea en un servicio de prevención ajeno, como trabajador designado en una pequeña empresa o como técnico del servicio de prevención propio de grandes empresas y organizaciones.

PRÓXIMA CONVOCATORIA:

› Edición 35:
Del 26/10/2023 al 31/07/2024.

› Plazo de inscripciones:
Del 15 de junio al 06 de octubre 2023.

Jaume Sureda

Ingeniero Técnico Industrial y socio director de la empresa de ingeniería española Técnicos Consultores y de la brasileña Solatio Energia-Brasil

“Con el sector del hidrógeno tenemos un nicho para desarrollos de proyectos internacionales y de creación de tejido industrial”

Mónica Ramírez

En el marco del proyecto Power to Green Hydrogen Mallorca, liderado por Enagás y Acciona Energía, y con la participación de CEMEX e IDAE, se inauguraba en marzo de 2022, en Lloseta (Mallorca), la primera planta industrial de hidrógeno renovable de España. Previamente, la planta había iniciado las pruebas de la puesta en marcha, en diciembre de 2021, generando las primeras moléculas de hidrógeno renovable.

La producción industrial de hidrógeno renovable en la planta industrial se ha realizado de manera gradual y a medida que han ido estando disponibles las infraestructuras y los equipamientos para su consumo, dentro del proyecto subvencionado por la Unión Europea Green Hysland, del que Power to Green Hydrogen Mallorca forma parte.

Jaume Sureda, Ingeniero Técnico Industrial que ha trabajado en el proyecto, nos explica en esta entrevista los aspectos más destacados y las principales innovaciones que se han llevado a cabo.

Las compañías Acciona y Enagás han impulsado, junto con Cemex, Redexis, el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) y el Govern Balear, un proyecto de generación de hidrógeno verde a partir de energía fotovoltaica, que se utilizará en diversas aplicaciones energéticas en la isla. Se trata del proyecto Power to Green Hydrogen Mallorca. ¿En qué consiste exactamente?

El proyecto consiste en la creación de un ecosistema de hidrógeno verde en la isla de Mallorca. Este proyecto se enmarca en la Hoja de Ruta del Hidrógeno Verde y en los proyectos subvencionados por la Unión Europea en el programa Green Hysland.



Jaume Sureda.

El proyecto de Mallorca consiste en la creación de un ecosistema de hidrógeno verde

Se desarrollan infraestructuras para la producción de hidrógeno a partir de plantas fotovoltaicas y la distribución a usuarios finales, con el objetivo de desarrollar un proyecto piloto para la descarbonización de las economías insulares.

¿Cómo ha sido su participación en este proyecto?

Nuestra ingeniería Técnicos Consultores fue seleccionada para realizar los proyectos básicos para obtener las autorizaciones, con el fin de que el proyecto fuera declarado como estraté-

gico por parte del Gobierno Balear, y así facilitar administrativamente su implantación.

A nivel técnico, ¿cómo se ha desarrollado esta iniciativa?

El proyecto incluye la construcción de una planta de producción mediante electrolisis del agua, con una capacidad de 330 tn /año de producción de hidrógeno verde, así como la construcción de 2 plantas fotovoltaicas, que suman 13 Mwp fotovoltaicos, que alimentan a la planta de producción mediante contratos PPA, la instalación de una hidrogenera para abastecer a la futura flota de autobuses de la ciudad de Palma, la conexión a la red de gas natural mediante un hidroduto para poder inyectar hidrógeno en la red mediante un blending, y la realización de proyectos piloto de utilización de pilas de combustible para producir energía eléctrica y térmica en edificios.

Power to Green Hydrogen Mallorca lleva ya más de un año en funcionamiento, ¿qué balance se puede hacer hasta el momento? ¿Qué proyección tendrá este desarrollo tecnológico de cara a los próximos años?

A día de hoy, la planta de hidrólisis y los parques fotovoltaicos son una realidad, y de las pocas plantas de producción de hidrógeno verde que existen en Europa que estén preparadas para producir a escala comercial. Actualmente, se está ejecutando la infraestructura que permitirá la inyección a la red gasista, y ya existe un autobús en funcionamiento en el municipio de Palma.

¿Qué aplicaciones puede tener el hidrógeno verde en la isla?

Al no existir en la isla un sector industrial que demande hidrógeno, la principal aplicación está en el ámbito de la movilidad y para el consumo en edificios. Creo

Las empresas españolas estamos en los principales proyectos en diferentes países

en el hidrógeno como solución para la descarbonización del sector transporte. El hidrógeno como vector energético sirve para múltiples opciones, mediante el despliegue de infraestructuras para su consumo, en sectores como la movilidad, el sector turístico y el almacenamiento de energía.

También en Mallorca, recientemente se ha presentado el proyecto del nuevo parque solar fotovoltaico Es Rafalot, en Bunyola, que ha sido declarado "proyecto industrial estratégico", y que generará energía renovable equivalente al consumo de 12.000 familias; en cuya construcción participarán cerca de 270 trabajadores directos y otros 120 indirectos. Como ingeniero que ha participado en el proyecto, ¿cuáles son las principales innovaciones que se van a llevar a cabo, tanto a nivel general como más específicamente referidas a la ingeniería que se va a aplicar?

Como ingeniería y desarrolladores del proyecto hemos realizado, además, un proyecto de una planta fotovoltaica de 40 Mwp, que se ha realizado con criterios de integración agraria (agrovoltaiica) y de integración social, mediante la creación de un centro de interpretación de la energía.

De las 100 has del proyecto, solo 32 has se destinan a ocupación de paneles; el resto se utiliza para seguir con la actividad agrícola de la finca con la siembra de nuevos algarrubos, y la utilización de la zona de paneles para usos ganaderos y producción de miel. A nivel tecnológico, la planta dispondrá de un sistema de almacenamiento mediante baterías en AC coupling.

El parque dispondrá de un centro de interpretación para realizar visitas y, además, dispondrá de un mecanismo de participación ciudadana a

la inversión, mediante la venta de un 20% de las acciones preferentemente a inversores locales.

Por otra parte, en estos momentos se encuentra trabajando en un gran proyecto relacionado con la energía fotovoltaica en Brasil, de la mano de la empresa española Solatio, que se posiciona como el mayor desarrollador de grandes proyectos solares de escala en dicho país, superando los 20 GW de proyectos implementados, en construcción o en avanzado estado de desarrollo. Háblenos del proyecto de hidrógeno que Solatio está desarrollando en São João do Piauí.

Se trata de un megaproyecto para producir hidrógeno verde para el sector industrial de producción de amoníaco para fertilizantes. En Brasil hay una gran demanda de fertilizantes para el sector agrario, y se dan unas condiciones especiales para producir proyectos a gran escala y con energía verde barata. El proyecto consiste en la producción de un parque fotovoltaico de 1,9 Gwp, y de una planta de hidrólisis de 1,36 Gw de electrolizadores. Se trata de uno de los mayores proyectos a escala mundial.

¿Cómo es el camino que hay que emprender para poder desarrollar este tipo de proyectos fuera de nuestras fronteras?

Para estar presente en estos proyectos hay que estar implantados en el país, tener un conocimiento profundo del sector y formar equipos con empresas locales.

¿Cómo se valora a la ingeniería española en el extranjero?

A nivel de sector energético, las empresas españolas estamos presentes en los principales proyectos en diferentes países. España fue pionera en el sector fotovoltaico, lo que ha permitido que las ingenierías pudiéramos aplicar el Know How en diferentes países. Con el sector del hidrógeno tenemos un nicho para desarrollos de proyectos internacionales y de creación de tejido industrial.

¿Qué otros proyectos han desarrollado desde Solatio?

Solatio lleva más de 15 años en el sector energético de Brasil. Empezamos como desarrolladores de proyectos fotovoltaicos, participando en las subastas del Go-

bierno, habiendo realizado la ingeniería y permitting de 20 GWp en Brasil. Hemos dado el salto de desarrolladores de proyectos a empresa productora de energía fotovoltaica, tanto en generación distribuida como en grandes plantas, mediante venta de energía a empresas consumidoras privadas.

¿Cómo percibe la situación actual de la energía solar fotovoltaica y cómo piensa que será su proyección en los próximos años?

En España, el sector de autoconsumo seguirá en auge, tanto en el sector residencial como comercial, y existen importantes nichos a desarrollar, como las comunidades energéticas y las aplicaciones agrovoltaiicas.

El futuro de las plantas fotovoltaicas pasará por su hibridación con el almacenamiento. La gran penetración de energía fotovoltaica produce una disminución de los precios de la energía (efecto canibalización), impactando negativamente en la rentabilidad de los proyectos. Por tanto, el almacenamiento mediante tecnologías como el litio o el hidrógeno permiten optimizar la entrega de energía en horarios de mayor demanda y mejor precio.

Los retos de los próximos proyectos están en el almacenamiento

¿Cuáles son sus próximos proyectos?

Recientemente, hemos realizado proyectos a gran escala de dos plantas fotovoltaicas con almacenamiento de energía en la isla de Menorca, conectados en alta tensión, y que permitirán una descarbonización de la producción eléctrica en la isla.

Los retos de los próximos proyectos están en el almacenamiento a gran escala para ayudar a la penetración de renovables. La perspectiva de disminución de los sistemas de almacenamiento y el aumento de frecuencia de precios bajos, que se producirá al conectarse más potencia solar al sistema, hará que el almacenamiento sea rentable, ayude a la estabilización de la red y a la penetración de renovables.

La energía eólica marina como oportunidad de lucha contra el cambio climático en España

Offshore wind energy as an opportunity to fight against climate change in Spain

Fernando Blanco Silva¹

Resumen

El presente artículo aborda la implantación de la energía eólica marina como una oportunidad para la lucha contra el cambio climático y frenar sus catastróficos efectos sobre el medio ambiente. En primer lugar, se plantea un pequeño análisis de las políticas energéticas de lucha contra las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y, en particular, los criterios que deben cumplirse para la implantación de los parques eólicos. La segunda parte del artículo profundiza en los aspectos más significativos de la energía eólica offshore, en la planificación gubernamental (Hoja de Ruta de la Eólica Marina y de las Energías del Mar), en sus aspectos económicos (generación de puestos de trabajo y aporte al producto interior bruto) y, finalmente, tecnológicos (producción de energía eléctrica para la red y producción de hidrógeno verde mediante un procedimiento de electrólisis).

Palabras clave

Energía eólica, eólica offshore, hidrógeno verde, tramitación administrativa y Hoja de Ruta de la Eólica Marina y de las Energías del Mar.

Abstract

This paper purposes the offshore wind energy as an opportunity to combat the Climate Change and curb its catastrophic effects on the environment. In the first place, a small analysis of the energy policies to combat the emissions of greenhouse gases is proposed, and in particular the criteria that must be met for the implementation of wind farms. The second part of the paper delves into the most significant aspects of offshore wind energy, in government planning, in its economic aspects (generation of jobs and contribution to the gross domestic product) and, finally, also technological (production of electrical energy and production of green hydrogen by an electrolysis procedure).

Keywords

Wind energy, offshore wind energy, green hydrogen, administrative processing and Roadmap for Offshore Wind and Sea Energies.

Recibido / received: 08/11/2022 Aceptado / accepted: 20/05/2023

¹Ingeniero industrial en la Xunta de Galicia. E-mail: fernando.blanco.silva@edu.xunta.es



Foto: Shutterstock.

1. Introducción

El incremento de los gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera durante los dos últimos siglos ha provocado el aumento de la inercia térmica de la misma y un efecto no deseado conocido como el calentamiento global, causado, fundamentalmente, por las emisiones de dióxido de carbono en las combustiones de hidrocarburos y carbón. La principal línea de actuación contra este fenómeno es el fomento de las fuentes renovables. Desde la Primera Revolución Industrial (finales del siglo XVIII) se ha registrado un incremento en la temperatura media del planeta de 1,1 °C. Pese a las políticas de reducción de GEI de las últimas décadas, la concentración de estos en la atmósfera sigue aumentando de forma alarmante, empujando al planeta “a un territorio desconocido en el que se incrementan la frecuencia y la intensidad de fenómenos meteorológicos extremos” (Torroba, 2022).

Las políticas de fomento de las fuentes renovables surgidas en todo el mundo durante el último

cuarto de siglo han tenido un cierto éxito en la implantación de estas tecnologías, pero, en términos generales, la dependencia de los combustibles fósiles sigue siendo un serio problema en todo el mundo; además, en la medida en la que la mayor parte del consumo de energía se produce en países en desarrollo, es necesario un compromiso global que los incluya y garantice su derecho al desarrollo económico, todo ello en aras de la neutralidad climática (Botas Ramiro, Vázquez Teijeira, 2022).

La Unión Europea ha sido líder mundial en cuanto a la implantación de potencia eólica, solar fotovoltaica, solar térmica y de calderas de biomasa a lo largo de los últimos años, pero tiene como asignatura pendiente que la única tecnología retirada del mercado es el carbón, ya que los derivados petrolíferos, gas natural y combustible nuclear siguen manteniendo su presencia sin grandes alteraciones a lo largo de estas últimas décadas.

Los motivos para el fomento de las energías renovables son obvios. Por un lado, la lucha contra el

cambio climático y, por el otro, la dependencia energética de España como país importador de combustibles, y sin recursos en las fuentes convencionales. A estas dos debilidades tradicionales de la economía española se le debe añadir la inestabilidad geopolítica propiciada por la invasión de Ucrania. La guerra de Putin está provocando una nueva crisis energética cuyas consecuencias son incalculables si se prolonga más allá del invierno, y con dramáticas consecuencias para las economías más dependientes de los fósiles como es el caso de la española. A estos problemas ya consolidados hay que añadir la subida de los precios de la electricidad; la subida del gas ruso origina una subida en el precio del kWh motivada por una estructura de precios marginalista, que hasta 2020 funcionaba de forma razonable, pero que se descubre incorrecto, ya que cualquier subida en el precio del gas causa un efecto arrastre sobre toda la facturación eléctrica española (Sánchez Rodríguez, 2022).

En este contexto de desarrollo de las renovables hay que añadir

una nueva modalidad, que es la producción de hidrógeno verde a partir de la producción eléctrica renovable. El almacenamiento de energía sigue siendo uno de los desafíos tecnológicos más importantes en todo el mundo, y la apuesta más clara es la producción de hidrógeno mediante la electrólisis como vector de almacenamiento. Para esto es preciso disponer de grandes cantidades de energía eléctrica que podrían provenir de las energías renovables (Sánchez Delgado, 2020; Masoliver Pereira, 2020).

2. Métodos

2.1. Metodología para la redacción del presente artículo

El objetivo de este artículo es realizar un análisis exhaustivo de las posibilidades que tiene la implantación de energía eólica offshore en España, para lo que nos hemos fijado en aspectos de generación de energía (electricidad o hidrógeno), económicos (inversión y movilización de recursos) y ambientales. Para la redacción se ha realizado una revisión bibliográfica de los artículos científicos y de la normativa de aplicación, en el ámbito de la planificación energética, energía eólica offshore y, finalmente, en legislación eléctrica. Es importante también citar que se han abordado los incentivos para la generación de hidrógeno verde apoyados en los mecanismos de recuperación y resiliencia (MRR). Estos incentivos son muy recientes, por lo que no hay apenas literatura científica al respecto. En consecuencia, se ha recurrido a noticias periodísticas recientes, con la lógica precaución a la hora de contrastar estas fuentes no científicas.

2.2. La energía eólica en España

La energía eólica es la tecnología capaz de convertir la energía mecánica del aire en energía eléctrica ordenada, utilizando como aparato de conversión una turbina eólica. Esta modalidad de generación de energía eléctrica es conocida desde finales del siglo XIX, aunque la implantación en España no se produce hasta finales del siglo pasado. Du-

rante la década de 1980 se empiezan a instalar los primeros aerogeneradores conectados a la red comercial. Los primeros parques eólicos que hoy conocemos datan de principios de la década de 1990, entendiéndose como tales una infraestructura común formada por aerogeneradores, líneas eléctricas, centro de transformación y sistema de control. La característica que define un parque eólico como tal es la línea de evacuación única (Villarubia López, 2012).

La adhesión de la Unión Europea al Protocolo de Kioto supone el impulso necesario a la generación de energías renovables en España, aunque las bases para el impulso de las fuentes renovables en generación eléctrica datan de mediados de la década de 1990, con la implantación de las primas a las renovables y un régimen retributivo favorable respecto a las tecnologías convencionales, que se concreta en la Ley 54/1997 del Sector Eléctrico y se consolida durante la primera década del siglo XXI (Díaz Mendoza et al., 2015; Arana García, 2015).

La evolución de las tecnologías renovables en España a partir de la década de 1990 ha sido espectacular. Únicamente entre 2012 y 2018 hay un cierto estancamiento por el cambio del régimen retributivo que se aprueba con el Real Decreto Ley 1/2012 que cierra el registro de

preasignación de las energías renovables e iguala los precios de generación con las tecnologías fósiles.

Como resultado de la nueva Ley 24/2013, de 26 de diciembre, y del Real Decreto 413/2014 que regula la retribución de la electricidad de origen renovable, en el año 2016 se implanta una nueva modalidad de retribución en la que desaparecen las primas para las nuevas centrales eólicas, cuya única posibilidad de mejora respecto a la retribución de las renovables es mediante la subasta eólica, que garantizaría un precio mínimo de venta de cada MWh vertido a la red a las instalaciones que resultasen adjudicatarias en dicha subasta. La posibilidad de obtener un precio mínimo y la mejora tecnológica producida entre 2012 y 2016 generan un nuevo crecimiento de las tecnologías renovables a partir de 2017. Actualmente, la energía eólica compite de forma directa en el mercado eléctrico con las convencionales, supera los 30.000 MW implantados en España, y con una tendencia de recuperación a partir de 2018, como se puede ver en la figura 1.

En 2021 la energía eólica generaba unos 60.000 MWh cada año, y era el origen del 23 % de la energía eléctrica que se producía en España, como se puede ver a continuación (Tabla 1 y Fig. 2).

En el año 2020 el Ministerio de

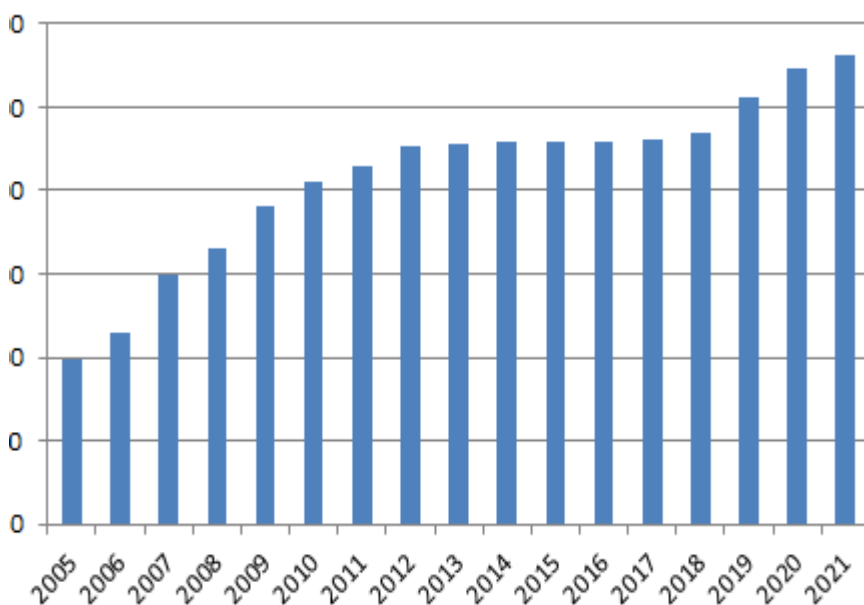


Figura 1: Evolución de la potencia eólica instalada en el sistema peninsular en España.

Fuente: Red Eléctrica de España y Foro Nuclear.

Transición Ecológica y Reto Demográfico hizo público el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 (PNIEC), que propone la planificación energética durante la presente década. entre los objetivos del PNIEC en 2030 está que el 42% de la energía primaria en España tenga origen renovable, que se elevaría hasta el 74% en el caso de la energía eléctrica.

El PNIEC plantea dos escenarios, uno objetivo (que sería el que se ha de cumplir) y otro tendencial (considerando que la evolución de las políticas energéticas sigue la tendencia de los últimos años). En ambos casos la energía eólica tiene una evolución alcista, como se puede ver en la tabla 2.

El crecimiento que prevé el PNIEC vendría vinculado a la implantación de nuevos parques eólicos, tanto terrestres como marítimos, así como a la sustitución de aerogeneradores ya deteriorados y de pequeño tamaño por otros nuevos y de gran tamaño (repotenciación). Mediante el escenario tendencial, pasaría a unos 38.000 MW terrestres, pero en uno disruptivo la potencia instalada en 2030 llegaría a los 50.000 MW, en el que una parte significativa de los 12.000 MW diferenciales serían marinos.

En el resto del mundo la situación es muy similar. La energía eólica es, de por sí, competitiva en todos los países con recursos eólicos suficientes, pero su implantación depende de los tratamientos normativos (p. ej., garantizar que toda la energía eólica se vierte al sistema, asegurar un precio mínimo por cada MWh vertido, etc.). La explotación del viento para la producción de electricidad está en constante crecimiento en todo el mundo, y la potencia instalada en la actualidad está en el orden de unos 800.000 MW.

España es el quinto país del mundo con más potencia eólica instalada con alrededor del 4% de la potencia implantada de todo el mundo, y el segundo de Europa, solo superado por Alemania. Se puede ver en la tabla 3 la implantación de potencia eólica total (terrestre y offshore) a final de 2022 en diferentes países.

Nuclear	54.040	20,80%
Hidráulica	29.582	11,38%
Eólica	60.485	23,28%
Solar fotovoltaica	20.915	8,05%
Solar térmica	4.705	1,81%
Hidroeléctrica	23	0,01%
Otras renovables (*)	4.717	1,82%
Residuos renovables	878	0,34%
Turbinación de bombeo	2.649	1,02%
Ciclo combinado	44.494	17,12%
Carbón	4.987	1,92%
Motores diesel	2.517	0,97%
Turbina de gas	424	0,16%
Turbina de vapor	1.108	0,43%
Cogeneración	26.090	10,04%
Residuos no renovables	2.235	0,86%
TOTAL GENERACIÓN	259.849	100%

Tabla 1: Producción de energía eléctrica en España en 2021 (GWh). Fuente: Foro Nuclear y Red Eléctrica de España.

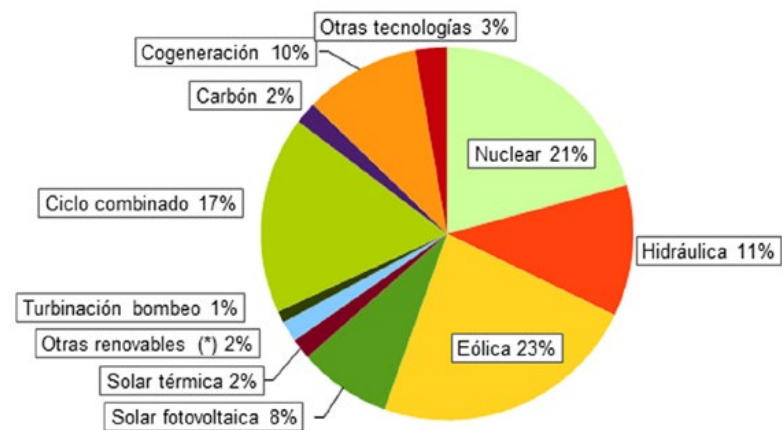


Figura 2: Porcentaje de producción de energía eléctrica en España en 2021. Fuente: Foro Nuclear.

	2020	2025	2030
Escenario tendencial	28.033	33.033	38.033
Escenario objetivo	28.033	40.033	50.033

Tabla 2: Previsión de potencia implantada en tecnología eólica marina y terrestre . Fuente: Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC).

	Total Eólica 2022 (GW)
China	312
EEUU	132
Alemania	66
India	40
España	31
Reino Unido	29
Brasil	21
Resto del mundo	151
Total	780

Tabla 3: Potencia eólica implantada en diversos países del mundo en 2022. Fuente: Asociación Empresarial Eólica.

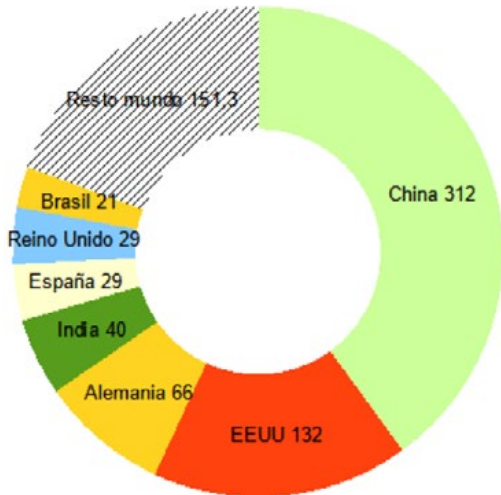


Figura 3: Potencia eólica implantada en diversos países del mundo en 2022 (GW). Fuente: Asociación Empresarial Eólica.

2.3. El proceso de implantación de un parque eólico

En la implantación de la energía eólica, el punto crítico es, evidentemente, asegurar un buen retorno económico de la inversión, para lo que aparecen como puntos decisivos:

- Garantizar el recurso eólico suficiente.
- Garantizar la viabilidad técnica.
- Tramitación administrativa.

2.3.1. Garantizar el recurso eólico suficiente

El primer paso a la hora de implantar el parque eólico es garantizar una velocidad del viento razonable, ya que sin este sería inviable un parque eólico como inversión económica. A nivel general, hay múltiples mapas disponibles que aportan un valor aproximado de la velocidad del viento, como el que presenta la figura 4 (Villarubia López, 2012), en el que se puede ver que las regiones con mayor recurso eólico son el noroeste de Galicia, el nordeste de Cataluña y el Estrecho de Gibraltar.

Originalmente, el recurso eólico era un cuello de botella y los primeros parques eólicos que se instalaron en España se implantaban en las zonas con más cantidad de viento, aunque el avance de la técnica hace que sean económicamente viables parques con un recurso eólico menor. De este modo, el rango de velocidades disponibles en las palas eólicas es mucho más amplio. De hecho, las comunidades con mayor potencia eólica implantada actualmente son Castilla y León (6.403 MW), Aragón (4.921 MW) y Castilla-La Mancha (3.949 MW), y no son las que tienen el recurso eólico más elevado. En la figura 5 se puede ver la potencia implantada por comunidades autónomas.

De los primeros mapas de viento se concluye que en muchas comunidades autónomas

hay zonas con recurso eólico suficiente, pero es necesario confirmarlo con datos propios. Además del mapa de Villarubia, hay otros disponibles en los que se puede



Figura 4: Mapa con velocidades medias del viento en la península Ibérica y Baleares, medidas a 1 m de altura (m/s). Fuente: Miguel Villarubia.

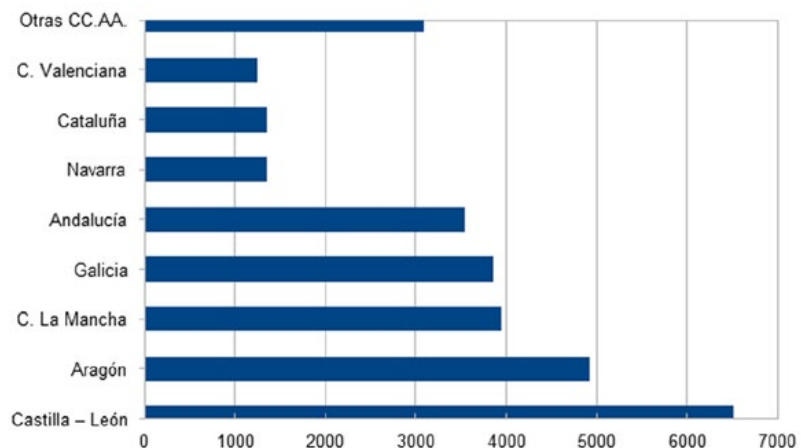


Figura 5: Potencia eólica instalada acumulada por comunidades autónomas en 2022 (MW).

Fuente: Asociación Empresarial Eólica.

ver el recurso eólico en mayor detalle o hay datos de viento disponibles; estos mapas no permitirán caracterizar del todo el recurso eólico, pero sí pueden dar una aproximación inicial, que se deberá completar con una torre de medición que confirme si este es suficiente. Antes de realizar la promoción, es recomendable disponer de los datos de viento de, al menos, un año para poder asegurarse un recurso eólico suficiente.

Otro punto importante es la viabilidad de la evacuación. Es imprescindible que haya una línea eléctrica con suficiente capacidad en las proximidades y que la construcción de una nueva línea no encarezca en exceso la infraestructura. Para esto es preciso pedir el correspondiente punto de acceso a Red Eléctrica de España, como compañía gestora de la red de transporte, donde se puede realizar el vertido .

2.3.2. Garantizar la viabilidad técnica

Partiendo de una ubicación que téc-

nicamente es posible y con un recurso eólico suficiente, el siguiente paso será garantizar que sería posible ejecutar el parque eólico y que el coste económico es razonable. En esta línea, el primer paso es asegurarse de que las comunicaciones son razonables; hoy los aerogeneradores en tierra superan los 3 MW, con palas mayores que los 50 m de longitud, y góndolas de grandes dimensiones; es imprescindible que las comunicaciones entre el punto de fabricación y el de destino sean válidas para realizar el traslado de todos los componentes por tierra y, en el caso que no lo sean, acometer las mejoras necesarias en las carreteras a un coste viable.

Hoy el coste de cada MW eólico en tierra es del orden de un millón de euros, más impuestos, para un parque eólico completo, que se puede llegar a cuatriplicar en el offshore. El coste del parque eólico es, evidentemente, fundamental, ya que el objetivo del mismo será obtener una rentabilidad económica interesante. Cuando la orografía es muy desfavorable, la necesidad de adaptación de las vías de comunicación para mejorar la accesibilidad o el coste de la línea de evacuación son muy elevados y puede suponer que el coste final sea excesivo y periodos de retorno inasumibles.

2.3.3 La tramitación administrativa

Para la puesta en marcha de un parque eólico es imprescindible superar una compleja tramitación administrativa a cargo del organismo competente, que consta de:

- Los parques eólicos en el mar de potencia superior a 50 MW y parques compartidos en terrenos de varias comunidades autónomas serán autorizados por el Gobierno de España (Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico).
- El resto de parques eólicos son competencia de las comunidades autónomas.

La normativa actual establece que el parque eólico tiene tres autorizaciones, que se pueden ver en el siguiente cronograma (Fig. 6).

La autorización previa es el documento que autoriza la implantación a partir de un proyecto básico. Para emitir la autorización de construcción, este debe ser completado con un proyecto de ejecución, por lo que suelen unificarse en un único acto y ser emitida la autorización previa y de construcción de forma simultánea.

Para emitir la autorización previa y de ejecución, es necesario que sean emitidos todos los permisos previos, tales como son la Declaración de Incidencia Ambiental, informe favorable del titular de la línea de evacuación (Red Eléctrica de España) y de los organismos titulares de bienes de servicio público afectados (patrimonio cultural, carreteras afectadas, Agencia Estatal de Seguridad Aérea, etc.) y, en el caso de los parques eólicos offshore, el departamento autonómico con competencias en mar (pesca y acuicultura, entre otros). El impacto ambiental suele ser un punto crítico a la hora de implementar los parques eólicos. Aunque los beneficios ambientales superan los impactos negativos sobre el medio ambiente, no se puede concebir como un valor absoluto, y cada vez hay más rechazo a la implantación de parques eólicos. Es muy interesante el artículo Elección de criterios y valoración de impactos ambientales para la implantación de energía eólica (Molina Ruiz, Tudela Serrano; 2008) que clasifica el impacto de los parques eólicos terrestres en las siguientes líneas fundamentales:

- Suelo.
- Pendiente.
- Vegetación.
- Fauna.
- Patrimonio cultural.
- Paisaje.

Una vez obtenidas las autorizaciones previas y de construcción, se debe proceder a la ejecución del parque, y finalizarlo. Es preciso obtener la autorización de explotación, después que la Administración competente compruebe que se cumplen los requisitos en materia de seguridad industrial (re-

glamentos electrotécnicos de alta tensión) y que el parque se ha ejecutado en cumplimiento de la autorización de construcción antes obtenida sin variaciones importantes.

La tramitación administrativa es un punto crítico a la hora de decidirse por una ubicación; es imprescindible una tramitación administrativa ágil y rápida una vez que el promotor ha decidido promover un parque eólico. Históricamente los promotores apuestan por parques eólicos de competencia autonómica (menos de 50 MW, situados en una única comunidad autónoma). Las comunidades autónomas tienen velocidades y ritmos de tramitación muy distintos, por lo que los promotores suelen preferir aquellos con una tramitación más ágil. Según datos de la Asociación Empresarial Eólica, en el año 2021 en España se instalaron 842 MW, y las comunidades autónomas con más potencia implantada fueron Aragón (275 MW), Castilla y León (155 MW) y Asturias (126 MW). Evidentemente, no son las que tienen un mayor recurso, sino las más ágiles a la hora de autorizar nuevas centrales.

3. Resultados: La energía eólica "Offshore"

Una vez descrita la energía eólica en España, se debe analizar la energía eólica offshore, identificando como tal aquellos parques eólicos que se encuentran sobre la plataforma marítima, y que, como se ha citado, son de competencia estatal.

En España hasta 2017 la energía eólica se desarrollaba de manera exclusiva en España en tierra, y la única actividad relacionada con su versión offshore era la fabricación de componentes para la exportación. No obstante, durante los últimos años se han presentado solicitudes de autorización de parques eólicos marinos en toda la Península, aunque en ningún caso se han autorizado parques completos. Las principales diferencias técnicas respecto a los parques eólicos en tierra son los siguientes:



Figura 6: Esquema de autorizaciones administrativas del parque eólico. Fuente: Elaboración propia.

1. En Galicia la red de estaciones meteorológicas Meteogalicia de la Consellería de Medio Ambiente facilita unos valores medidos para decenas de puntos en la comunidad autónoma, con medidas de viento de frecuencia diezminutal.

- El recurso eólico disponible es mucho mayor. El PNIIEC estima que mientras que el funcionamiento equivalente en tierra está entre las 2.100 horas y 2.500 horas el recurso eólico es del orden del 35% mayor, y se dispara hasta unas 3.100 horas al año, e incluso podría mejorarse tecnológicamente, ya que no es una tecnología tan madura como la tecnología terrestre. Además, el régimen de viento es favorecedor a la eólica offshore (tiene menos rugosidad), ya que en el mar no hay obstáculos, de forma que para alcanzar velocidades mayores no es preciso elevar tanto el buje como en la costa. El coste de implantar un parque eólico marino es mucho mayor que en tierra. Se trata de un precio muy variable, pero siempre superior a los precios de la costa. La Asociación Eólica Europea estima un coste en torno a 1,2 €/MW para la eólica en tierra y de unos 3,5 M€/MW en la offshore, aunque los parques eólicos flotantes (mucho más caros) pueden llegar a los 5 M€/MW instalados (Flores Baena, 2022). En la figura 7 se puede ver la evolución del precio medio de un parque eólico en tierra y marino en M€/MW.

En esta línea, se debe citar el desglose que propone Herrero Herranz en su trabajo Análisis medioambiental y económico de la implantación de un parque eólico offshore en la costa de Noruega, para un parque eólico de potencia de 57 MW, formado por seis aerogeneradores de 9,5 MW y utilizando como tecnología la flotante semisumergible. En la tabla 4 se puede ver dicho desglose, en el que las turbinas suponen la partida más elevada.

- Se permite el uso de potencias mayores, que pueden llegar hasta los 12 MW, mientras que en tierra tienen un límite en torno a 5,5 MW. El motivo es que por encima de 5,5 MW los desplazamientos terrestres dificultan mucho la implantación de los aerogeneradores, límite que desaparece en el mar.
- En el caso de tener como fin el vertido a la red eléctrica, debe localizarse un punto de evacuación en la costa, como una subestación eléctrica de gran potencia. Por ejemplo, en España los parques eólicos en tierra tienen una potencia limitada a unos 50 MW en tierra suelen ser cientos

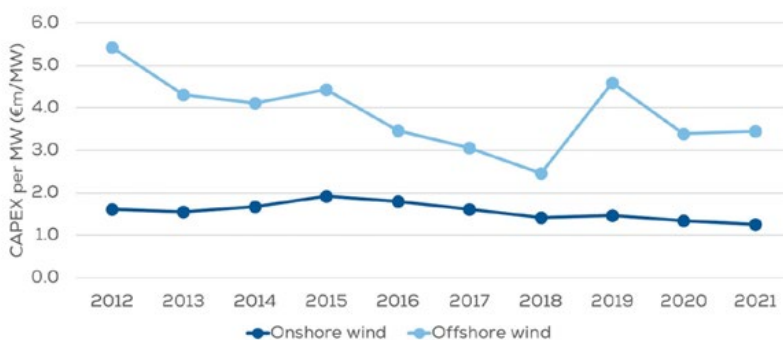


Figura 7: Precio estimado del MW implantado. Fuente: www.windeurope.org

	Millones de €	Porcentaje de presupuesto
Turbinas	43,89	42,0%
Plataformas flotantes	24,04	23,0%
Anclajes	10,97	10,05%
Instalación	10,45	10,0%
Sistema de balanceo	12,54	12,0%
Desmantelamiento	2,61	2,5%
Total	104,5	100%

Tabla 4: Estimación de costes parque eólico de 57 MW semiflotante en Noruega. Fuente: Herrero Herranz, 2022.

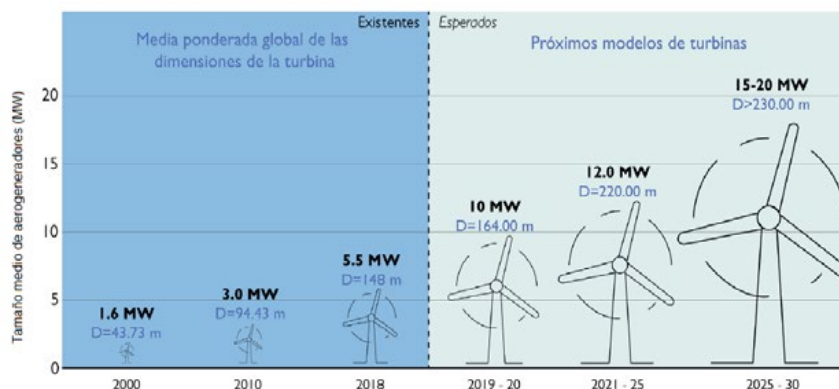


Figura 8: Evolución de los tamaños de turbinas eólicas (MW). Fuente: Hoja de Ruta para el desarrollo de la Eólica Marina y de las Energías del Mar

de MW, por lo que la evacuación eléctrica puede ser un cuello de botella. Incluso cuando el fin de la generación eléctrica sea la producción de hidrógeno verde (que no precisa de subestación) es preciso realizar una evacuación a la red mediante cables de varios kilómetros de longitud, que pueden suponer un problema técnico si no hay espacio donde conducirlo en tierra.

- Es preciso disponer de sistemas con mayor fiabilidad y garantizar que el mantenimiento de los aerogeneradores es mucho menor que en tierra, debido a que la corrosión marina es muy superior. No obstante, el PNIIEC iguala en 25 años la vida útil de los aerogeneradores terrestres y

marinos. En el mar el mantenimiento es más caro y complejo, porque en casos de temporal será difícil acceder a los aerogeneradores y las condiciones climatológicas pueden impedir las reparaciones. Por eso, se necesita garantizar una gran disponibilidad a lo largo del año y que las intervenciones in situ sean mínimas. Para facilitar el acceso algunos aerogeneradores llevan incluido un helipuerto en el techo de la góndola, con el fin de poder acercarse al mismo en un breve espacio de tiempo.

- Existe la posibilidad de implantar aerogeneradores marinos en gran cantidad de la costa española, utilizando las plataformas flotantes. Hasta hace unos años

la implantación de aerogeneradores offshore tenía un límite en una profundidad en torno a 50 metros porque era necesario que fuesen fijados a la plataforma marítima. Sin embargo, ahora los parques eólicos flotantes pueden tener una profundidad hasta los 1.000 metros para anclarlos al fondo. En España el 12% de la superficie marina está protegida y la Hoja de Ruta del Desarrollo de la energía eólica marina y de las energías del mar estima que el 30% de la costa española podría ser válida para colocar instalaciones offshore. Carreno-Madinabeitia identifica las zonas con mayor potencial en el Golfo de León (mar Mediterráneo), Galicia y cabo de Gata; Odriozola Iríbar incluye otras dos zonas más como son los entornos de Cádiz/estrecho de Gibraltar y las Islas Canarias.

- Las zonas costeras son las más habitadas y, por tanto, las que más electricidad consumen, de forma que las pérdidas en transporte y distribución serían menores y el consumo, local.
- El impacto ambiental sigue siendo un punto crítico a la hora de

implantar aerogeneradores en el mar. El impacto visual es menor que en la energía eólica terrestre. A medida que se alejan unas decenas de kilómetros de tierra, los aerogeneradores pasan mucho más desapercibidos, aunque aparece la necesidad de compatibilizar con los usos pesqueros, que podría ser el sector más perjudicado. Odriozola Iríbar identifica los cinco parámetros a la hora de considerar esta compatibilidad:

- La eólica offshore garantiza la integridad de los caladeros.
- La eólica offshore preserva el medio ambiente, la actividad socioeconómica y cultural y no debe repercutir en el sector pesquero.
- Los pescadores deberán evitar los parques eólicos marinos, por el riesgo de accidentes y la pérdida de artes de pesca.
- Los parques eólicos estarán alejados de caladeros.
- La seguridad de los buques de pesca está garantizada respecto a las infraestructuras marinas (p. ej., las líneas de evacuación).

En esta línea de análisis del im-

pacto ambiental, se debe citar que se deberán evitar espacios ambientales protegidos como los parques nacionales marítimos, zonas de especial protección para las aves (ZEPA), lugares de importancia comunitaria (LIC) y zonas protegidas por el Proyecto Intermare (norte de Barcelona o Gibraltar).

- Hay dos tecnologías, como son los parques eólicos fijados a la plataforma marítima y los parques eólicos flotantes. Los parques eólicos fijados a la plataforma marítima tienen tres modalidades, que son los monopilotes (de hasta 15 m de profundidad), los apoyos por gravedad (entre 15 m y 60 m) y, los jackets (entre 30 y 60 m), mientras que los parques flotantes deben ir anclados al fondo marítimo, aunque se permite una profundidad hasta unos 1.000 m; en la figura 9 se ve un croquis de cada uno de los tres tipos de parques fijados a la plataforma.

Entre los parques flotantes hay como modalidades barcazas, aerogeneradores semisumergibles, supar y Tensiones Leg Platform (TLP) (Odriozola Iríbar, 2022).

La energía eólica mundial tie-

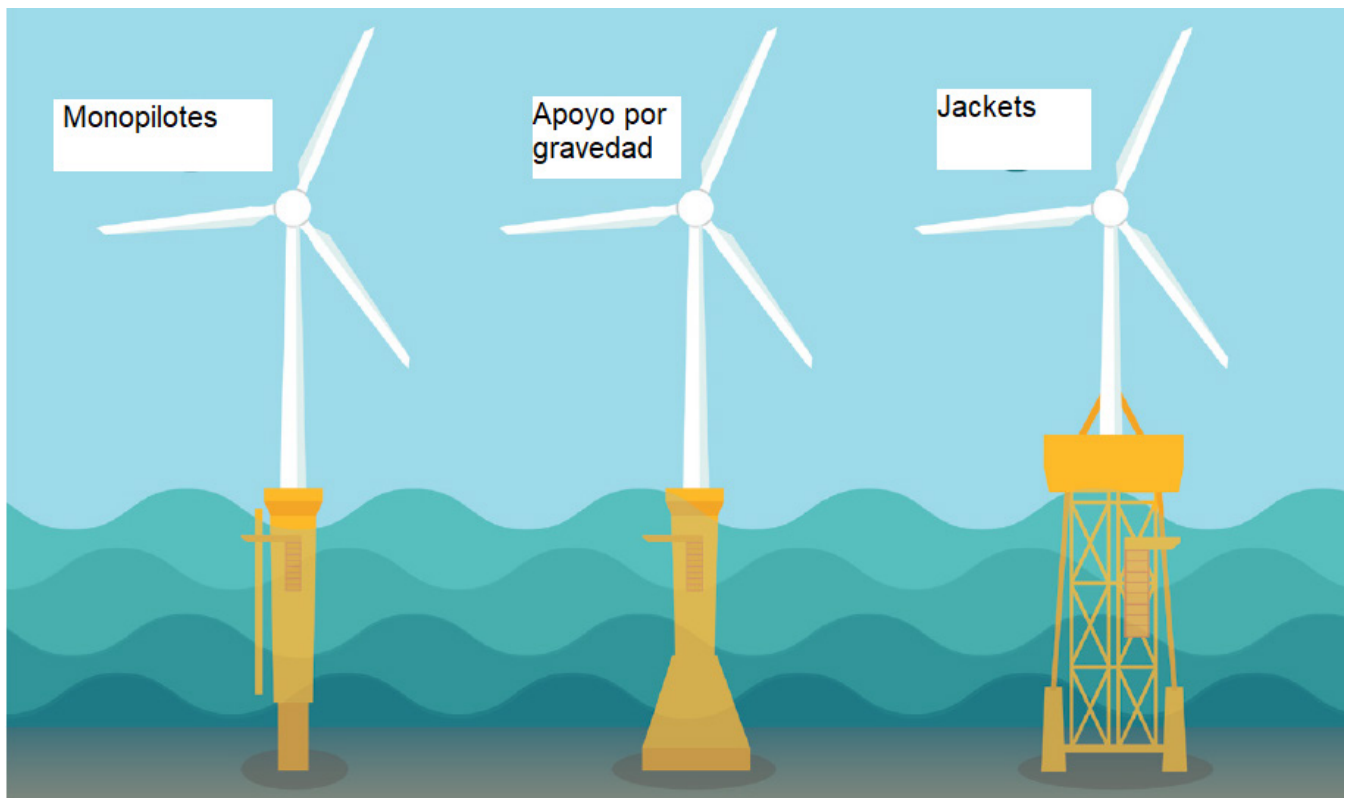


Figura 9: Esquema de distintas tecnologías de cimentación fija. Fuente: Hoja de ruta para el desarrollo de la energía eólica marina y de las energías renovables del mar.



Figura 10: Fotografía de parque eólico cimentado en Alemania. Fuente: Archivo propio.

ne un recorrido prometedor porque en muchos países los terrenos con más recurso eólico han sido ya ocupados y cada vez es más difícil encontrar zonas con velocidades de viento elevadas sin explotar, y sin rechazo social. Como solución a esta falta de disponibilidad de terreno aparecen los parques eólicos offshore.

El Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico publicó la Hoja de Ruta para el desarrollo de la Eólica Marina y de las Energías del Mar en diciembre de 2021, con cuatro objetivos sobre esta tecnología:

- España ha de ser un polo de referencia europeo para el desarrollo tecnológico y la innovación ambiental asociado a las energías renovables en el medio marino.
 - España ha de ser un referente internacional en capacidades industriales y en el conjunto de la cadena de valor del sector.
 - Impulsar un desarrollo de las renovables marinas compatible y sostenible desde un punto de vista ambiental y social.
 - Establecer un marco estatal adecuado para el despliegue ordenado de las renovables marinas.
- La hoja de ruta establece que de

cumplirse los objetivos del Escenario Objetivo del PNIEC, la energía eólica podría tener una contribución anual al PIB español de entre 4.831 M€ y 7.752 M€, con una creación entre 43.000 y 78.000 puestos de trabajo. Esta planificación es compatible con el Mecanismo de Recuperación y Resiliencia que se incluye dentro de los Fondos Next Generation. Se estima que la eólica offshore podría captar unos 200 millones de euros en el trienio 2021-2023 para potenciar la I+D. La hoja de ruta estima entre 1.000 MW y 3.000 MW los que estarán funcionando en 2030.

En este contexto de desarrollo de los Fondos Next Generation es muy importante citar que la energía eólica offshore avanzaría en paralelo con la generación de hidrógeno verde, y la producción ya no se limita a la generación de energía eléctrica convencional en corriente alterna para vertido a la red. Los fondos Next Generation apuestan por el hidrógeno como vector energético, y es necesaria una fuente de energía renovable que lo origine, y aquí aparece la oportunidad de la eólica offshore (Cerezo Araujo, 2022).

Durante los últimos años se han visto multitud de iniciativas que al

abrigo del mecanismo de recuperación proponen inversiones multimillonarias en hidrogeneradoras alimentadas por energía eólica offshore, entre las que destacamos el acuerdo entre Gobierno de España y la naviera Maersk para producir millones de toneladas de metanol a partir de energías renovables (eólica y fotovoltaicas), con una inversión en Galicia y Andalucía de unos 10.000 millones de euros y una creación de empleo de unos 85.000 puestos de trabajo. En el caso de Galicia, se precisaría implantar unos 4.000 GW de potencia eólica offshore, lo que supone una potencia tan elevada como la que ya está implantada, y presenta un importantísimo cuello de botella en la autorización administrativa para implantar estos aerogeneradores.

La tecnología eólica marina tiene una presencia muy escasa en España. Simplemente hay un aerogenerador experimental en Las Palmas de Gran Canaria de la plataforma PloCan.

Históricamente ha dado unos excelentes resultados en otros países como Dinamarca, debido a que a una distancia de varios kilómetros hay profundidades menores de 10 m, y la plataforma marina es

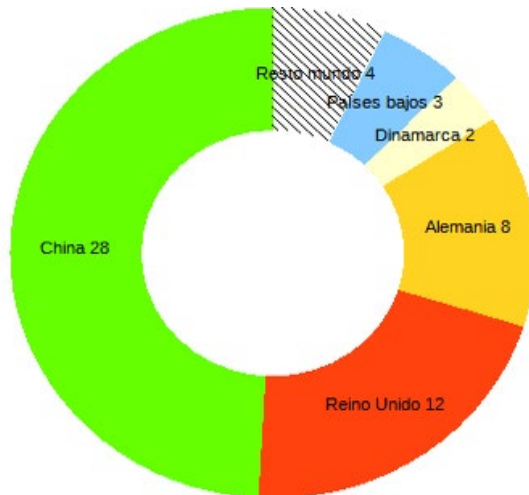


Figura 11: Potencia eólica offshore implantada en el mundo en 2022 (MW). Fuente: Asociación Empresarial Eólica (AEE).

apta para aerogeneradores cimentados con visibilidad reducida desde la costa; en este tipo de orografía sería idónea para países en los que la plataforma marina no adquiera grandes profundidades de forma repentina. En Portugal hay un aerogenerador flotante en Viana do Castelo de potencia 8,4 MW (en 2017, al entrar en funcionamiento, era el más grande del mundo).

En todo el mundo, a finales de 2022 la potencia eólica offshore era de unos 57 GW, y los países con más aerogeneradores marinos implantados eran China (28 MW), Reino Unido (12 GW), Alemania (8 GW), Países Bajos (3 GW) y Dinamarca (2 GW), como se puede ver en la figura 11.

En España no se ha desarrollado la tecnología eólica offshore cimentada porque aparecía como factor limitante la profundidad; en la península ibérica y Canarias la plataforma marina tiene una gran pendiente, y al alejarse unos cientos de metros la profundidad supera los 50 m, de forma que esta tecnología no era apta para las costas españolas, porque estos aerogeneradores tendrían que estar muy próximos a la costa.

Las nuevas tecnologías de aerogeneradores flotantes permiten superar este límite, aunque a un coste más elevado, por lo que ya hay propuestas para implantar en España miles de MW de potencia eólica offshore a la espera de que se implante un procedimiento completo

de autorización de la energía eólica marina. El primer paso se produce con la publicación del Real Decreto 150/2023, de 28 de febrero, por el que se aprueban los planes de ordenación del espacio marítimo de las cinco demarcaciones marinas españolas (POEM). Este real decreto divide el litoral en cinco áreas en las que se ubicarían aerogeneradores marinos, que serían la noratlántica, sudatlántica, estrecho de Gibraltar y Alborán, levantino-balear y canaria.

Para cada una de las zonas identificadas, el POEM va a excluir grandes superficies en función de la protección ambiental, la pesca y la acuicultura, zonas estratégicas (defensa y usos militares, tráfico marítimo), usos portuarios, servidumbre aeronáutica, etc., y serían aptas para la implantación de los aerogeneradores marinos aquellas que no tienen otros usos ya recogidos. Estas zonas inicialmente aptas para la implantación de aerogeneradores marinos se distribuyen en polígonos ER1, ER2 y ER3. Los que se desarrollarían en una primera fase serían los ER1, seguidos por ER2 y, finalmente, los ER3.

4. Conclusiones

El cambio climático es un hecho comprobado. Después de un verano en el que se han batido récords de temperatura media y una sequía desconocida hasta ahora, se puede

hablar de la necesidad de mitigar el cambio climático como una urgencia. Durante los últimos años se ha podido ver que, aunque las tecnologías renovables han tenido una implantación muy importante, no consiguen la sustitución de las tecnologías convencionales (carbón, gasóleo, gas natural, etc.) por tecnologías más limpias, en las que la energía eólica offshore es la que, probablemente, tiene mayor recorrido a medio plazo en España.

En el presente artículo se ha descrito de manera pormenorizada la energía eólica offshore; se trata de una tecnología que dispone de sus ventajas e inconvenientes. Entre las ventajas más importantes están el recurso eólico, la disponibilidad de espacio (hay millones de kilómetros cuadrados donde se podrían implantar parques eólicos marinos) y un impacto ambiental más reducido que en tierra, mientras que entre los inconvenientes se citan la complejidad de la tramitación y la afeción con los usos pesqueros y el medioambiente (zonas protegidas).

Hasta hace unos años la energía eólica offshore tenía un límite en la profundidad de la plataforma oceánica en unos 50 metros, por lo que no era apta para España; el desarrollo de tecnologías de plataformas offshore dotadas de aerogeneradores permite elevar esta profundidad hasta unos 1.000 metros, por lo que podrían instalarse miles de aerogeneradores en la costa española que producirían miles de GWh de energía eléctrica, bien para su vertido a la red o para la fabricación de hidrógeno como vector de almacenamiento energético.

Después de analizar todos estos factores de la energía eólica offshore, se puede concluir que es una excelente oportunidad, ya que las políticas actuales solo han podido mitigar las emisiones de GEI, pero no han conseguido reducir los consumos de gas natural ni derivados petrolíferos. Una apuesta seria y a largo plazo por la eólica offshore podría disminuir el consumo de los combustibles tradicionales.

2. <https://infopuertos.com/raquel-sanchez-firma-un-protocolo-con-la-naviera-maersk-para-impulsar-el-desarrollo-de-combustibles-marinos-verdes/>

5. Bibliografía

- Arana García, E. (2015). La nueva ley del sector eléctrico: Entre el riesgo regulatorio y la seguridad jurídica en el apoyo a las energías renovables. La nueva ley del sector eléctrico: entre el riesgo regulatorio y la seguridad jurídica en el apoyo a las energías renovables: 51-68.
- Botas Ramiro, G.J.; Vázquez Teijeira, D. (2022): Presente y futuro de las energías renovables. *Economistas* n.º 176: 115-126. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8250426>
- Carreno-Madinabeitia, S., Sáenz, J., Ibarra Berastegi, G., & Ulazia, A. (2022). Evolución de la densidad de potencia eólica offshore en costas de la Península Ibérica estimada por reanálisis. Disponible en <https://repositorio.aemet.es/handle/20.500.11765/14055>
- Cerezo-Araujo, F. J. (2022). Producción de hidrógeno verde: comparativa de la viabilidad técnica y económica de energía eólica onshore y offshore. Trabajo Fin de Máster. Universidad de Navarra. <https://dadun.unav.edu/handle/10171/64403>
- Díaz Mendoza, A. C., Larrea Basterra, M., Álvarez Pelegrí, E., & Mosácula Atienza, C. (2015). De la liberalización (Ley 54/1997) a la reforma (Ley 24/2013) del sector eléctrico español. *Cuadernos Orkestra*, n.º 10: 1-103.
- Flores Baena, P. (2022). Estudio sobre la construcción de una planta eólica offshore flotante en el litoral español. Trabajo Fin de Grado. Universidad Pontificia de Comillas. Disponible en <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/handle/11531/66254>
- Masoliver Pereira, J. R. (2022). Estudio y diseño de un modelo de negocio para el sector de energías renovables utilizando el hidrógeno verde en España (Master's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya). Trabajo Fin de Master. Universitat Politècnica de Catalunya. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/374587>
- Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico (2021): Hoja de Ruta para el desarrollo de la Eólica Marina y de las Energías del Mar icono barra herramientas. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/ministerio/planes-estrategias/desarrollo-eolica-marina-energias/default.aspx>
- Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico (2020): Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/prensa/pniec.aspx>
- Ministerio de Transición Ecológica (2023): Real Decreto 150/2023, de 28 de febrero, por el que se aprueban los planes de ordenación del espacio marítimo de las cinco demarcaciones marinas españolas (POEM). *Boletín Oficial del Estado* número 54, 4 de marzo de 2023. Disponible en: https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2023-5704
- Molina Ruiz, J. & Tudela Serrano, M. L. (2008). Elección de criterios y valoración de impactos ambientales para la implantación de energía eólica. *Papeles de Geografía*, n.º 47-48: 171-183. Disponible en: <https://revistas.um.es/geografia/article/view/41331>
- Odriozola Iríbar, U. (2022). Diseño de un parque eólico offshore. Trabajo Fin de Master. Universidad Politècnica de Cartagena. Disponible en: <https://repositorio.upct.es/handle/10317/11569>
- Sánchez Delgado, M. (2020). Desarrollo y validación de un modelo de sistemas de electrolisis alcalina para la producción de hidrógeno a partir de energías renovables. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. Disponible en: <https://oa.upm.es/62567/>
- Sánchez Rodríguez, R. (2022). ¿Por qué sube el recibo de la luz? Un análisis del mercado eléctrico en España. Trabajo Fin de Grado. Universidad de Valladolid. Disponible en: <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/54328>
- Torroba A. (2022). COP 27: El rol de las energías renovables en la descarbonización. Blog IICA. Disponible en: <https://repositorio.iica.int/handle/11324/21237>
- Villarubia López (2012): Ingeniería de la energía eólica (Volumen 5). Marcombo.

NORMAS DE PUBLICACIÓN

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

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

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

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

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

Estructura Los trabajos constarán de tres partes diferenciadas:

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

2. Texto. En la primera página se incluirá el título (máximo 60 caracteres con espacios), resumen (máximo 250 palabras) y 4-8 palabras clave. Se recomienda que el título, el resumen y las palabras clave vayan también en inglés. Los artículos originales deberán ajustarse en lo posible a esta estructura: introducción, material y métodos, resultados, discusión y/o conclusiones, que puede re-

producirse también en el resumen. En los artículos de revisión, innovación y opinión se pueden definir los apartados como mejor convenga, procurando distribuir la información entre ellos de forma coherente y proporcionada. Se recomienda numerar los apartados y subapartados (máximo tres niveles: 1, 1.2, 1.2.3) y denominarlos de forma breve.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Filler parameters in additive manufacturing

Parámetros de relleno en la fabricación aditiva

Iván Prada Parra, Manuel Domínguez Somonte¹

Abstract

Additive manufacturing (AM) is the process by which an object is manufactured from a three-dimensional computer-aided design model by superimposing layers of material. Although the external appearance is the same, the inside of a part obtained by additive manufacturing can have different structures and infill geometries, due to the fact that this technique allows the inside region of the part obtained to be controlled with great precision. The infill plays a fundamental role in the mechanical properties of the part obtained. In recent years, the relationship between infill and mechanical properties has begun to be investigated and has been reflected in numerous studies. Current 3D printing software allows the selection of different infill patterns and densities, as well as the modification of various parameters, which allow the characteristics of the part to be varied according to its intended use. The purpose of this article is to illustrate the different filler alternatives available, in order to establish some general criteria to help choose the right filler depending on the final use of the part.

Keywords

Additive manufacturing, 3D printing, fused deposition modeling (FDM), infill parameters, infill percentage, infill geometry.

Resumen

La fabricación aditiva (FA) es el proceso mediante el cual se fabrica un objeto a partir de un modelo de diseño asistido tridimensional con la superposición de capas de material. Aunque el aspecto externo sea el mismo, el interior de una pieza obtenida mediante fabricación aditiva puede tener diferentes estructuras y geometrías de relleno, debido a que esta técnica permite controlar con mucha precisión la región interior de la pieza obtenida. El relleno interior desempeña un papel fundamental en las propiedades mecánicas de la pieza obtenida. En los últimos años se ha empezado a investigar la relación entre relleno y propiedades mecánicas, lo que ha quedado reflejado en numerosos estudios. Los programas informáticos actuales de impresión 3D permiten seleccionar diferentes patrones y densidades de relleno, así como modificar diversos parámetros, que permiten variar las características de la pieza según su uso previsto. El objetivo de este artículo es ilustrar las diferentes alternativas de relleno disponibles, con el fin de establecer unos criterios generales que ayuden a elegir adecuadamente el relleno en función del uso final de la pieza.

Palabras clave

Fabricación aditiva, impresión 3D, modelado por deposición fundida, parámetros de relleno, porcentaje de relleno, geometría de relleno.

Recibido/ received: 03/05/2023 Aceptado/ accepted: 20/05/2023

¹ Ingeniería del Diseño. Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED). Juan del Rosal, 12. 28040 Madrid. España. Corresponding author: Iván Prada. E-mail: ivanpradaparra@hotmail.com

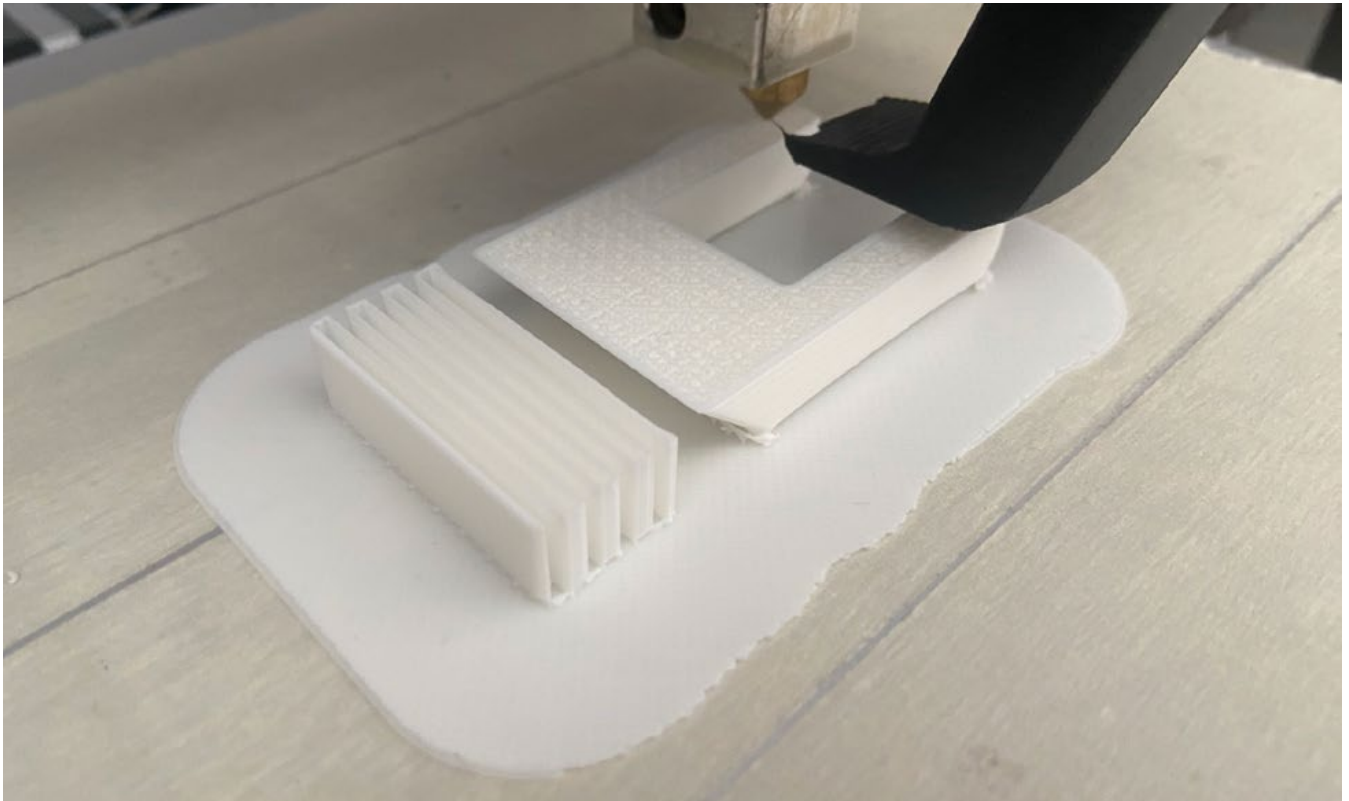


Image provided by the authors of the article.

1. Introduction

1.1. Additive manufacturing

The origin of additive manufacturing dates back to 1976, when Charles Hull invented stereolithography (figure 1), process by which layers of photosensitive resin are solidified by means of a laser (Domínguez et al., 2013). Later, in 1988, the first 3D printing machine was marketed by the company 3D Systems. With this

first 3D printer, an ultraviolet laser solidifies a photopolymer in a liquid state, layer by layer, so that three-dimensional parts can be built.

This new idea of manufacturing by superposition of layers gave rise to a new stage in the way of approaching the construction of parts, which until then had been based on traditional manufacturing technologies, such as casting, machining or forming.

Due to the advantages of this new manufacturing concept, such as design flexibility, low waste, the possibility of manufacturing complex geometries, low production cost and speed of construction, various techniques based on manufacturing by superposition of layers have emerged, such as sintering, gluing of paper sheets or plastic extrusion. Each of these technologies has developed and advanced due to the emergence of new materials, process control and increased working speed (Espinosa Escudero, 2013).

Today we can define additive manufacturing as the "process of creating or fabricating a 3D object directly from a computer-aided design (CAD) model through layer-by-layer manufacturing" (Qamar Tanveer et al., 2022).

In general terms, the process followed is similar in the different additive manufacturing techniques (figure 2). Firstly, using a 3D computer-aided design program, such as Inventor, Solid Works, Catia, FreeCad or others, a file of the model created is obtained. This file has a specific format depending on the programme used to develop the model.

These files are converted into standard tessellation format (STL

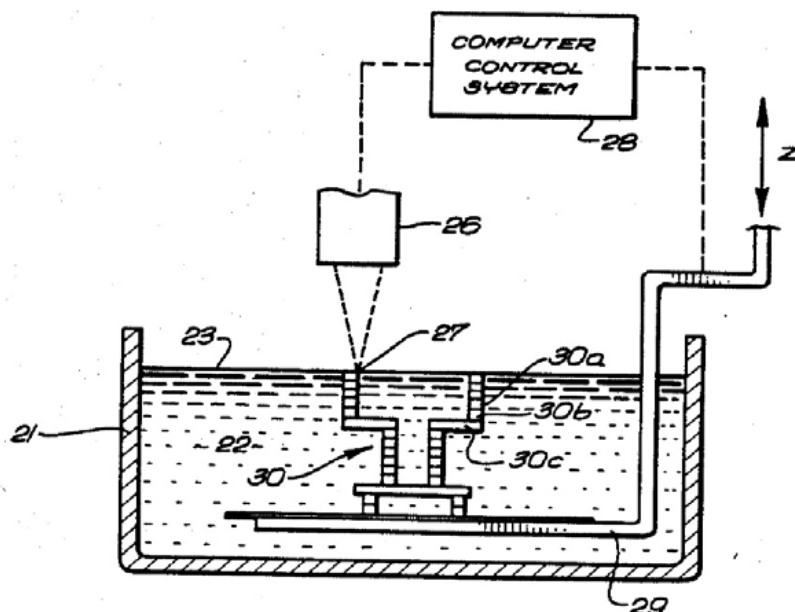


Figure 1. Original patent image by Charles Hull (Hull and Gabriel, no date)



Figure 2. Steps in additive manufacturing.

format) which contains the geometrical information of the model.

There are several specific programmes that are able to convert the geometry of the STL files into overlay layers, and define how the three-dimensional model is built by adjusting the different parameters according to the additive manufacturing technology used.

These instructions are transmitted to the machine in the form of command lines that refer to the control of the different machine parameters, such as positioning, speeds and temperatures, among others. Nowadays, there has been a tendency to unify the language of communication with the different additive manufacturing machines in the so-called "G" code, which has become the common language not only in additive manufacturing, but in any other manufacturing equipment operated by numerical control (NC), such as machining machines or laser or water cutting machines (G-code Generator: All You Need to Know | All3DP, no date).

Once the piece is finished, it may or may not be necessary, depending on the technology used, a post-processing process to improve its properties or final appearance.

1.2 Fused deposition modelling

Currently, the most common additive manufacturing technique is called fused deposition modelling (FDM). It is a widespread technique due to its low cost, speed of construction and simplicity

In the FDM process, a thermoplastic material is heated to its semi-molten state and then extruded through a nozzle into a very thin filament, depositing it layer by layer to build the three-dimensional object, following the trajectories defined by a file obtained from the computer-aided design program (File:Prusai3-metalframe.jpg - RepRap, no date).

The source material is a continuous wire wound on a bobbin, with a diameter of approximately 1.75 mm, which passes through a feeder that takes it to the extruder nozzle, where it is heated and directed towards a base on

which the wires are deposited in a state of semi-melt, which solidifies when it cools on a flat base. The following layer is placed on top of the first, and the two are welded together. The movements of the extruder head and the base are electronically controlled, allowing movements in the three X-Y-Z axes and the three-dimensional construction of the part (figure 3).

This technique was initially used for the rapid production of conceptual or aesthetic prototypes, allowing the designer to have a physical model in a very short time and with a good quality/price ratio. With the development of new materials and techniques, it is even possible to produce functional or real prototypes, which serve as models for the manufacture of small series of parts. The current trend is towards the manufacture of small series of fully functional parts, using materials with properties appropriate to the final function of the part.

The materials commonly used are thermoplastics such as polylactic acid (PLA) and acrylonitrile butadiene styrene (ABS), as well as eutectic metal alloys (copper, bronze, stainless steel, aluminium, etc.). By using ABS, functional parts can be produced. The use of metal alloy wires requires a post-processing of sintering and grinding or polishing to achieve the final appearance and properties of the part (Cómo conseguir piezas totalmente metálicas con impresión 3D FDM, no date).



Figure 3. FDM Printer (File: Prusia i3-Metalframe. JPG - RepRap, no date)

2. Methodology

The methodology used for the development of this article has been based on the search for current and relevant information related to the concepts connected with the filling parameters in additive manufacturing in the field of fused deposition modelling. We have also tried to find information on how these parameters influence the mechanical behaviour of the manufactured part.

Articles related to the topic have been searched in several search engines such as Scopus, the UNED Library, IEEE Xplore or Google Scholar, with the key terms: additive manufacturing, 3D printing, fused deposition modelling (FDM), infill parameters, infill percentage, infill geometry).

Finally, after reviewing the articles and information found, a compilation was made of those that seemed most relevant to the proposed topic, in order to proceed to read them and subsequently establish a suitable structure to set out the ideas to be developed in this article.

2.1 3D Printing process parameters in FDM

The parameters that define the 3D printing process include layer thickness, extruder and support base temperatures, infill geometry, infill density, weft width, inter-weft gap, weft orientation angle, outer layer thickness, orientation of the part to be built, among others (figure 4)

The parameters of the FDM printing process play a fundamental role in the quality and final appearance of the piece obtained, and also in its mechanical properties such as its strength and elasticity (Luis Serrano-Cinchilla, Liliana Bustamante-Gómez, and Junes Abdul Villarraga-Ossa, 2022). They are also responsible for the anisotropic behaviour of the manufactured part, due to the fact that their composition does not have a homogeneous orientation in all directions (Qamar Tanveer et al., 2022). The mechanical properties of the finished parts are different from those of the source material. (Manuel José Carvajal Loaliza et al., 2020). It is therefore necessary to understand how these different configurations affect additive manufacturing in order to obtain parts that support the loads for which they have been designed.

Normally, the parts obtained by this technique are built with an internal structure that is not completely solid, but the interior is formed by a lattice of variable

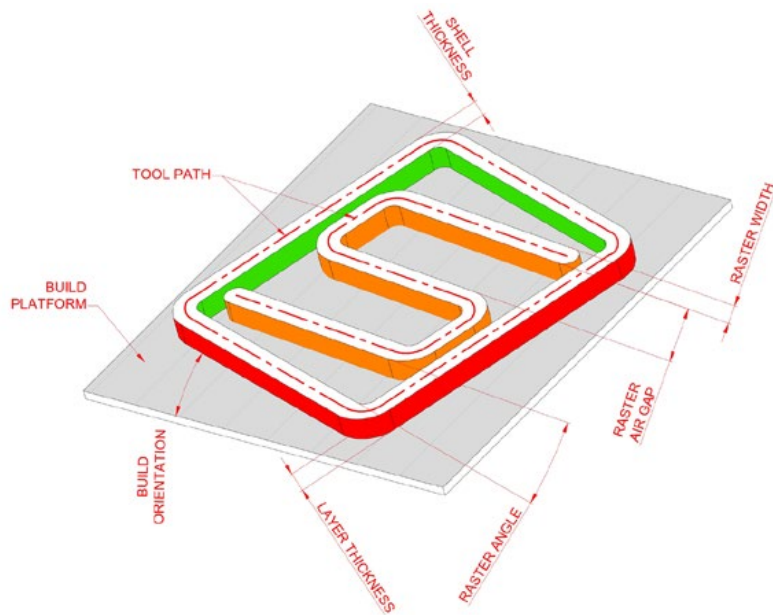


Figure 4. Process parameters in FDM.

geometry and density, including solid and hollow parts. This is done to save material and printing time, and also because when a part is under load, the stresses are more concentrated on the outer surface than on the inner section of the part (Bergonzi, 2021).

The parameters of the FDM printing process play a fundamental role in the quality and final appearance of the piece obtained, and also in its mechanical properties such as its strength and elasticity (Luis Serrano-Cinchilla, Liliana Bustamante-Gómez, and Junes Abdul Villarraga-Ossa, 2022). They are also responsible for the anisotropic behaviour of the manufactured part, due to the fact that their composition does not have a homogeneous orientation in all directions (Qamar Tanveer et al., 2022). The mechanical properties of the finished parts are different from those of the source material. (Manuel José Carvajal Loaiza et al., 2020). It is therefore necessary to understand how these different configurations affect additive manufacturing in order to obtain parts that support the loads for which they have been designed.

Normally, the parts obtained by this technique are built with an internal structure that is not completely solid, but the interior is formed by a lattice of variable geometry and density, including solid and hollow parts. This is done to save material and printing time, and also because when a part is under load, the stresses are more concentrated on the outer surface than on the inner section of the part (Bergonzi, 2021).

2.2 Filler parameters

While conventional manufacturing processes control mainly the outside of the part, additive manufacturing allows for

very precise control of both the outer walls and the inner filling of the manufactured object. For example, in conventional plastic injection moulding, we can produce three-dimensional parts that are completely solid, or hollow inside, but we cannot produce a mixture of hollow and solid parts mixed together, let alone precisely control the geometry of this structure.

However, in additive manufacturing, where the object is built by layering, where the geometry inside the outer shell of the part is built in the same way, layer by layer, it is possible for the inner filling to follow any geometry we want or that the software we are using will allow us to build.

The two fundamental aspects that characterise the filling of an MDF part are:

- The infill geometry
- The infill density

This geometry of the inner filling influences the amount of material to be used and the manufacturing time, and therefore directly affects the cost of the part obtained. But it also directly affects the mechanical properties of the part obtained,

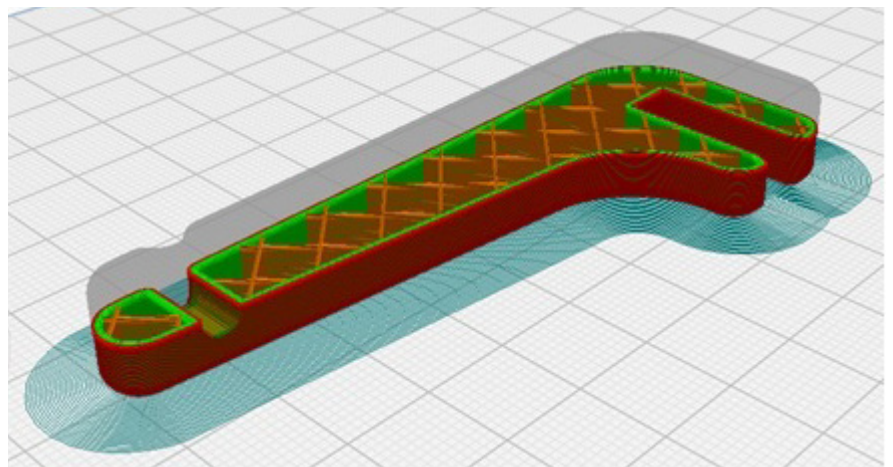


Figure 5. Inner filling structure, colour orange.

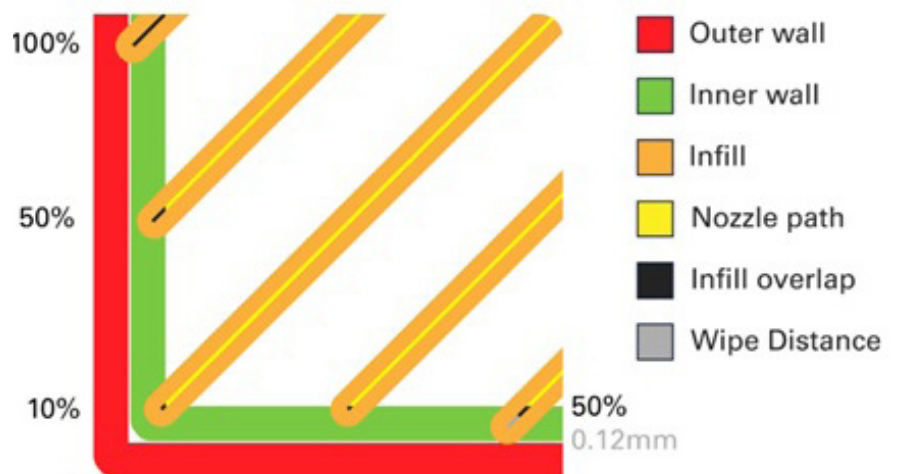


Figure 6. Detail of infill areas, infill overlap and wipe distance (infill settings, no date).

an aspect that is essential to control when it is going to be used in real applications, where the part will be subjected to stresses during its use.

The correct selection of the configuration of the internal filling is what makes it possible to replace conventional parts with parts obtained by additive manufacturing with equivalent properties.

2.3 The infill geometry

The infill geometry is the shape of the inner material structure of the part (figure 7). It can be a very simple or more complex structure, and affects the strength of the part, its weight, printing time and also its flexibility.

Some geometries provide better properties than others for specific part functions. By connecting to each other, and in turn connecting and joining the outer casing of the part, the different geometries provide different characteristics, such as lightness, greater resistance to certain loads, greater or lesser elasticity, among others (figure 8). In general terms, the following characteristics can be established for the different types of geometry:

- Lines: line-shaped geometries contain lines printed in one direction along the X or Y axis every other layer. It provides strength only in two dimensions and is suitable for fast printing. It uses little material so the parts obtained are lightweight.

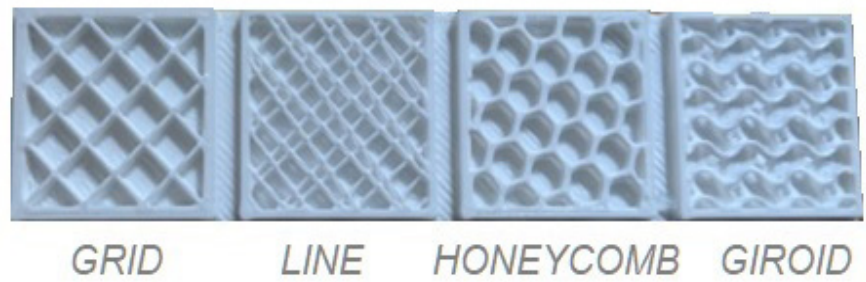


Figure 7. Different infill geometries.

- Honeycomb (or hexagons): produces a hexagon structure that looks like the cells of a honeycomb. Fast to medium print times and moderate resistance are achieved.
- Grid: similar to the line pattern, but contains lines in two directions in each layer, so the connections are larger, even though they are strong only in the X and Y directions. Fabrication time and material consumption are average.
- Triangles: composed of triangular lines superposed in the X-Y plane. Only provides strength in two directions, but is acceptable when increasing the junction points between the inner geometry and the outer walls of the part.
- Tri-hexagons: consists of triangular lines in the X-Y plane, creating hexagonal patterns with triangles in the middle of the hexagons. It provides acceptable two-dimensional strength

by increasing the attachment points between the structure itself and with the outer walls of the part.

- Cubic: this geometry consists of stacked cubes, which are placed at an angle of 45° to the horizontal plane (X-Y plane). It provides excellent strength in all three dimensions, but requires more material and printing time.
- Octet: similar to the cubic pattern, but materialises in the form of stacked square pyramids. It has strength in all three dimensions and is suitable for parts requiring strength.
- Giroid: includes irregular concave curvatures that intersect each other. It strikes a balance between strength, material quantity and printing time.
- Concentric: a 2D pattern that generates lines parallel to the outer walls of the part. It allows parts to be made with some flexibility. It is a pattern that is quick to print and

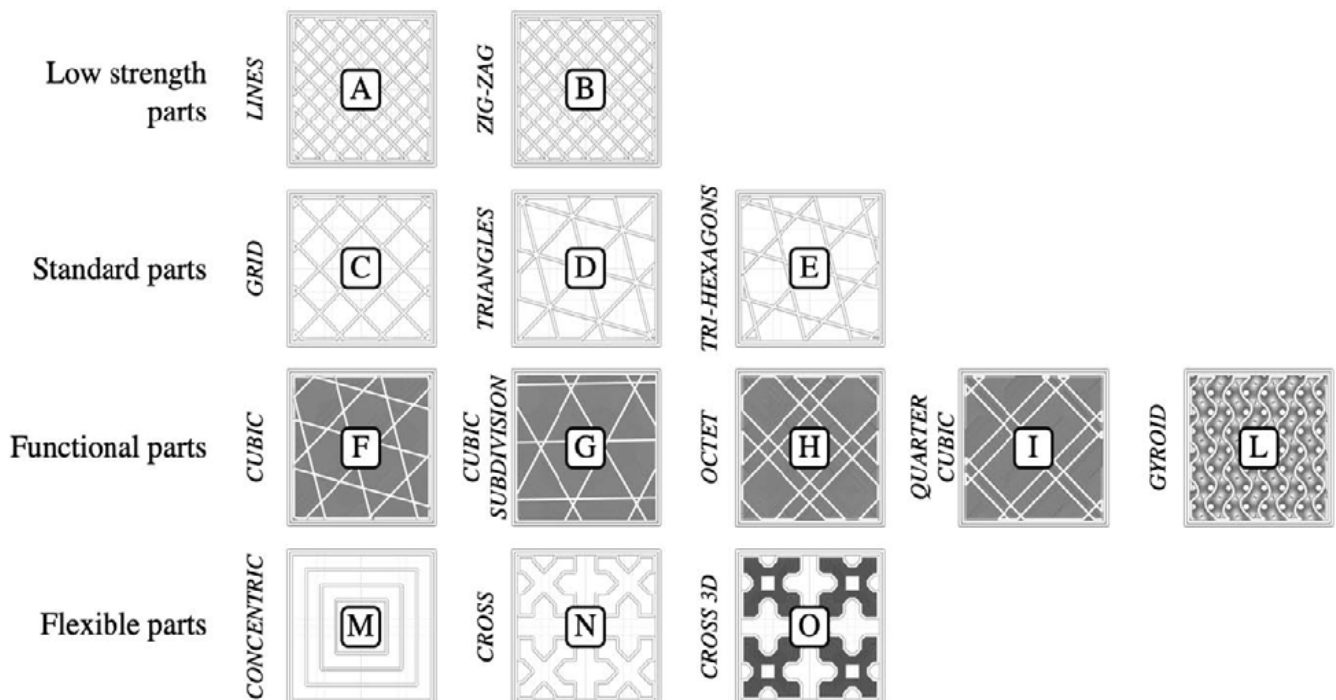


Figure 8. Infill geometries and final object function (Bergonzi, 2021).

requires less material than most patterns.

- **Cross:** is another 2D pattern that generates grids from crosses. The hollow spaces between the grids and the crosses give the part flexibility.

In general terms, the recommendations set out in the table 1 for the selection of the infill geometry.

2.4 Infill density

The infill density refers to the solid part of the inner structure of the part, and is expressed as a percentage between 0%, i.e. all hollow interior, and 100% indicating that the interior is completely solid (figure 9).

The percentage of filler directly influences the amount of material used in its manufacture: the higher the percentage of filler, the lower the percentage of voids and therefore the heavier the finished piece.

The fill density also influences the printing time as well as the mechanical properties of the finished part. When selecting the percentage of filler, it is important to know the use of the part and the properties it requires (table 2).

For visual or aesthetic parts that have no mechanical requirements other than the external appearance, a filler percentage between 0% and 15% can be considered. This allows for material savings and fast printing, and will result in very light parts with low mechanical strength.

For most conventional parts, where high mechanical strength is not required, percentages between 15% and 50% would be most suitable. This leads to average printing times and material consumption.

For functional parts requiring mechanical strength, it is necessary to increase the solid parts of the part and decrease the voids. Suitable percentages are between 50% and 100%. The printing time, material consumption and weight of the part will be high.

For printing parts where flexibility is desired, the higher the percentage of filler, the lower the flexibility for a given filler pattern. Flexible printing materials such as thermoplastic polyurethane (TPU), thermoplastic elastomers (TPE), thermoplastic copolyester (TPC), thermoplastic polyamide (TPA) or soft PLA make it possible to print flexible parts with

Type of part	Functional requirement	Infill pattern	Printing time
Visual or aesthetic figures	Aesthetic	Lines	Fast
Standard parts	Low or none loads. Resistance in two directions	Gried Triangles Tri-hexagon	Medium
Functional parts	Strength in all three directions	Cubic Giroid Octet	High
Flexible parts	Flexibility	Concentric Cross	Very fast

Table 1. Selection of the infill pattern.

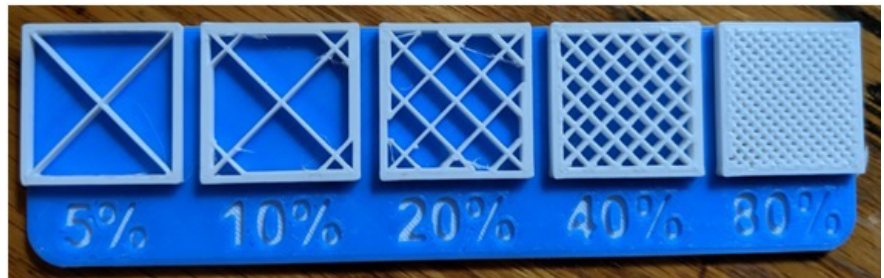


Figure 9. Different infill densities (3D printable infill type reference display by Joseph Bozarth, no date).

Type of part	Functional requirement	Infill percentage	Printing time
Visual or aesthetic figures	Aesthetic Low strength	0-15%	Fast
Standard parts	Medium strength	15-50%	Medium
Functional parts	High strength	50-100%	High
Flexible parts	Flexibility	0-100%	Very fast

Table 2. Selection of infill percentage.

good mechanical strength.

3. Infill parameters with Cura

Current 3D printing programs have initial fill settings that work well for most parts, but allow you to adjust different parameters when you need to obtain different properties, either in the sense of saving time and material,

increase the strength of the part or provide a special quality such as flexibility.

One of the most widespread programmes in the fused deposition modelling technique is Cura, which in its latest version 5.3 offers 14 possible infill geometries, shown in the figure 10.

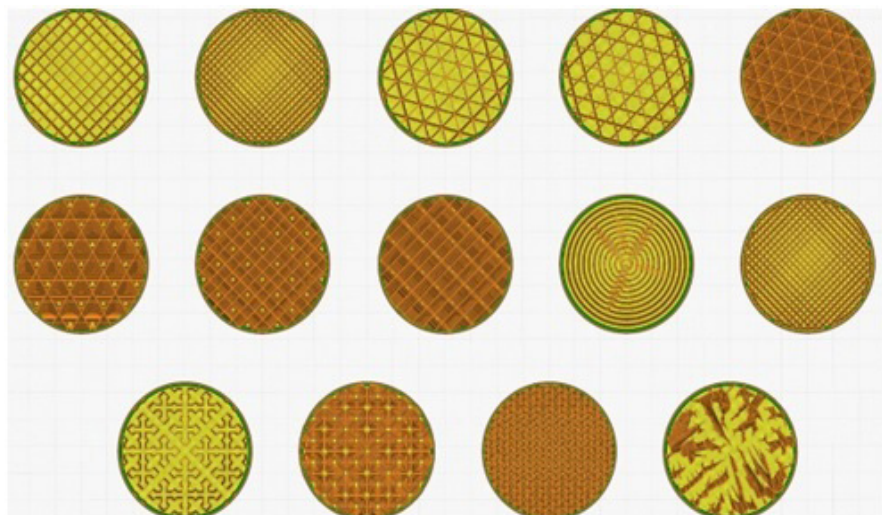


Figure 10. Different infill patterns in Cura (Infill en Cura: Los mejores patrones de relleno, 2022).

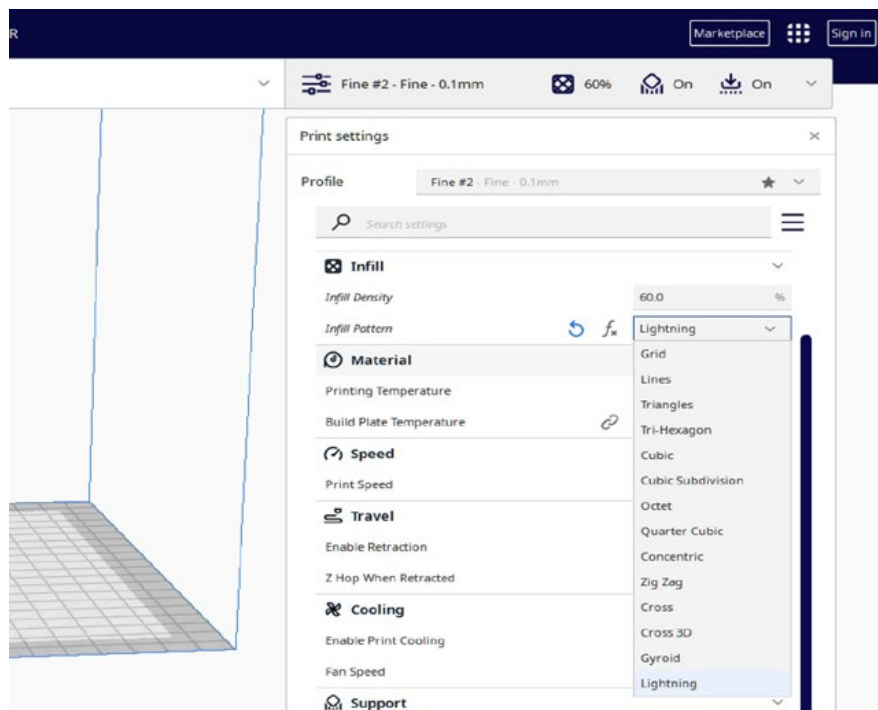


Figure 11. Selection on infill patterns in Cura programme.

Cura recommends selecting the filler configurations listed in the table 3 (Infill en Cura: los mejores patrones de relleno, 2022).

4. Gradual infill in Z-axis

Although it may be thought that the infill inside the part should be uniform, this does not necessarily have to be the case. In order to optimise the use of the filling material in the workpieces, several techniques have been established.

One of them is the so-called gradual filling, which is offered by the Cura programme. This is a variable infill in the Z-axis (vertical printing axis, i.e. axis perpendicular to the substrate where the part is

printed). The density of the infill increases in the upper part of the print with respect to the lower part, and the printing time is reduced.

5. Different densities and types of infill in one piece

The Cura programme also allows different fill densities and geometries to be included in the same part, allowing for a customised internal structure (figure 12). This requires prior work in the programme to establish the desired configuration.

6. Gradient infill and variable infill as a function of local stresses

With the so-called gradient filling, the density of the filling can be set so that it

is higher towards the perimeter, where the stresses are concentrated, and lower as you get closer to the inside of the part (figure 13). This is intended to improve mechanical strength properties while using less material and taking less time to manufacture.

This technique is useful for incorporating filler material in those areas where it is really needed. By using computer-aided design software, it is possible to establish a study of the stresses in a loaded part (figure 14). The results will tell the designer in which areas more material is needed, because there are higher local stresses, and in which areas it is not necessary.

Once the different configurations of the densities of the internal filling, due to these local stresses, are known, using the gradient filling technique it is possible to manufacture a part with a completely optimised internal distribution of the material so that it can support the loads to which it is subjected by placing the material where it is needed.

This variable distribution of filler densities and geometries is something that can be done with additive manufacturing, due to its very nature, but it cannot be done with conventional manufacturing methods. This is a huge advantage of additive manufacturing over conventional manufacturing.

7. Conclusions

Additive manufacturing, which in its early days was mainly intended for the rapid manufacture of prototypes or visual or aesthetic parts, is increasingly being used to manufacture functional parts or even small series. The simplicity of the process, the ease of customisation of designs, the speed and low cost are making it possible to replace parts obtained by conventional methods with parts obtained by 3D printing.

For this, it is essential to know how the parameters of the printing process affect the physical behaviour of the printed part. 3D printed parts have an anisotropic behaviour, due to the manufacturing process itself layer by layer and the different orientations and densities of its internal structure. This behaviour can limit the applicability of additive manufacturing techniques compared to conventional

Type of part	Functional requirement	Infill percentage	Infill pattern
Visual or aesthetic figures	Aesthetic Low strength	0-15%	Lightning Lines Zig-zag
Standard parts	Medium strength	15-50%	Grid Triangle Tri-hexagon
Functional parts	High strength	50-100%	Cubic Cubic (sub division) Octet Quarter Cubic Giroid
Flexible parts	Flexibility	0-100%	Concentric Cross Cross 3D

Table 3. Selection of infill percentage and infill pattern with Cura (Infill en Cura: Los mejores patrones de relleno, 2022).

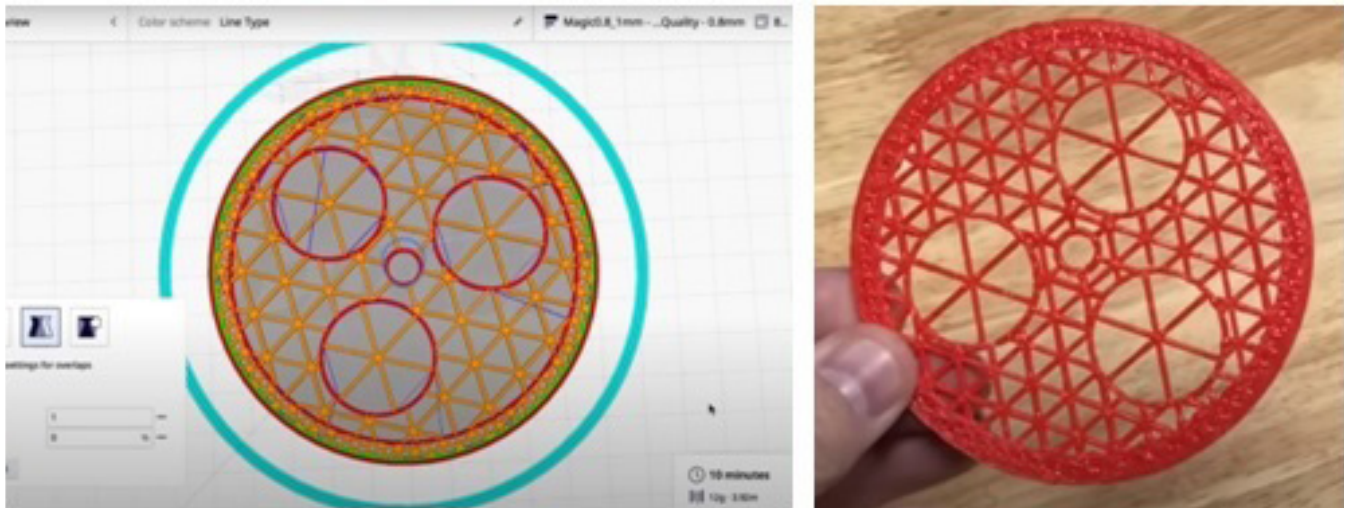


Figure 12. Different infill densities and geometries in a part with Cura programme (Infill design tricks using per model settings in Cura Slicer 4.X, 2020).

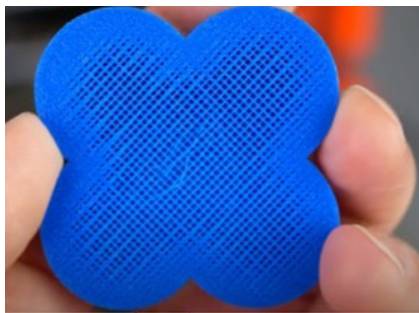


Figure 13. Printed part with gradient infill (Gradient infill for 3D prints, 2020).

manufacturing, where the behaviour is generally isotropic and more predictable.

The stresses in a loaded part flow mainly through the outer surface, but it must also be verified how these stresses flow along its internal structure. On the other hand, the

data supplied by the manufacturers of the base materials, such as PLA, are insufficient to predict the behaviour of the manufactured part, since the additive manufacturing process involves a multitude of variables that affect the mechanical properties of the finished part. Several studies and practical tests have shown the fundamental role that filler geometry and filler density play in the physical behaviour of the part, and some general criteria can be established for the selection of these filler parameters when manufacturing the 3D printed part, which have been presented in this article.

On the other hand, by applying advanced design techniques such as finite element stress analysis, it is possible to

determine the internal stresses of a loaded part. Combining this analysis with the possibility offered by the latest additive manufacturing techniques in terms of the variable configuration of the internal filling, it is possible to optimise the material used and place it where it is really needed, with the consequent savings in materials and manufacturing time, as well as improvements in the reliability and safety of use of real parts.

This feature is an undisputed advantage over conventional manufacturing.

However, given that these techniques are currently in the process of maturing, in addition to carrying out theoretical studies, it is advisable to carry out real load tests on parts obtained by additive manufacturing in order to check their real behaviour.

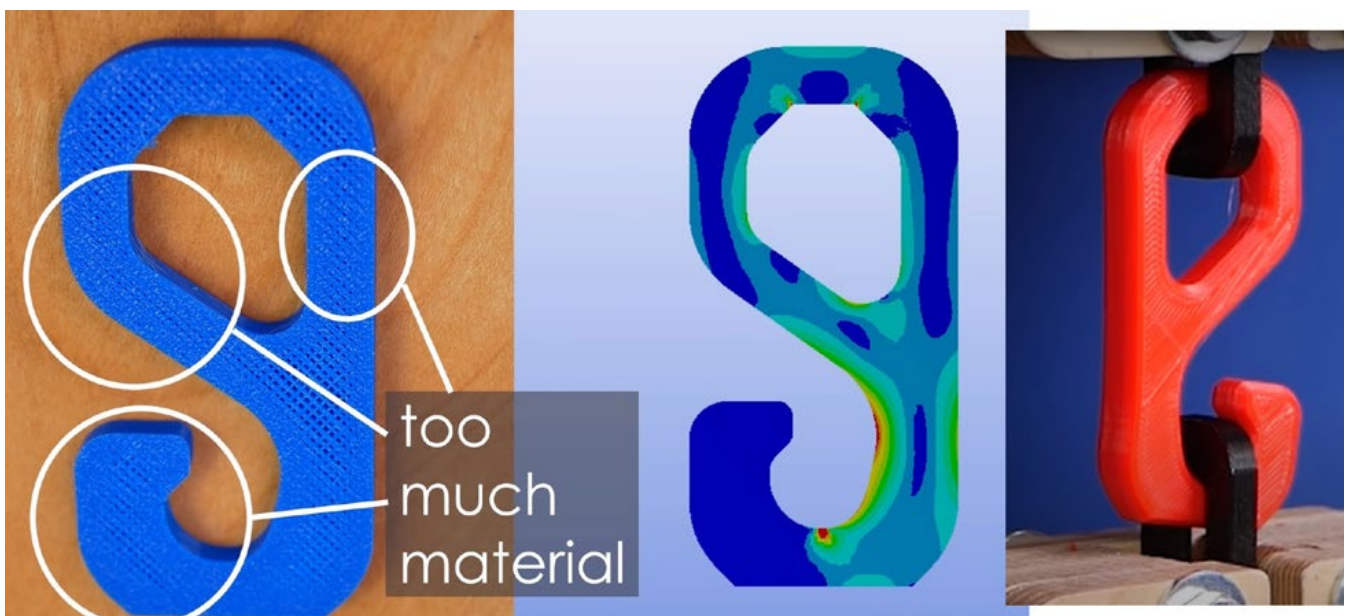


Figure 14. Study of local stresses and infill density distribution in a tensile member (Gradient infill for 3D prints, 2020).

References

- 3D Printable Infill Type Reference Display by Joseph Bozarth (no date). Available at: <https://www.myminifactory.com/object/3d-print-infill-type-reference-display-94778>, <https://www.myminifactory.com/object/3d-print-infill-type-reference-display-94778> (Accessed: 3 April 2023).
- Bergonzi, L. (2021) 'Different infill geometry influence on mechanical properties of FDM produced PLA', IOP conference series. Materials Science and Engineering, 1038(1), pp. 12071-.
- Cómo conseguir piezas totalmente metálicas con impresión 3D FDM (no date). Available at: https://filament2print.com/es/blog/70_sinterizado-piezas-metalicas-impresion-3d-fdm.html (Accessed: 2 April 2023).
- Domínguez, I.A. et al. (2013) 'Impresión 3D de maquetas y prototipos en arquitectura y construcción', *Revista de la construcción*, 12(2), pp. 39–53. Available at: <https://doi.org/10.4067/S0718-915X2013000200004>.
- Espinosa Escudero, M. del M. (2013) *Ingeniería concurrente*. 2a ed. Madrid: Asociación de Ingeniería y Diseño Asistido (AIDA - Instituto de Ingeniería e Innovación Industrial).
- File:Prusai3-metalframe.jpg - RepRap (no date). Available at: <https://reprap.org/wiki/File:Prusai3-metalframe.jpg> (Accessed: 2 April 2023).
- G-code Generator: All You Need to Know | All3DP (no date). Available at: <https://all3dp.com/2/g-code-generator-all-you-need-to-know/> (Accessed: 2 April 2023).
- Gradient Infill for 3D Prints (2020) CNC Kitchen. Available at: <https://www.cnckitchen.com/blog/gradient-infill-for-3d-prints> (Accessed: 25 March 2023).
- Hull, C.W. and Gabriel, S. (no date) '(54) APPARATUS FOR PRODUCTION OF THREE-DMENSONAL OBJECTS BY STEREO THOGRAPHY'.
- Infill Design Tricks using Per Model Settings in Cura Slicer 4.x (2020). Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=xc-6xV-B9H4I> (Accessed: 25 March 2023).
- Infill en Cura: los mejores patrones de relleno (2022) All3DP. Available at: <https://all3dp.com/es/2/infill-cura-relleno-impresion-3d/> (Accessed: 25 March 2023).
- Infill settings (no date). Available at: <https://support.makerbot.com/s/article/1667411002588> (Accessed: 5 April 2023).
- Luis Serrano-Cinchilla, Liliana Bustamante-Góez, and Junes Abdul Villarraga-Ossa (2022) 'Influencia de la densidad y de los parámetros de relleno en las propiedades mecánicas compresivas de probetas fabricadas en manufactura aditiva de PLA', *Revista UIS Ingenierías*, 21(2). Available at: <https://doi.org/10.18273/revuin.v21n2-2022009>.
- Manuel José Carvajal Loaiza et al. (2020) 'Influencia de la posición de impresión y la densidad de relleno en las propiedades mecánicas de probetas fabricadas en ABS', *Revista ingenierías (Medellín, Colombia)*, 19(37), pp. 179–193. Available at: <https://doi.org/10.22395/riium.v19n37a9>.
- Qamar Tanveer, M. et al. (2022) 'Effect of infill pattern and infill density on mechanical behaviour of FDM 3D printed Parts- a current review', *Materials today: proceedings*, 62, pp. 100–108. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.02.310>.

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

HELPEngineering

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% Promoción

Instalaciones
 - en Edificios
 - en urbanización
 - Térmicas

P.V. 2.100€+IVA
495€+IVA

COGITI PROMOCION especial dmELECT

¡No esperes más!
 ¡Solo válido en el Club COGITI Colegiados!

PAQUETE COMPLETO dmELECT

Paquete PACK Completo

87% Promoción

ANEXOS:
 - Convocatoria de precios
 - Medición automática de planos y videos programas CAD
 CYRLECAD
 Inclinómetro
 CYRLEAD BASELTH
 CYRLEAD MEP-CE
 CYRLEAD MEP-CLIMATIZACIÓN

P.V. 7.912 € + IVA
990 € + IVA

COGITI PROMOCION especial cype

Paquete "PACK Completo"

REBT

PAQUETE COMPLETO CYPE



Thermodynamic analysis of the C-13-1 steam catapult for aircraft launching from an aircraft carrier

Análisis termodinámico de la catapulta de vapor C-13-1 para lanzamiento de aeronaves desde un portaviones

José García Cascallana¹

Abstract

This manuscript presents a thermodynamic analysis of thermal energy storage regarding C-13-1 catapult used to launch aircraft from the USS Nimitz CVN-68. The results showed a steam injection coefficient of 4.4%. In this way, the simulated accumulator reduces steam thermal power supplied in batch mode from 530 MW required for launch to 22.9 MW, provided continuously by the generator throughout the whole cycle. The total thermal energy consumed was 1389 MJ. The forces exerted during take off an FA-18 Hornet indicated 85.9% action for the catapult and 14.1% for the turbofans, with 1.9% corresponding to friction forces on the total traction.

Keywords

Flash steam, steam accumulator, thermal energy storage, steam generator, batch process.

Resumen

En este artículo se realizó el análisis termodinámico de la acumulación de vapor para almacenamiento de energía térmica. El sistema analizado fue la catapulta C-13-1 utilizada para el lanzamiento de aeronaves desde el USS Nimitz CVN-68. Los resultados mostraron un coeficiente de inyección de vapor de 4,4%. De esta forma, el acumulador simulado reduce la potencia térmica del vapor suministrado a la catapulta desde los 530 MW necesarios en forma batch por lanzamiento a 22,9 MW aportados por el generador de forma continua en todo el ciclo; la energía térmica consumida son 1.389 MJ. Las fuerzas ejercidas durante el despegue de un FA-18 Hornet indicaron el 85,9% de acción para la catapulta y el 14,1% para los turbofan, de los cuales el 1,9% correspondían a las fuerzas de fricción sobre la tracción total.

Palabras clave

Vapor flash, acumulador de vapor, almacenamiento de energía térmica, generador de vapor, proceso por lotes.

Recibido/ received: 03/05/2023 Aceptado/ accepted: 20/06/2023

¹ Ingeniero Técnico Industrial por la Universidad de León, Ingeniero Industrial por la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED) y Doctor por la Universidad de León (España, Spain). E-mail: jgc0504@yahoo.es



USS Nimitz CVN-68 aircraft carrier (Atalayar, 2021).

1. Introduction

Steam accumulators are used as thermal energy storage to balance steam fluctuations between supply and consumption. These systems considerably improve the operating conditions and quality of the steam supplied, saving thermal energy. However, steam accumulators are difficult to implement due to the high initial investment costs required, as they depend mainly on the volume and pressure needed (Sung et al., 2016). Batch processes are a typical example of this type of situation, where a huge amount of steam is required for short periods. Steam generators cannot react instantaneously to steep modifications in demand (Biglia et al., 2017).

A steam accumulator saves energy, reduces pressure fluctuations and the aging of pressurised lines and vessels in steam generator. There are two thermodynamic models for calculating steam accumulator units: equilibrium and non-equilibrium models. The first one is based on equilibrium equations associated with the global mass and energy balance of water and steam content in the tank. The second one uses mass and energy equations for each phase and establishes non-equilibrium evaporation and condensation rates. The dynamic changes in steam consumption cause pressure changes in pipes and pressurised vessels, originating dynamic thermomechanical loads that endanger equipment integrity. These adverse effects are reduced when steam accumulators are

installed (Stevanovic et al., 2015).

The energy efficiency of a steam generator decreases rapidly with increasing the fluctuation frequency of the consumer steam load. This efficiency is increased by 3-11% when a steam accumulator is installed (Jiacong, 2000). The charging process constitutes the supply of saturated or superheated steam from the steam generator to the steam accumulator. The unloading causes a pressure reduction of the saturated water while releasing flash steam (Yang et al., 2017). An example includes the use of steam for applications in which work is carried out for a short period, such as steam catapults for launching aircraft or in power plants during peak loads (Stevanovic et al., 2012). Beside steam accumulators, other technologies commercially available for thermal energy storage include the two tank of molten salts with application in concentrated solar power plants (González-Roubaud et al., 2017).

Direct storage of saturated or superheated steam in pressure vessels is not economical due to its low energy density. Water is the preferred storage medium below 100 °C because of the high specific heat value, great availability, environmental safety and low cost (Stark et al., 2017). The steam accumulator is an essential part of the steam catapult of an aircraft carrier, as it provides the necessary amount and pressure of saturated steam in an extremely short time, ensuring that the aircraft acquires the take off speed within the short deck length.

The fact that the steam catapult system propels an aircraft of more than 20 t at take off speeds of more than 200 km/h in about 2 s, gives an idea of the strong imbalance the accumulator is submitted (Sun et al., 2015).

Hydraulic catapults gave way to steam catapults in the 1950s, while in the early 2000s, an alternative technology for launching aircraft was developed, called the electromagnetic catapult, which is powered by linear induction motors working on the same basic principles as electric induction motors. The United States Navy developed the electromagnetic aircraft launch system (EMALS) which was installed on the USS Gerald R. Ford (CVN-78) aircraft carrier, the first of a new generation (Parwate et al., 2017). However, this new technology has a high cost compared with the steam catapult system.

Objective

This manuscript aimed to analyze thermal energy storage by a steam accumulator using high pressure saturated water to supply steam to a C-13-1 catapult for launching aircraft from the CVN-68 aircraft carrier deck. The kinematics and dynamics of the entire aircraft launching system and the mass and energy balance of the steam system at the operating point were studied. This study allows understanding the interaction between forces developed by the catapult and turbofan for different aircraft take off scenarios.

2. Materials and methods

2.1. Description of the scenario

The C-13-1 steam catapult currently installed on the CVN-68 aircraft carrier (first in the series) consist of two rows of slotted cylinders inserted into a channel 1.07 m deep and 1.42 m wide located directly below the fly deck (Zhou & Huang, 2020). The main characteristics of the CVN-68

are: displacement 101000 t, length 328.3 m, width 76.8 m, draught 11.3 m, 2 nuclear reactors A4W (aircraft, fourth generation, Westinghouse) of 104 MW, 4 steam turbines and 4 propellers, cruise speed 56 km/h, crew 3200 people, 82 aircraft, 4 lifts and 4 steam catapult C-13-1 (F16, 2020). Table 1 presents the main data for three steam catapults, along with the aircraft carriers,

aircraft take off speed, aircraft maximum operational weight, among others.

MTOW, take off speed and cycle time constitute the “operating point” of the C-13-1 catapult for the calculation. All other parameters of the C-13-1 steam catapult and main characteristics of the FA-18 Hornet were based on data shown in Table 2.

Parameters	C-13-0	C-13-1	C-13-2	References
Aircraft carrier	Kitti Hawk, CV-63 Constellation, CV-64 Enterprise, CV-65 America, CV-66 Kennedy, CV-67(3)	Kennedy, CV-67(1) Nimitz, CVN-68 Eisenhower, CVN-69 Vinson, CVN-70 Roosevelt, CVN-71	Lincoln, CVN-72 Washington, CVN-73 Stennis, CVN-74 Truman, CVN-75 Reagan, CVN-76	F16, 2020
Cylinder stroke length (m)	75.9	94.2	94.2	Global Security, 2020
Length of take off runway (m)	80.7	99	99	Global Security, 2020; F16, 2020
Piston and shuttle mass (kg)	2880.4	2880.4	2880.4	Global Security, 2020
Number of cylinders (uts)	2	2	2	
Cylinder diameter (mm)	457.2	457.2	533.4	
Take off speed (km/h)	237.1	259.3	259.3	Global Security, 2020; F16, 2020
MTOW (kg)	33566	36288	36288	Global Security, 2020; Naval education and training command, 1974

Table 1. Main data of three classes of catapults installed on USS aircraft carriers.

Parameters	Values	References
C-13-1- Catapult		
Complete time in each launch (s)	60	Shi et al., 2008
Steam pressure in the secondary circuit (kPa)	6900	Elward, 2010
Friction coefficient between piston and cylinder (w.u)	0.081	The engineering Toolbox1, 2020
Radius of the shuttle wheel (mm)	150	Quora, 2020
Rolling resistance coefficient between shuttle wheels and steel rail (mm)	0.5	The engineering Toolbox2, 2020
Total length of braking (m)	1.5	Global security, 2016
Length of water brakes (m)	2.7	F16, 2020
FA-18 Hornet		
Unladen weight (kg)	11325	Swiss Armed Force, 2020
MTOW unloaded (kg)	16100	
MTOW loaded (kg)	23590	
Number of turbofan (uts/each)	2	
Thrust of the turbofan (N/each)	52200	
Thrust of the turbofan with postcombustion (N/each)	78399	
Length (m)	17.1	
Width (m)	11.7	
Height (m)	4.6	
Wing area (m ²)	38	FA-18 Hornet, 2013
Angle of the holdback bar (°)	26	Quora, 2020
Angle of the launch bar (°)	40	
Dynamic coefficient of the tyre inflation pressure (w.u)	0.009	López, 2013
Static coefficient of the tyre inflation pressure (w.u)	0.002	
Aerodynamic drag coefficient (w.u)	0.02	Muñoz Navarro, 2020

Table 2. Calculation parameters of the C-13-1 catapult and FA-18 Hornet.

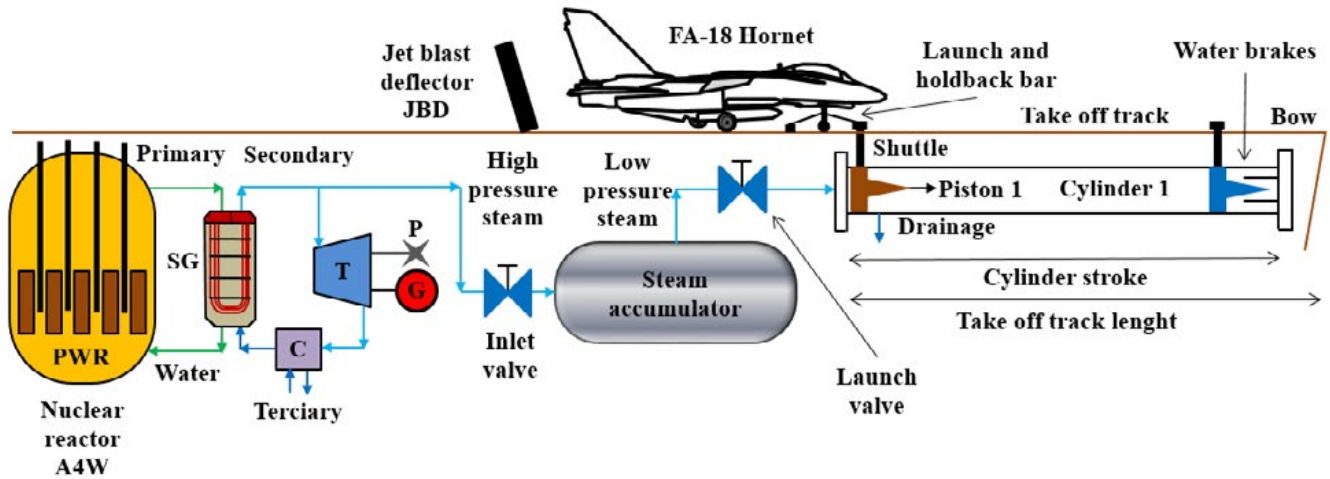


Figure 1. General operating diagram of the C-13-1 steam catapult. SG, steam generator; T, steam turbine; C, condenser; P, propeller and G, electric generator.

2.2. Description of the operation of the C-13-1 steam catapult

The operating system mainly consists of: (1) steam supply from the secondary circuit of nuclear reactor, (2) inlet valve, (3) steam accumulator, (4) launch valve, (5) cylinders and pistons, (6) water brakes, (7) cylinder preheating system, (8) firefighting system, (9) drainage line, (10) retraction system, (11) cylinders lubrication system, (12) deck control cabin and (13) jet blast deflector (JBD).

The pressurized saturated water primary circuit of the two A4W reactors, pressurized water reactors (PWR) and UO₂ fuel, transfers the thermal energy to the steam generator (secondary circuit). Water from the condenser in this circuit changes to saturated steam. The system operates as a Rankine cycle. The four propellers, electrical generators, auxiliary services and four catapults of the aircraft carrier are driven by the energy of steam.

The accumulator contains saturated water at the same pressure and temperature as the inlet steam. An instantaneous pressure change occurs when the outlet accumulator steam valve opens (launch valve). Flash steam is generated at lower pressure and temperature, and it is sent to the two cylinders of the catapult. Steam expansion in the cylinders activates the two pistons transmitting movement to a mechanism called the launch bar, to which the aircraft is attached by the front landing gear. Thus, take off speed is achieved in a short time, combining the catapult traction force and turbofan full load thrust, operating without post-combustion.

The cylinder preheating system allows valves, pipes, cylinders, pistons and all elements between the accumulator and the catapult to be slowly preheated to increase

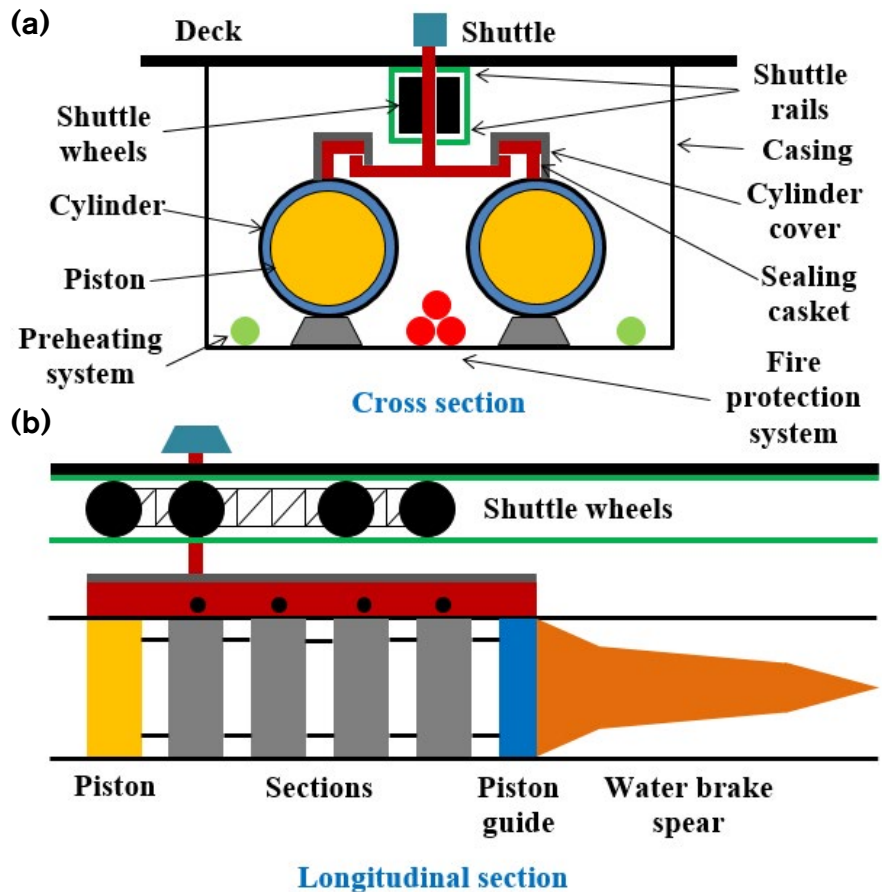


Figure 2. Section of the catapult launch system. a) Cross (F16, 2020). b) Longitudinal (Navy BMR, 2020).

temperature to values close to operating conditions (Global security, 2020). Water brakes slow piston speed to a complete stop at the end of the cylinder stroke, dissipating their kinetic energy against the water and the deck structure. The retraction system allows pistons to return to their initial position when the launch is finished and the steam used is sent to the drainage steam line by opening the exhaust valve. The lubrication system reduces friction between cylinders and pistons. The JBD

protects the operators and other aircrafts against the turbofan exhaust gases and it forms a 50° angle with the horizontal in order to deflect it to the atmosphere (SBIR-STTR, 2019). Figure 1 shows the general operating diagram of the C-13-1 steam catapult.

Each catapult has two rows of launching cylinders mounted in parallel in the deck channel. The cylinder cover acts as a clamp that holds the slotted part of the cylinder in position to prevent radial sca-

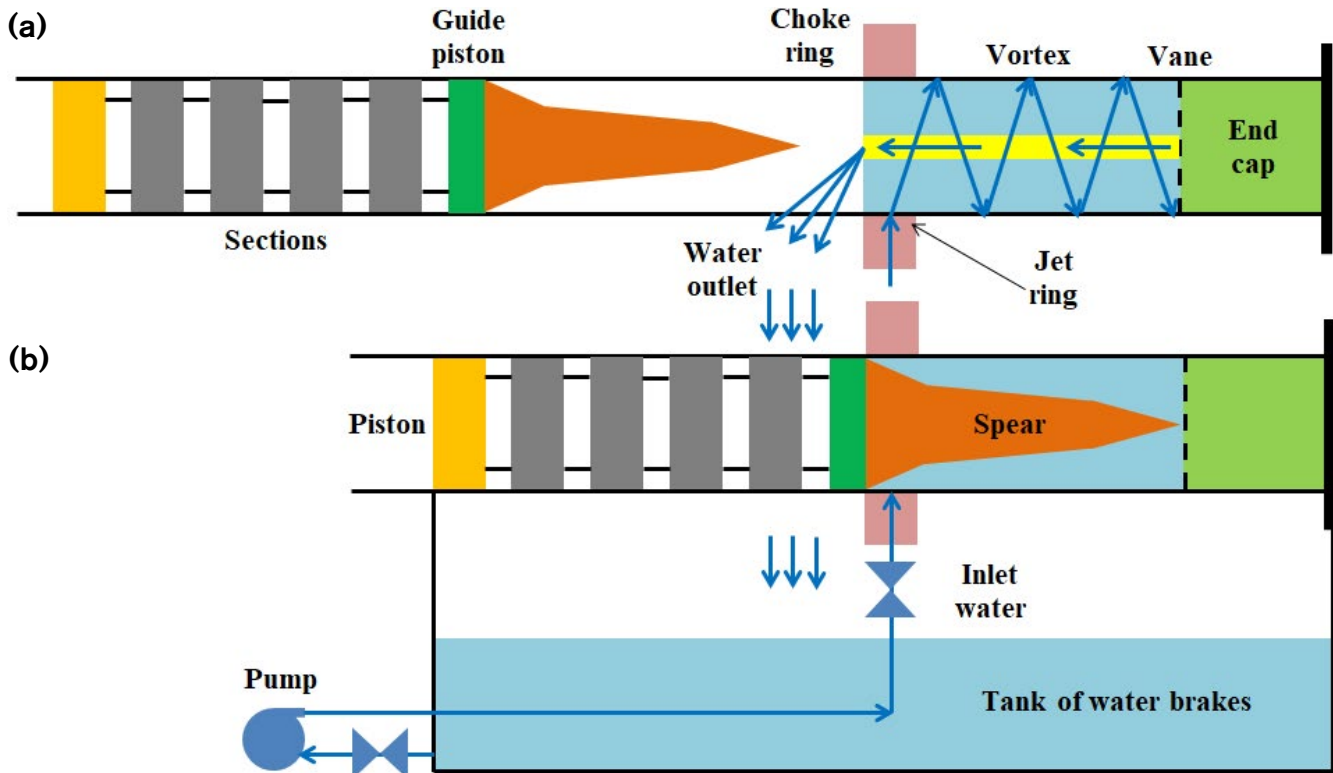


Figure 3. Water brakes. a) Spear about before entering. b) Spear fully inserted.

tering when applying steam pressure. Figure 2a shows the cross section and Figure 2b the longitudinal section of the catapult launch system.

Figure 3a represents when the piston approaches the water brake at take off speed. The brakes are always full of water before the impact. This is done by continuously injecting water under pressure into the jet ring, giving a vortex movement to the jet so that it moves helically along the walls of the brake towards the rear, leaving a space in the center with only air. When the water reaches the vane of the brake end cap, the vortex is broken and water flows through the central part of the brake in the opposite direction, displacing the air and flowing towards the water tank in an existing opening next to the choke ring, constituting a closed water circuit. Figure 3b shows the piston stopping moment with the spear fully inserted into the brake and water flowing out completely from the duct next to the choke ring into the water tank. Once the piston is retired, a pump introduces water again into the jet ring to keep the brake full of water in a continuous movement until the next release (Garstin, 2016).

A complete launch cycle consists of: (1) approach of the aircraft to the launch site, (2) lifting of JBD, (3) launch and holdback bar coupling, (4) setting of the turbofan power to the maximum without

post-combustion, (5) launch, (6) braking and (7), retraction of pistons to the launch site, extraction of excess steam, filling of water brakes and lowering of JBD (Navy BMR, 2020).

2.3 Description of equations

Equation 1 allows calculating shuttle and aircraft acceleration without considering any friction. Equations 2 and 3 estimate the take off and catapult operating time, assuming as a simplification that acceleration remains constant from the end of the catapult (94.2 m) to the runway (99.0 m), although in this small section of the track, the aircraft is only operated by the two turbofans.

$$a_{cat} = \frac{(v_{final-cat}^2 - v_{inicial-cat}^2)}{2 * L_{cat}} \quad (1)$$

$$t_{take\ off} = \sqrt{\frac{2 * L_{track}}{a_{cat}}} \quad (2)$$

$$t_{cat} = \sqrt{\frac{2 * L_{cat}}{a_{cat}}} \quad (3)$$

Equation 4 is used for estimating the energy imparted by the catapult to allow aircraft take off, while Equation 5 calculates the power associated.

$$E_{cat-aircraft} = \frac{1}{2} * (m_{aircraft} + m_{piston}) * v_{final-cat}^2 * 10^{-3} \quad (4)$$

$$P_{cat-aircraft} = \frac{E_{cat-aircraft}}{t_{cat}} \quad (5)$$

Equation 6 calculates the traction force required for the catapult and associated with the expansion of steam into the cylinders. Equation 7 calculates the speed reached by the airplane when driven by turbofans ($k = 0.8$), considering in both cases the friction associated with the launch system and the aircraft (Hernando-Díaz, 2018).

$$F_{cat} = 1.02 * \left(\frac{m_{piston} + m_{aircraft}}{2} \right) * \frac{v_{final-cat}^2}{L_{cat}} \quad (6)$$

$$v_{final-cat} = \sqrt{2 * L_{cat} * \left(\frac{E_{turbofan}}{m_{aircraft}} \right) * k} \quad (7)$$

Equation 8 expresses the negative braking acceleration of the pistons obtained after their complete stop in the water brakes. Equation 9 the braking time, which is the time needed for pistons to stop. Equation 10 the exerted force of the catapult shuttle. Equation 11 the braking energy of the pistons and Equation 12 the average braking power dissipated in the water brakes of cylinders.

$$a_{braking} = \frac{(v_{final-cat}^2 - v_{inicial-cat}^2)}{2 * L_{braking}} \quad (8)$$

$$t_{braking} = \sqrt{\frac{2 * L_{braking}}{a_{braking}}} \quad (9)$$

$$F_{cat} = \frac{(m_{aircraft} + m_{piston})}{2} * \frac{v_{final-cat}^2}{L_{cat}} \quad (10)$$

$$E_{braking} = \frac{1}{2} * m_{piston} * v_{final-cat}^2 * 10^{-3} \quad (11)$$

$$P_{braking} = \frac{E_{braking}}{t_{braking}} \quad (12)$$

Garstin (2016) considers that steam expansion in the cylinders is not adiabatic for the whole piston stroke. However, Shi et al. (2018) assume adiabatic expansion. When assuming the ideal pressure value, the pressure starts from zero, rises almost linearly until it reaches its nominal value at the point corresponding to 10% of the cylinder stroke position and then remains constant for the remaining 90% of the stroke. On the contrary, when assuming real pressure values, only when reaching 43% of the stroke position and up to the end, the actual expansion resembles an adiabatic process (Garstin, 2016). For simplification, steam was assumed to expand ideally from the beginning to the end, in an isobaric way inside the cylinders. The thermodynamic model was the equilibrium model. Figure 4 shows a generic diagram of a steam accumulator (Spiraxsarco, 2017).

Equation 13 estimates the accumulator absolute steam pressure required for aircraft launching, in accordance with C-13-1 catapult design parameters, considering that atmospheric pressure opposes movement. Although the launch steam pressure can vary between certain values (3061-3537 kPa, Roosevelt aircraft carrier, CVN-71) (EPA, 1999), in this work it was considered constant and estimated as a function of the operating point.

$$P_{cat} = \frac{4 * F_{cat} * 10^{-3}}{N_{cy} * \pi * \phi^2} + P_{atm} \quad (13)$$

The steam mass flow required for a launch is calculated using Equation 14.

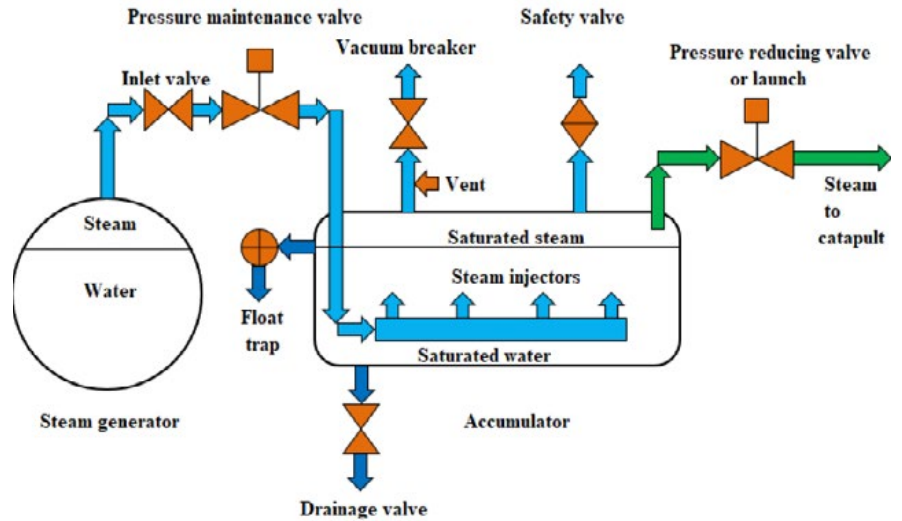


Figure 4. Generic diagram of a steam accumulator.

$$M_{steam-batch} = \frac{N_{cy} * \pi * \phi^2 * L_{cat} * \rho_{steam} * 3.600}{4 * t_{cat}} \quad (14)$$

Equation 15 estimates mean steam consumption. This value is coincident with the steam mass flow from the steam generator in a continuous manner. Equation 16 is used to obtain the steam mass flow based on the steam injection coefficient.

$$M_{steam-mean} = \frac{M_{steam-batch} * t_{cat}}{t_{cycle}} \quad (15)$$

$$k_i = \frac{t_{cat}}{t_{cycle}} * 100 \quad (16)$$

The thermodynamic model adopted for evaluating the steam accumulator was based on equilibrium. The steam mass flow delivered to the catapult is supplied by the steam generator operating continuously. The steam accumulator only works during the steam injection phase (batch conditions). Equation 17 represents the mass flow of flash steam produced by the accumulator as the difference between the steam supplied in each batch and the mean steam value (as mass flow).

$$M_{acu} = M_{steam-batch} - M_{steam-mean} \quad (17)$$

Equation 18 represents the amount of saturated water stored in the steam accumulator needed to supply steam to the catapult. Equation 19 represents the amount of flash steam sent to the catapult and expressed as percentage.

$$m_{sat-acu} = \frac{M_{acu} * t_{cat}}{\%flash\ steam} \quad (18)$$

$$\%flash\ steam = \frac{(h_{P1} - h_{P2}) * 100}{h_{change-state-P2}} \quad (19)$$

Equation 20 is used to calculate the volume of the accumulator considering a filling factor of 0.9 (Wenqiang et al., 2017). Dimensions of the cylindrical tank were calculated with a length/diameter ratio of 5 (Stevanovic et al., 2012).

$$V_{acu} = \frac{m_{sat-acu}}{\rho_1 * f_{filling}} \quad (20)$$

Equation 21 gives the degree of steam released from the accumulator. Equation 22 the area of the cylinder cap obtained after applying the filling factor. Equation 23 the water free surface area and Equation 24 the maximum value of steam release degree (Spiraxsarco, 2017).

$$G_{release-steam} = \frac{M_{acu}}{S_{free\ water\ surface}} \quad (21)$$

$$A_{cap} = \frac{R_{acu}^2}{2} * (\phi - \text{sen}\phi) = (1 - f_{filling}) * \pi * R_{acu}^2 \quad (22)$$

$$S_{free\ water\ surface} = L_{acu} * 2 * R * \text{sen}\left(\frac{\phi}{2}\right) \quad (23)$$

$$G_{release-steam-max} = 2.2 * p_{acu} \quad (24)$$

Figure 5a shows in a simplified way, forces considered during the launch of the FA-18 Hornet aircraft from a C-13-1 catapult. It was assumed that all forces act on point O (without con-

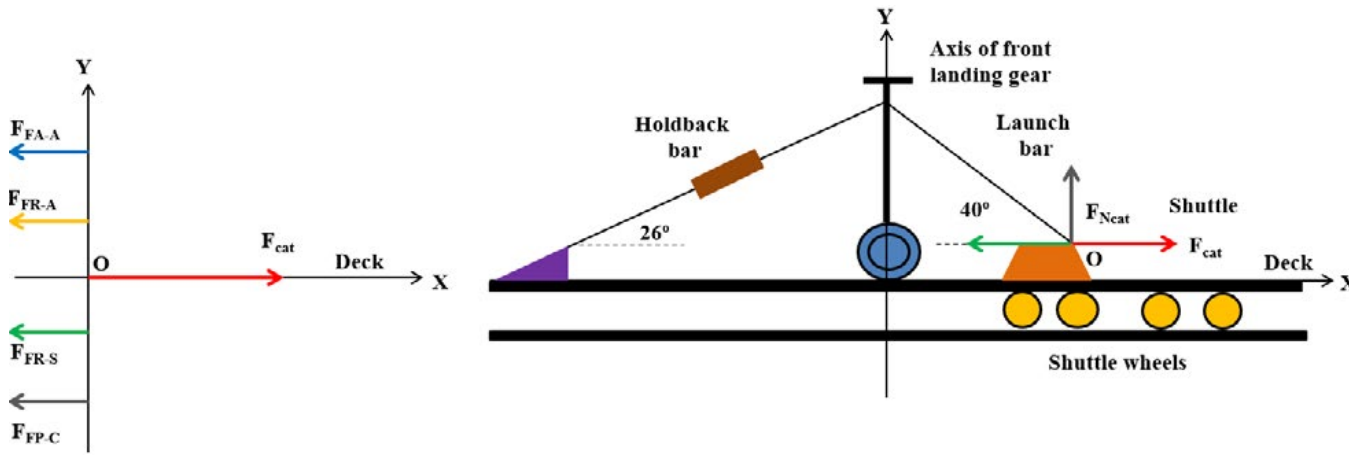


Figure 5. Diagram of shuttle and front landing gear with its launch and holdback bars. a) Acting forces. b) Force diagram.

sidering moments) where the shuttle is attached to the launch bar. Figure 5b shows the force diagram, acting on the shuttle, where point O is located close to the deck.

Equation 25 represents the “launch equation” for the FA-18 Hornet. Equation 26 is used to calculate the friction force between pistons and cylinders. Equation 27 and 28 are used to calculate the friction force and coefficient associated with the shuttle wheels, whereas Equation 29 and 30 for estimating friction for the aircraft wheels (López, 2013).

$$F_{cat} - F_{FP-C} - F_{FR-S} - F_{FR-A} - F_{FA-A} = (m_{aircraft} + m_{piston}) * a_{take-off} \tag{25}$$

$$F_{FP-C} = \mu_{FP-C} * g * m_{piston} \tag{26}$$

$$F_{FR-S} = \mu_{FR-S} * F_{cat} * tg\alpha \tag{27}$$

$$\mu_{FR-S} = \frac{k_1}{r} \tag{28}$$

$$F_{FR-A} = \mu_{FR-A} * g * m_{aircraft} \tag{29}$$

$$\mu_{FR-A} = f_0 + f_s * 24.5 * \left(\frac{v_{aircraft}}{100}\right)^{2.5} \tag{30}$$

Equation 31 calculates the aircraft aerodynamic friction force, using in this case the aircraft speed in m/s as units.

$$F_{FA-A} = \frac{1}{2} * \rho_{air} * (v_{aircraft})^2 * S_{wing} * C_D \tag{31}$$

3. Results and discussion

3.1. Shuttle analysis

Table 3 shows results from the analysis of elements coupled to the shuttle: catapult, aircraft

take off and piston braking. The catapult nominal launch capacity (36288 kg) was divided into the aircraft mass to be launched (33408 kg) and shuttle-piston mass (2880 kg). The aircraft acceleration from the point of shuttle release (94.2 m

and the runway end (99.0 m) was assumed constant, even though only the turbofan thrust acts on this section (3.8 m). The difference in speed and final time between catapult and aircraft take off is only 2.4%; this fully justifies the assumption for the catapult and

Parameters	Values
Catapult	
Mean acceleration (m/s ²)	27.5
Mean acceleration (g)	2.8
Final speed (m/s)	72
Launch time (s)	2.62
Traction force without friction (kN)	999
Traction force with friction (kN)	1019
Friction force (kN)	20
Energy with friction (MJ)	96
Energy without friction (MJ)	94.1
Friction energy (MJ)	1.9
Power with friction (MW)	37.4
Power without friction (MW)	35.9
Friction power (MW)	1.5
Aircraft	
Mean acceleration (m/s ²)	27.5
Launch time (s)	2.62
Final speed (m/s)	73.8
Brakes	
Braking acceleration (m/s ²)	1728
Braking acceleration (g)	176
Braking time (s)	0.042
Braking energy (MJ)	7.5
Braking power (MW)	178
Reaction force in structure (kN)	5000
Final water temperature (°C)	142

Table 3. Results from the shuttle analysis.

take off parameter as equivalent at the operating point. The shuttle transmits a horizontal traction force to the aircraft of 1019 kN (when friction is considered). This force is supplied in 2.62 s by steam from the accumulator. A 2% loss was assumed in Equation 6. The negative acceleration exerted on pistons by water brakes has a value of 1728 m/s^2 , generating a reaction on the deck fuselage equivalent to 5000 kN (510 t). This value corresponds to 0.5% of the aircraft carrier mass and raises the water temperature up to $142 \text{ }^\circ\text{C}$.

3.2. Steam system analysis

Figure 6a shows represents the flow of steam supplied by the accumulator to the catapult and Figure 6b, the steam thermal power. Figure 6a also represents the flow of steam supplied by the boiler for each operating cycle as a function of the launch time at the operating point. The catapult delivers a mass flow of 680923 kg/h of steam in just 2.62 s in a cyclic way of 60 s duration. The mean value of steam supplied to the catapult was 29734 kg/h . This flow is produced by the steam generator, resulting in an injection coefficient of 4.4%. This means that during 4.4% of the launch cycle time, steam is injected into the catapult, while in the remaining time, energy is continuously stored in the accumulator. The accumulator supplies 651189 kg/h (95.6%) of steam which, added to the 29734 kg/h (4.4%) from the steam generator, constitutes the total value of 680923 kg/h (100%) required by each catapult cycle.

Results from the generator, accumulator and catapult are shown in Table 4. A horizontal configuration was assumed instead of a vertical one for obvious reasons of space in the aircraft carrier and because of the larger evaporation area provided by this configuration which depends on saturated free surface area in the tank.

The steam accumulator, when filled to 90% of its total capacity, has a free evaporation area of 68.3 m^2 ($3.15 \text{ m} \times 21.68 \text{ m}$) and a circular cap angle of 93.2° , re-

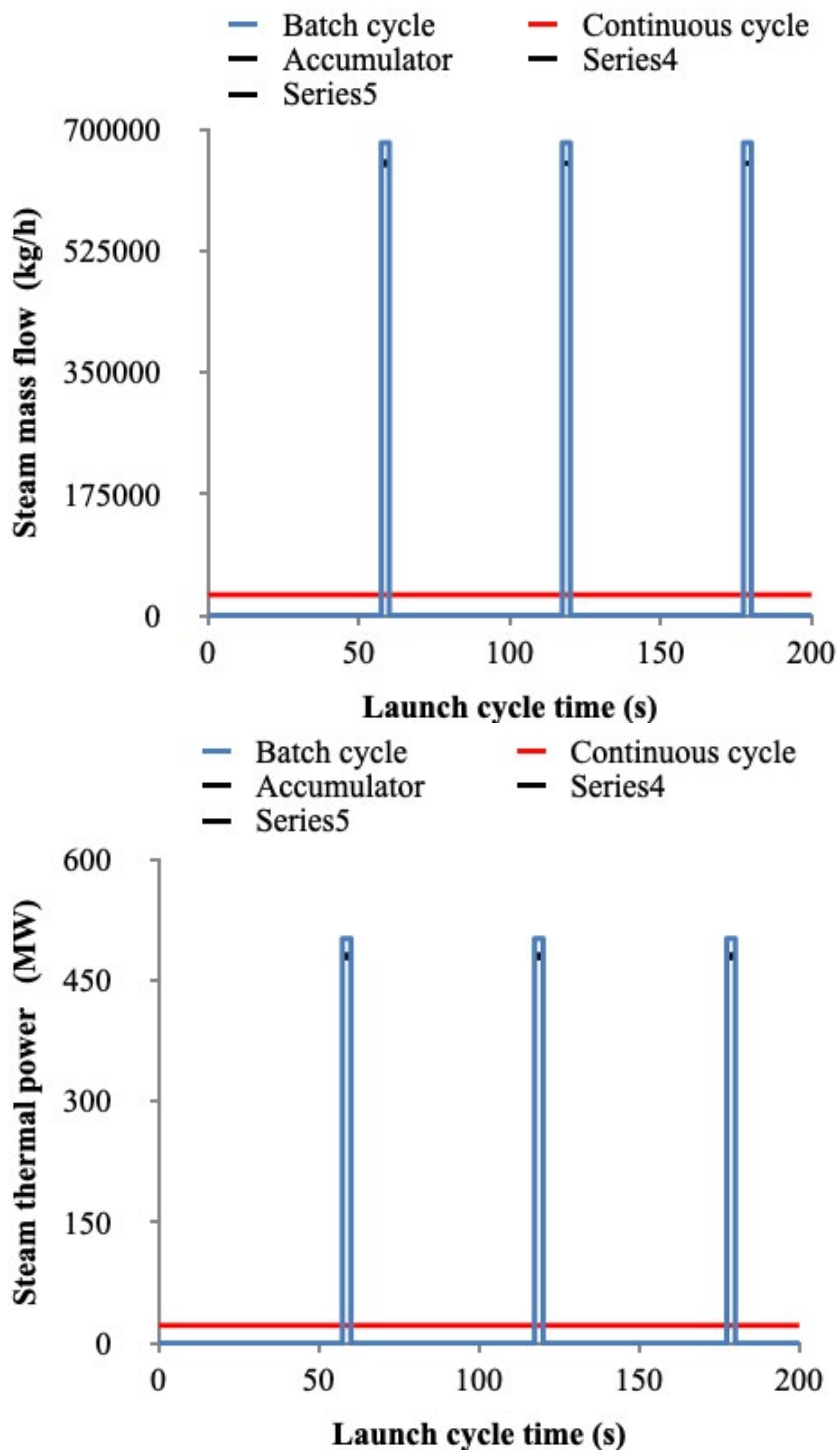


Figure 6. Diagram of steam supply to the steam accumulator as a function of launch cycle time. a) Mass flow. b) Thermal power.

sulting in a steam release rate of $9,532 \text{ kg/h}\cdot\text{m}^2$. This value is lower than the maximum release rate of $15,180 \text{ kg/h}\cdot\text{m}^2$ (Spiraxsarco, 2017). The ratio between high and low manometric pressures was 2.2:1. Table 5 presents the mass and energy balance of the steam accumulator for the complete cycle at the operating point (injection and non-injection). It

is necessary to supply 0.3 MW additional to the energy provided by the accumulator to compensate the energy balance, due to the difference between the inlet specific enthalpy and outlet. This power of 0.3 MW represents just 1.3% of the total input thermal power, and therefore this amount was neglected.

The steam accumulator, when

Parameters	Values
Generator	
Steam mass flow (kg/h)	29734
Steam pressure (kPa)	6900
Water saturation temperature (°C)	284.9
Steam thermal power (MW)	22.9
Acumulator	
Outlet steam pressure (kPa)	3205
Manometric pressure ratio (w.u)	2.2
Outlet steam temperature (°C)	237.6
Outlet steam mass flow (kg/h)	651189
Thermal power outlet steam (MW)	507.1
Steam mass storage required (kg/cycle)	28435
Proportion of flash steam (%)	13.13
Amount of saturated water required (kg)	213790
Tank filling coefficient (w.u)	0.90
Water mass in full tank (kg)	237544
Density (saturated water at 237.6 °C (kg/m ³))	741.5
Minimum tank volume (m ³)	320
Diameter (Length/Diameter = 5) (m)	4.34
Accumulator length (m)	21.68
Energy density, volumetric storage (kWh/°C*m ³)	0.9
Accumulator energy density (kWh/m ³)	260.3
Launch steam mass/Accumulator water mass (kg/kg)	0.002
Cap cylinder area (m ²)	1.48
Evaporation free surface area (m ²)	68.3
Accumulator cap central angle (rad)	1.63
Steam release degree (kg/h*m ²)	9532
Steam release maximum degree (kg/h*m ²)	15180
Steam injection coefficient (%)	4.4
Catapult (with friction)	
Steam mass flow (kg/h)	680923
Launch time (s)	2.62
Preparation time for launch (s)	57.38
Launch cycle time (s)	60
Steam mass (kg/launch)	496
Steam energy (MJ/launch)	1389
Steam power (MW/launch)	530

Table 4. Results from the steam system analysis.

filled to 90% of its total capacity, has a free evaporation area of 68.3 m² (3.15 m × 21.68 m) and a circular cap angle of 93.2°, resulting in a steam release rate of 9532 kg/h*m². This value is lower than the maximum release rate of 15180 kg/h*m² (Spiraxsarco, 2017). The ratio between high and low manometric pressures was 2.2:1. Table 5 presents the mass and energy balance of the

steam accumulator for the complete cycle at the operating point (injection and non-injection). It is necessary to supply 0.3 MW additional to the energy provided by the accumulator to compensate the energy balance, due to the difference between the inlet specific enthalpy and outlet. This power of 0.3 MW represents just 1.3% of the total input thermal power, and therefore this amount

was neglected.

Figure 7a shows the temperature-pressure diagram of water-steam for the process in the accumulator and its comparison with the steam generator or boiler (operating without an accumulator) to achieve the same aim. The boiler is incapable of supplying the high steam flow needed in such a short time. Figure 7b compares the generator steam flow (4.4%) and that

Parameters	Inlet steam (Generator)	Saturated water (Accumulator)	Outlet steam (Catapult)	
	Continuous	Variable level	Batch	*Continuous
Steam mass flow (kg/h)	29734		680923	29734
Thermal power (MW)	22.9		530.2	23.2
Temperature (°C)	284.9		237.6	
Pressure (kPa)	6900		3205	
Thermal power losses (MW)		0.3		
Maximum mass of water (kg)		213790		
Maximum volumen of water (m ³)		288.3		
Minimum mass of water (kg)		213294		
Minimum volume of water (m ³)		287.7		
*Medium cycle				

Table 5. Mass and energy balance of the steam accumulator.

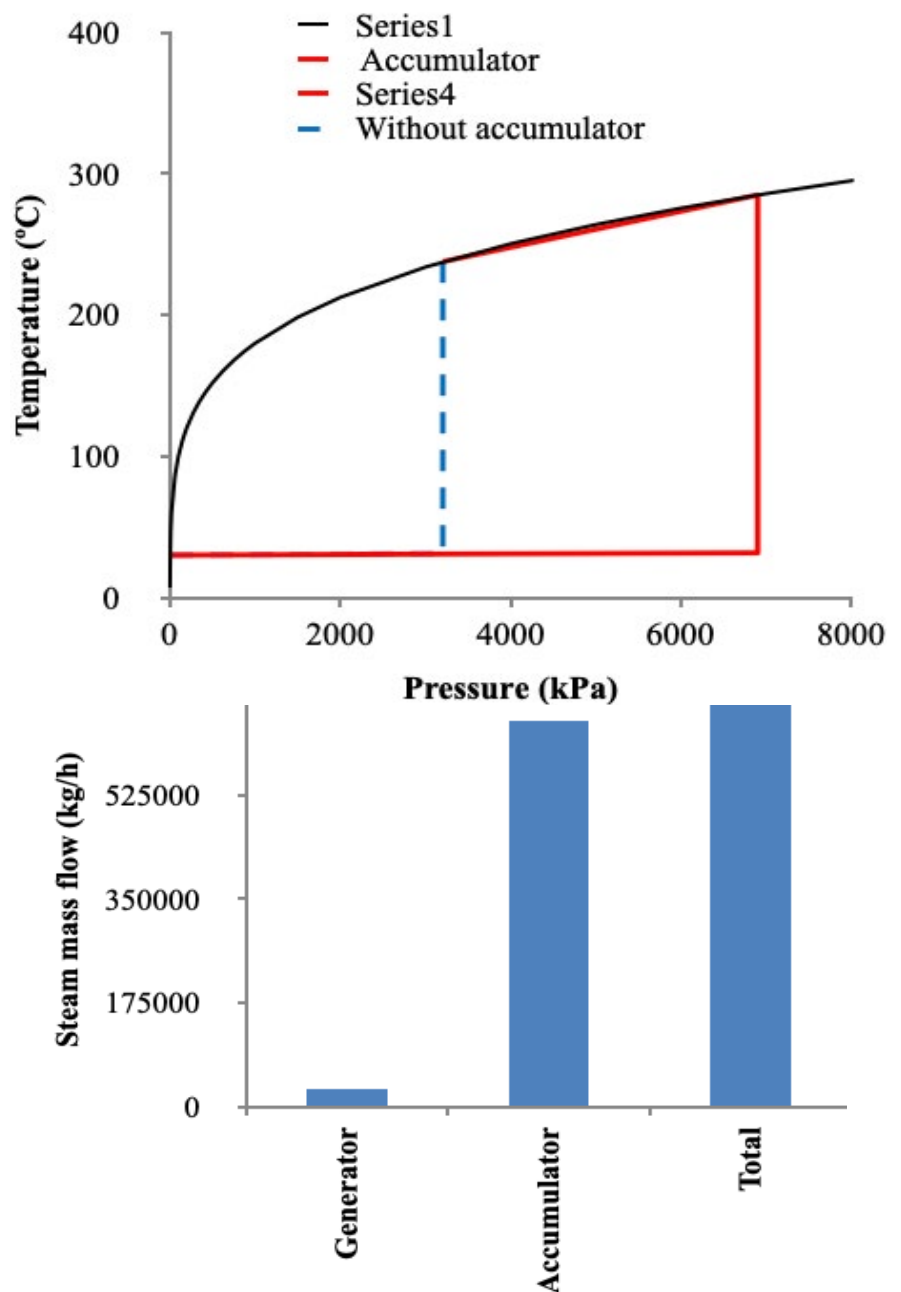
of the accumulator (95.6%) during each launch. Figure 7c and Figure 7d illustrate the process of batch and non-batch steam injection of the steam accumulator, while the steam supply from the steam generator is constant throughout the cycle.

3.3. Analysis of the nominal traction capacity of the C-13-1 steam catapult

The effect of varying pressure and take off speed are analyzed. When Equation 6 is applied, a set of curves with a hyperbolic shape for each value of the traction force and steam pressure are obtained. Figures 8a and 8b show the evolution of the aircraft mass that can be launched as a function of the take off speed for each value of the catapult traction force and steam pressure in the accumulator. The black line in both figures indicates the nominal operating curve of the C-13-1 catapult and the red dotting arrow, the operating point. These curves were obtained by sealing off the thrust of the aircraft turbofans, only with the action of catapult.

3.4. Analysis of an FA-18 Hornet take off

The take off of an FA-18 Hornet from an aircraft carrier or an airport with its MTOW has been analysed in a simplified way, assuming the effect of friction forces and also neglecting them. Equation 32 corresponds to the equation for the aircraft launch using



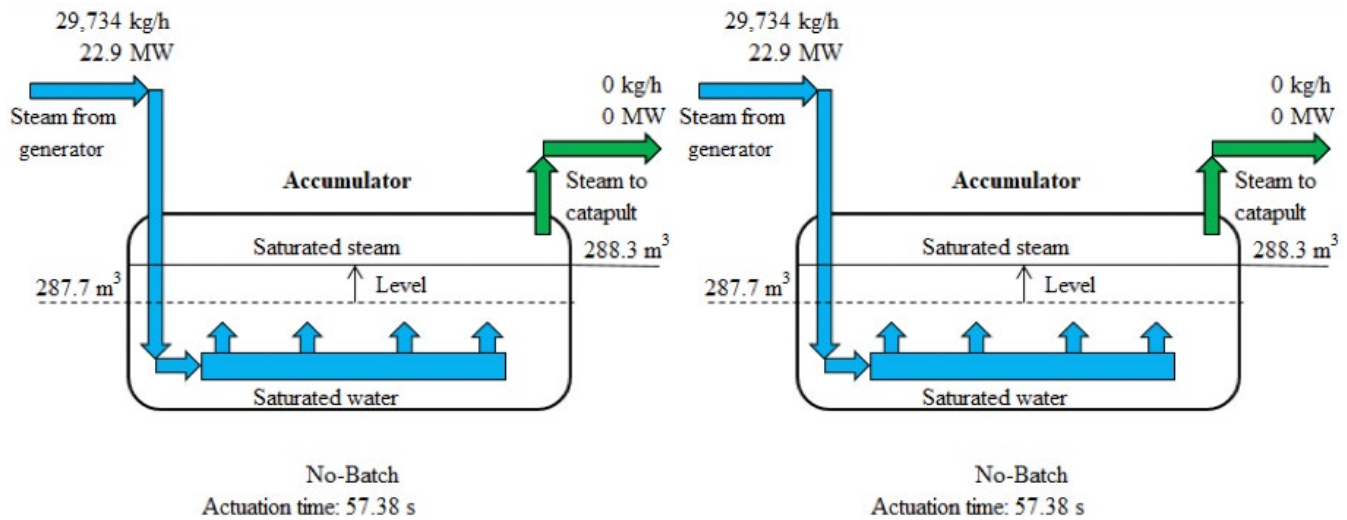


Figure 7. Steam accumulator. a) Diagram of the water-steam circuit. b) Comparison with the steam mass flow of the catapult. c) and d) Processes batch and no-batch in the steam accumulator.

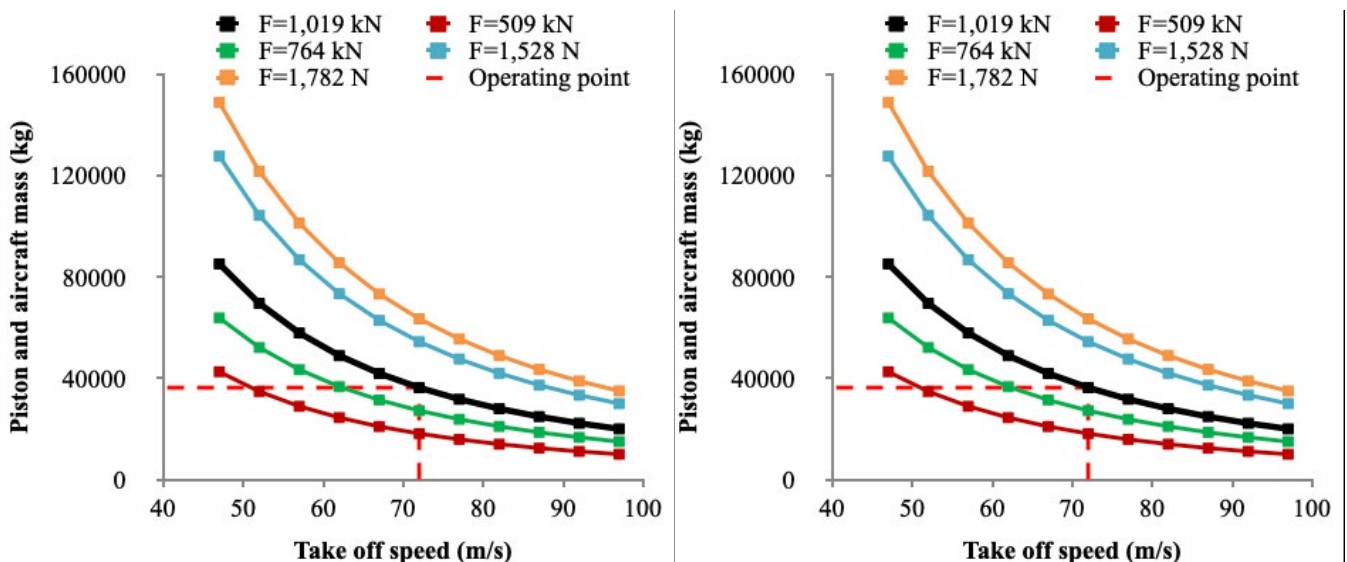


Figure 8. Sensitivity analysis for the mass of the piston and aircraft to be launched by the catapult as a function of the take off speed. a) Traction force on the shuttle. b) Steam pressure during launch.

only steam catapult and Equation 33 for turbofan, considering in both cases friction forces.

$$F_{cat} = 728.3 + (6,424 + 0.1140 \cdot v_{aircraft}^{2.5} + 0.4535 \cdot v_{aircraft}^2) \cdot 10^{-3} \quad (32)$$

$$F_{turbofan} = 94.8 + (2,081 + 0.1140 \cdot v_{aircraft}^{2.5} + 0.4535 \cdot v_{aircraft}^2) \cdot 10^{-3} \quad (33)$$

These equations clearly show that force (and therefore, acceleration) is variable and a function of the launch speed. However, the variation of acceleration is small, so the mean acceleration has always been considered. Table 6 shows each of the components of friction forces during the take off in accordance with four scenarios of the

launch: (a) catapult, (b) catapult and turbofan, (c) turbofan in catapult track and (d) turbofan in airport track.

For Scenario (b), the following percentage of forces acting on the aircraft results: steam catapult 85.9% and turbofan 14.1%, approximately a 6/1 ratio. The results show the low incidence of friction, rolling and aerodynamic forces on the total force needed for launching compared to that required to accelerate the aircraft-piston assembly. The results evidence the small incidence of friction, rolling and aerodynamic forces on the total force needed for launching compared to that required to accelerate the aircraft-piston assembly. The force required by the FA-18 Hornet for take off is 72.1% of the nominal catapult force when friction is neglected

and 72.8% if considered. In this way, 98.1% of the catapult force is used to accelerate the aircraft-piston assembly and the remaining 1.9% is used to counteract the friction force that opposes the launch movement. Results are identical in the case of accelerating the aircraft with the catapult and turbofan providing the force. In the case of turbofan thrust and catapult track, the resulting friction force is 2.8%. When the take off takes place on the airport track, the friction force is raised to 9.1%, due to the increase of speed with respect to the previous case and with this value being much higher than that obtained for the launch using when the force provided by the catapult. The difference between the friction and frictionless force (or

Parameters	Scenario (a)		Scenario (b)		Scenario (c)		Scenario (d)	
	Departure	Take off	Departure	Take off	Departure	Take off	Departure	Take off
Traction force of the catapult (kN)	734.8	724.1	630.4	637.7	0	0	0	0
Turbofan thrust (kN)	0	0	104.4	104.4	104.4	104.4	104.4	104.4
Friction force of the shuttle wheels (kN)	2.1	2.1	1.8	1.8	0	0	0	0
Friction force of piston-cylinder (kN)	2.3	2.3	2.3	2.3	0	0	0	0
Friction force of aircraft wheels (kN)	2.1	7.1	2.1	7.1	2.1	2.5	2.1	7.1
Aerodynamic friction force (kN)	0	2.4	0	2.4	0	2.4	0	2.4
Total friction force (kN)	6.5	13.9	6.2	13.6	2.1	2.9	2.1	9.5
Traction force applied without friction (kN)	728.3	728.2	624.1	624.1	0	0	0	0
Turbofan thrust without friction (kN)	0	0	104.4	104.4	95	95	95	95
Friction force expressed as percentage of total traction or thrust force (%)	0.9	1.9	0.9	1.9	2	2.8	2	9.1

Table 6. Breakdown of the friction forces during the FA-18 Hornet take off.

thrust) with zero speed is due to the term f_0 of Equation 30. The resistance force caused by the air on the pistons was disregarded. Although the high piston speed causes a loss of air pressure when circulating through the cylinders. However, the air density is just 0.7 kg/m^3 at $237.6 \text{ }^\circ\text{C}$, thus the force resulting from the air opposing to the piston movement within cylinders is small and it was neglected.

Figure 9a represents the resulting forces required for the FA-18 Hornet launching, considering the action of either the catapult, turbofan or both on the catapult track. Figure 9b considers only turbofan on the catapult track and Figure 9c shows the forces acting on the aircraft in the case of operating just the turbofan on the airport track, as a function of speed in the three cases. In these figures, the cases

considering friction and disregarding it are also represented. In Figure 9a there is a slight decrease in the value of the force exerted upwards by the launch bar, resulting in a lower rolling force of 0.3 kN at take off, a negligible value, so the launch Equations for Scenarios (a) and (b) have been considered equal.

The results from the take off of the FA-18 Hornet using three different forms of calculus are compared in Table 7: (1) applying the equations of classical physics without friction, (2) considering friction and (3) applying equations (8) and (9) based on the reference (Hernando-Díaz, 2018) for the Scenarios (a), (b), (c) and (d) listed in this same table. The mass of the aircraft and launcher-pistons is considered in Scenario (c) and for Scenario (d) only the mass of the aircraft. Total

energy and power include friction.

Analysing case (2) with friction, the acceleration achieved and the take off time used by using catapult or catapult-turbofan in Scenarios (a) and (b) was 27.5 m/s^2 and 2.62 s , while only using the turbofan in Scenarios (c) and (d), the results were 3.9 m/s^2 (-85.8%) and $6.9\text{-}16.3 \text{ s}$ (163.3%-522.1%), resulting in an insufficient final speed of 27.2 m/s (-62.2%) for take off in Scenario (c) and an airport take off length of 589.1 m (+525.4%) for Scenario (d). Considering the performance at the rated capacity of the steam catapult and turbofan, a 39739 kg aircraft can be launched at 72 m/s , 68.5% higher mass than the FA-18 Hornet. Obviously, with this capacity, it is also possible to launch heavier aircraft such as the F-35C.

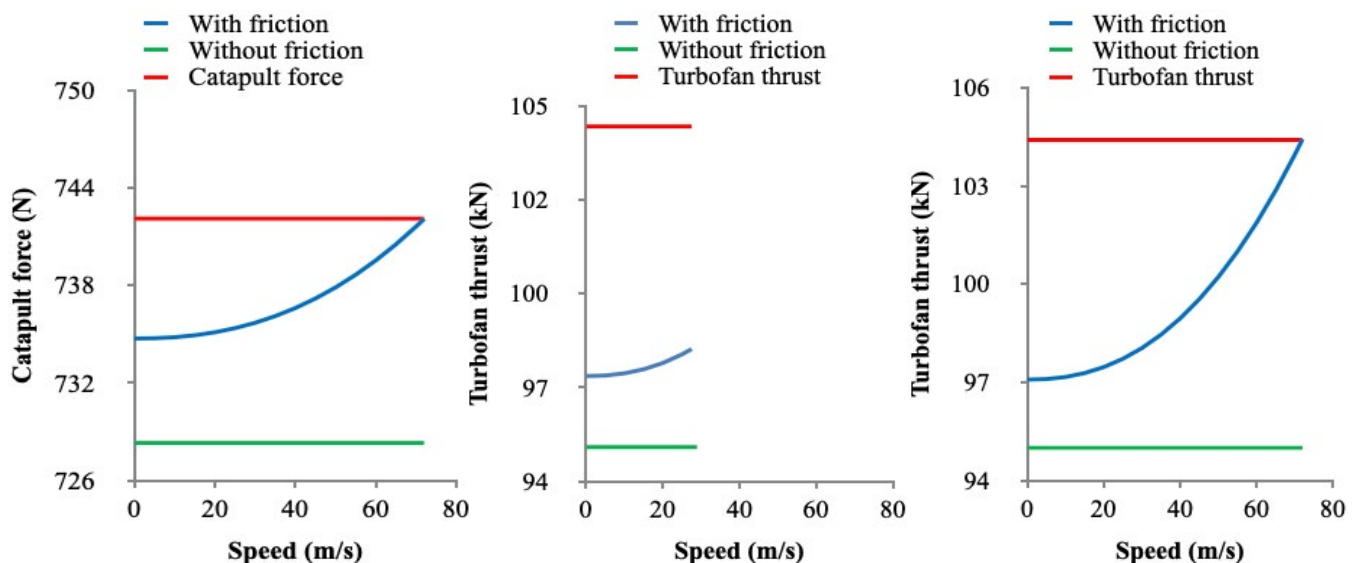


Figure 9. Variation of the resulting force with and without friction as a function of the launch speed. a) Catapult and catapult-turbofan on catapult track. b) Only turbofan on catapult track. c) Only turbofan on airport track.

Parameters	Scenario (a)			Scenario (b)			Scenario (c)			Scenario (d)		
	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
Final speed (m/s)	72			72			27.2		24.2		72	
Mean acceleration (m/s ²)	27.5			27.5			3.9		3.1		4.4 3.5	
Launch time (s)	2.62			2.62			6.9		7.8		16.3 20.3	
Total energy (MJ)	68.6	69.9	70	68.6	69.9	70	9.8	10	10.1	61.1	62.4	66.7
Total power (MW)	26.2	26.7		26.2	26.7		2.5	2.6		13.9	14.2	15.2
Length of take off (m)	94.2			94.2			94.2			581.1		750.6

Table 7. Parameters obtained of the take off of the FA-18 Hornet according to three different calculation processes.

4. Conclusions

The use of a steam accumulator reduces by 95.6% the thermal power that a steam generator of a nuclear reactor should supply to the catapult at each launch. The operation of all existing elements between the steam generator and accumulator can be continuous, avoiding dangerous thermal stresses and increasing equipment efficiency. It is important to highlight the great capacity for storing thermal energy that the accumulator allows by using saturated water (0.9 kWh/°C·m³ or 260.3 kWh/m³) and supplied in a short time (2.62 s) for each cycle (60 s). The analysis of forces acting during the launch shows that the catapult provides most of the force needed, whereas that provided by turbofans represents a small percentage. Friction forces are small when compared to the force provided by the set of catapult-turbofan system. The steam catapult is presented here as a way to highlight the relevance of steam accumulators in saving energy. In addition, the use of nuclear aircraft carriers greatly favors the use of saturated steam for this application.

5. References

- Atalayar. (2021). Available in: <https://atalayar.com/content/estados-unidos-modifica-el-despliegue-del-portaaviones-uss-nimitz-por-las-amenazas-de-ir%C3%A1n>. Accessed March 2023.
- Biglia A, Comba L, Fabrizio E, Gay P, Aimonino D. (2017). Steam batch thermal processes in unsteady state conditions: Modelling and application to a case study in the food industry. *Applied Thermal Engineering*, 118: 638-651. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2017.03.004>.
- Elward B. (2010). *Nimitz class: aircraft carriers*. Osprey publishing Ltd. Available in: www.ospreypublishing.com. Accessed September 2022.
- EPA. (1999). *Catapult wet accumulator discharges: nature of discharge*. Available in: https://www.epa.gov/sites/production/files/201508/documents/2007_07_10_oceans_regulatory_unds_tdocuments_appacatapultwet.pdf. Accessed August 2022.
- FA-18 Hornet. (2013). *FA-18 Hornet*. Available in: <http://www.aire.org/hornet/>. Accessed December 2022.
- F16. (2020). *Landing signal officer reference manual (Rev. B). Chapter 10: steam catapults*. Available in: <http://63.192.133.13/VMF-3121LSO.pdf>. Accessed October 2022.
- Hernando-Díaz J. (2018). *Análisis de la embarcabilidad de aviones de combate terrestres*. Tesis Doctoral, UPM Madrid. Available in: http://oa.upm.es/40985/1/Jose_Luis_Hernando_Diaz.pdf. Accessed September 2022.
- Garstin J. (2016). *Hydraulics in flight-deck machinery*. Available in: <http://citeserx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.845.194&rep=rep1&type=pdf>. Accessed May 2023.
- Global security. (2020). *Chapter 4: steam-powered catapults*. Available in: https://www.globalsecurity.org/military/library/policy/navy/nrtc/14310_ch4.pdf. Accessed August 2022.
- López JA. (2013). *Dinámica longitudinal tracción. Resistencia al avance y diagrama de tracción*. Available in: <https://docplayer.es/42495424-Dinamica-longitudinal-traccion-resistencia-al-avance-y-diagrama-de-traccion-e-i-i-valladolid-jose-a-lopez-p-1.html>. Accessed September 2022.
- Muñoz-Navarro MA. (2020). *Manual de vuelo*. Available in: <https://www.manualvuelo.es/1p-bav/17ataqu.html+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=es>. Accessed March 2023.
- Naval education and training command. (1974). *Aviation. Boatswain's mate E1&C. Rate training manual*. Available in: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED109344.pdf>. Accessed August 2022.
- Navy BMR. (2020). *Chapter 5: steam-powered catapults*. Available in: http://www.navybmr.com/study%20material/14310a/14310a_ch5.pdf. Accessed August 2022.
- Parwate S, Daronde S, Telrandhe S. (2017). *Electromagnetic Aircraft Launch System. Vol-3 Issue-2, IJARIE-ISSN(O)-2395-4396*. Available in: http://ijariie.com/AdminUploadPdf/electromagnetic_aircraft_launch_systemijariie_4074.pdf. Accessed August 2022.
- Quora. (2020). *How does a catapult on an aircraft carrier work?* Available in: <https://www.quora.com/How-does-a-catapult-on-an-aircraft-carrier-work>. Accessed August 2022.
- SBIR-STTR. (2019). *Passive Cooling for Aircraft Carrier Jet Blast Deflectors (JBD)*. Available in: <https://www.sbir.gov/node/1606301>. Accessed August 2022.
- Spiraxsarco. (2017). *Steam accumulators*. Available in: <http://www.spiraxsarco.com/Resources/Pages/Steam-Engineering-Tutorials/the-boiler-house/steam-accumulators.aspx>. Accessed July 2022.
- Stevanovic V, Maslovaric B, Prica S. (2012). *Dynamics of steam accumulation*. *Appl Therm Eng*, 37: 73-79. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2012.01.007>.
- Stevanovic V, Petrovic MM, Milivojevic S, Maslovaric B. (2015). *Prediction and control of steam accumulation*. *Heat Transfer Eng*, 36: 498-510. <https://doi.org/10.1080/01457632.2014.935226>.
- Sun B, Guo J, Lei Y, Yang L, Li Y, Zhang G. (2015). *Simulation and verification of a non-equilibrium thermodynamic model for a steam catapult's steam accumulator*. *Int J Heat Mass Transf*, 58: 88-97. <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2015.01.120>.

Sung W, Hong Y, Wang Y. (2016). Operation Optimization of Steam Accumulators as Thermal Energy Storage and Buffer Units. *Energies*. Available in: [https://www.academia.edu/35033869 / Operation_optimization_of_steam_accumulators_as](https://www.academia.edu/35033869/Operation_optimization_of_steam_accumulators_as). Accessed September 2022.

Swiss Armed Force. (2020). Boeing F/A-18 Hornet. Available in: <https://www.vtg.admin.ch/en/einsatzmittel/luft/fa18-hornet.html>. Accessed September 2022.

The Engineering ToolBox1. (2020). Friction and Friction Coefficients. Available in:

[https://www.engineeringtoolbox.com /friction-coefficients-d_778.html](https://www.engineeringtoolbox.com/friction-coefficients-d_778.html). Accessed August 2022.

The Engineering ToolBox2. (2020). Rolling friction and rolling resistance. Available in: https://www.engineeringtoolbox.com/rolling-friction-resistance-d_1303.html. Accessed August 2022.

Wenqiang S, Yuhao H, Yanhui W. (2017). Operation optimization of steam accumulators as thermal energy storage and buffer units. *Energies*. 10(1): 1-16. <https://doi.org/10.3390/en10010017>.

Yang P, Hu X, Liao G. (2017). Dynamic Characteristics of the Steam Accumulator Charging and Discharging. *MATEC Web of Conferences* 100. Available in: <https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/abs/2017/14/mateconfcmm201703005/mateconfcmm201703005.html>. Accessed August 2022.

Zhou Z, Huang J. (2020). An optimization model of parameter matching for aircraft catapult launch. *Chinese Journal of Aeronautics*. 33: 191-204. <https://doi.org/10.1016/j.cja.2019.08.004>.

LIST OF SYMBOLS

a_{braking} : piston braking acceleration (m/s ²)	m_{piston-aircraft} : mass of pistons and aircraft (kg)
A_{cap} : area of the cylindrical cap of the accumulator (m ²)	m_{sat-acu} : mass of saturated water in the accumulator
a_{cat} : shuttle and aircraft acceleration (m/s ²)	M_{steam-batch} : steam mass flow of aircraft launch (kg/h)
a_{take-off} : take off acceleration (m/s ²)	M_{steam-mean} : mean steam mass flow (kg/h)
c_D : aerodynamic drag coefficient (w.u)	MTOW : maximum take off weight (kg)
E_{braking} : braking energy of the pistons (kJ)	N_{cy} : number of cylinders (uts)
E_{cat-aircraft} : catapult-aircraft energy at take off (kJ)	p_{acu} : accumulation pressure (kPa)
E_{turbofan} : turbofan energy (kJ)	p_{atm} : atmospheric pressure (kPa)
F_{cat} : traction force exerted by the catapult (kN)	P_{braking} : braking power of pistons (kW)
F_{FA-A} : aerodynamic friction force (N)	p_{eat} : absolute steam pressure of the catapult (kPa)
F_{FP-C} : friction force between pistons and cylinders (N)	P_{eat-aircraft} : catapult-aircraft power at take off (kW)
F_{FR-A} : friction force of the aircraft wheels (N)	r : shuttle wheel radius (mm)
F_{FR-S} : friction force of the shuttle wheels (N)	R_{acu} : accumulator radius (m)
F_{turbofan} : thrust exerted by turbofans without post-combustion (kN)	S_{free water surface} : free water surface (m ²)
f_{filling} : filling factor (w.u)	S_{wing} : wing area (m ²)
f_s : dynamic tire pressure coefficient (w.u)	t_{braking} : piston braking time (s)
f₀ : static tire pressure coefficient (w.u)	t_{cat} : catapult operation time per launch (s)
g : acceleration of gravity (m/s ²)	t_{cycle} : launch cycle time (s)
G_{release-steam} : degree of steam release (kg/h*m ²)	t_{take-off} : take off time (s)
G_{release-steam-max} : maximum degree of steam release (kg/h*m ²)	V_{aircraft} : aircraft speed (m/s)
h_{change-state} : specific enthalpy of vaporisation at low pressure (kJ/kg)	V_{acu} : total accumulator volume (m ³)
h_{P1} : specific enthalpy of saturated water at high accumulator pressure (kJ/kg)	v_{final-cat} : final speed of the catapult (m/s)
h_{P2} : specific enthalpy of saturated water at low accumulator pressure (kJ/kg)	v_{inicial-cat} : initial speed of the catapult (m/s)
k : reduction coefficient (w.u)	α : angle formed between shuttle bar and deck (°)
k_i : steam injection coefficient (w.u)	ø : piston diameter (m)
k₁ : coefficient of rolling resistance between shuttle wheels and rails (mm)	ρ_{air} : air density at 25 °C (kg/m ³)
L_{acu} : accumulator length (m)	ρ_{steam} : flash steam density (kg/m ³)
L_{cat} : catapult length (m)	ρ_s : air density at storage tank temperature (kg/m ³)
L_{track} : track length (m)	φ : central angle of the accumulator cap (radians)
M_{acu} : flash steam mass flow (kg/h)	μ_{FP-C} : coefficient of friction between pistons and cylinders (w.u)
L_{braking} : braking distance (m)	μ_{FR-A} : coefficient of rolling friction of aircraft wheels (w.u)
m_{aircraft} : aircraft mass (kg)	μ_{FR-S} : coefficient of rolling friction of the shuttle wheels (w.u)
M_{gen} : generator steam mass flow (kg/h)	%flash steam : flash steam percentage (%)
m_{piston} : piston mass (kg)	

Aumentan un 27% los proyectos visados en el periodo 2020-2022 y algo más del 8% con respecto a los valores prepandemia, con especial pujanza del sector de las energías renovables

Los graduados en Ingeniería de la rama industrial e Ingenieros Técnicos Industriales visaron más de 240.000 proyectos en 2022, cerca de 20.000 más que en 2021, y superaron el 80% del total de los efectuados en el ámbito industrial a nivel nacional. El sector de las energías renovables, con casi 25.000 proyectos visados en 2022, es el que más ha crecido, hasta alcanzar una subida del 377%, en el periodo 2020-2022, y del 288% con respecto a 2019 (previo a la pandemia del coronavirus).

El dato de los proyectos visados en 2022 es el mejor de los últimos cuatro años, pues se visaron 18.655 proyectos más que en 2021, cuando ya se alcanzó una cifra prácticamente similar a la de 2019 (previo a la pandemia de la COVID-19). El sector de la Energía sigue siendo el más pujante, y el que más ha crecido, con 70.021 proyectos visados, más de un tercio de los cuales pertenecen al ámbito de las energías renovables; lo que convierte a los graduados en Ingeniería de la rama industrial y a los Ingenieros Técnicos Industriales en los principales protagonistas en la transición energética y ecológica de nuestro país.

De nuevo, más del 80% de los proyectos que se llevaron a cabo en el sector industrial, en 2022, fueron realizados por estos profesionales, según datos consultados en las memorias anuales de los colegios profesionales donde están colegiados, a nivel nacional.

En términos absolutos, la actividad de proyectos visados en todo el país por los 49 Colegios de Graduados e Ingenieros de Técnicos Industriales, integrados en el Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España (COGITI), ascendió a 240.043, una cifra que refleja el gran número de trabajos realizados por estos profesionales de la rama industrial de la Ingeniería, ya que están presentes en prácticamente todas las áreas productivas, aplicando sus conocimientos técnicos para concebir, diseñar e implementar nuevos procesos, productos y sistemas que hacen más fácil la vida cotidiana.

Si comparamos la evolución de los datos de visado de los últimos cuatro años, en 2019 se visaron 221.710 proyectos, que decayeron hasta los 189.471 en 2020, debido principalmente a la crisis generada por la pandemia del coronavirus. Una situación que en 2021 mejoró de forma consi-



derable, al tratarse de un sector fundamental en la economía, cuando se alcanzaron cifras muy similares a las de 2019, concretamente 221.388 trabajos realizados. La tendencia en 2022 ha continuado de forma ascendente, hasta llegar a superar los 240.000 proyectos visados.

En términos porcentuales, los proyectos visados en el periodo 2020-2022 han aumentado un 27%, y un 8,27% con respecto a los valores prepandemia, en 2019.

• Espectacular pujanza y subida del sector de la Energía y renovables

El sector que acoge un mayor volumen de trabajos visados sigue siendo el de Energía, con un total de 70.021 trabajos realizados en ese ámbito, en 2022, y que también ha experimen-

tado una fuerte subida desde 2019, cuando se visaron 48.452 proyectos (21.569 menos), y 17.900 más que en 2021 (52.121 proyectos visados).

De forma global, los proyectos visados en el sector de la energía crecieron casi un 70% en el periodo 2020-2022, y experimentaron un 44,5% de crecimiento con respecto a 2019.

En términos porcentuales, cerca del 30% del total de los proyectos visados se llevaron a cabo en el sector de la Energía; un porcentaje que ha aumentado con respecto a 2021, cuando representaba el 25%.

Algo más de un tercio de estos proyectos, en concreto 24.677, corresponde al sector de las energías renovables, donde estos profesionales son un elemento clave y pieza esencial en la evolución e innovación de





esta actividad productiva. Esta cifra supone bastante más del doble de los proyectos visados en 2021 (10.061), y casi 5 veces más que los realizados en 2020 (5.176).

De este modo, el sector de las energías renovables es el que más ha crecido, hasta alcanzar una subida del 377%, en el periodo 2020-2022, y del 288% con respecto a 2019 (previo a la pandemia del coronavirus).

Por su parte, en el ámbito de climatización y acondicionamiento, que comprende aire acondicionado, calefacción, frío industrial, ventilación-extracción, solar térmica, fontanería, etc., los proyectos visados han experimentado una ligera bajada: 5.876 en 2022, frente a los 6.596 de 2021, y siguen sin alcanzarse las cifras de 2019 (7.377). En concreto, estos proyectos han supuesto un 20,35% menos en el periodo 2019-2022, y un 1,89% más en comparación con los datos de 2020.

• Fuerte recuperación en el ámbito de la seguridad

Por bloques de actividad, el ámbito de la seguridad, relacionado con los incendios, emergencias y el medioambiente, se ha convertido en el segundo con mayor número de proyectos visados, desplazando al sector de la industria a la tercera posición.

En 2022 se visaron 24.158 proyectos relacionados con el área de la seguridad, una cifra ligeramente superior a la de 2021, que se cifró en 22.982 trabajos realizados, y de 2019, cuando supusieron 23.062, lo que conlleva un aumento del 30,51% en 2020-2022, y del 4,75% en 2019-2022.

• El sector de la industria sigue sin alcanzar las cifras anteriores a la pandemia

El tercer ámbito más destacado en el número de proyectos visados en

2022 fue el de naves e instalaciones industriales, con un total de 21.435. Este sector incluye la realización de trabajos en industrias de la madera, agroalimentarias, automoción, químicas, textil, petrolíferas, eléctrica, electrónica o gas, así como en las instalaciones de naves industriales y otras infraestructuras.

En 2020, estos proyectos experimentaron un notable descenso, atribuido a los meses más duros de la pandemia de la COVID-19, hasta situarse en 14.893, lo que suponía tan solo algo más de la mitad de los proyectos visados en 2019, cuando se alcanzaron los 27.486 proyectos. Aunque en 2021, este sector experimentó una considerable recuperación, con 24.921 trabajos realizados, en 2022 esta cifra ha vuelto a descender, ya que se visaron 3.486 proyectos menos.

En términos porcentuales, en el periodo 2020-2022 se produjo una subida del 44% en este tipo de proyectos, aunque si se compara con las cifras de 2019, se ha producido un descenso en el número de estos trabajos del 22%.

En el caso concreto de los proyectos visados en las instalaciones de naves industriales, el descenso se cifró en 1.244 (3.062 proyectos realizados en 2022, frente a 4.306 en 2021, 3.140 en 2020, y 4.604 en 2019), lo que viene a representar un 33,5% menos que en 2019, y un 2,48% menos con respecto a 2020.

• Menos licencias de actividad en 2022

En lo que respecta a las licencias de actividad de los negocios, en 2022 ascendieron a 15.991, casi 3.000 menos que en 2021 (18.795). La cifra más baja se dio en 2020, con 13.825 proyectos visados, y en 2019 fueron

17.874; es decir, en 2022 hubo un 10,53% menos que antes de la pandemia, pero un 15,67% más con respecto a 2020.

• Los proyectos visados en los ámbitos del medio ambiente, grúas, alumbrado público, y comunicaciones volvieron a superar las cifras de 2019

Asimismo, también es reseñable el número de proyectos realizados en diversos ámbitos, pues como ya ocurrió en 2021, se superaron las cifras de 2019 (antes de la pandemia):

- Medio ambiente: en 2022 se visaron 1.248 proyectos, una cantidad por debajo de los 1.392 proyectos de 2021, frente a los 1.075 de 2020 y a los 1.040 de 2019.

- Grúas: 5.609 proyectos visados en 2022, 5.049 en 2021, 3.599 en 2020, y 4.340 en 2019.

- Alumbrado público: 856 proyectos visados, frente a 829 proyectos visados en 2021, 840 en 2020 y 719 en 2019.

- Comunicaciones: 2.654 trabajos visados, 3.949 en 2021, 4.167 en 2020 y 2.708 en 2019.

- Dirección de obras: 17.600 proyectos visados en 2022, 15.497 en 2021, 16.722 en 2020, y 17.515 en 2019. En este ámbito, en 2022 se superaron las cifras de los 3 años precedentes.

- Aparatos a presión: 1.421 en 2022, 1.658 en 2021, 1524 en 2020, y 1.347 en 2019.

- Instalaciones temporales: 5.687 en 2022, 2.627 en 2021, 1.709 en 2020, y 5.197 en 2019.

• Ligero descenso en obra civil, vehículos, pericias, fin de obra y aparatos de elevación

En estos ámbitos, las cifras de proyectos visados no han llegado a alcanzar todavía las de 2019, como es el caso de la obra civil (4.559 en 2022, 3.960 en 2021, 2.441 en 2020 y 5.650 en 2019), vehículos (4.842 en 2022, 4.873 en 2021, 4.559 en 2020, y 6.653 en 2019), pericias (2.397 en 2022, 2.341 en 2021, 1.916 en 2020, y 2.688 en 2019), fin de obra (7.634 en 2022, 6.536 en 2021, 9.825 en 2020, y 8.268 en 2019), y aparatos de elevación (802 en 2022, 1.196 en 2021, 653 en 2020, y 1.199 en 2019).

Las ofertas de trabajo vinculadas a la Ingeniería de la rama industrial aumentan un 60% en los dos últimos años

Con casi 19.000 vacantes publicadas en 2022-2023, los ingenieros de la rama industrial se encuentran entre los más demandados y mejor pagados por las empresas. Las vacantes que ofrecen las franjas salariales más altas aumentan hasta un 70%, mientras que el rango salarial más bajo disminuye más de un 50%.

El mercado laboral requiere profesionales capacitados para asumir las necesidades y los retos del panorama actual, por lo que ciertos perfiles y profesiones son especialmente demandados por las empresas. La ingeniería es una de las profesiones fundamentales para el desarrollo de un país, y los ingenieros constituyen para las industrias y empresas del sector un perfil clave para impulsar la innovación, garantizar la calidad y competitividad de los productos, y mejorar la seguridad en los negocios. Entre las principales cualidades que recalcan sus empleadores para contratarlos, destacan su gran versatilidad y capacidad de adaptación, ya que están presentes en prácticamente todas las áreas productivas, aplicando sus conocimientos técnicos para concebir, diseñar e implementar nuevos procesos, productos y sistemas que hacen más fácil la vida cotidiana.

Este escenario hace que los ingenieros de la rama industrial (Graduados en la rama industrial de la Ingeniería e Ingenieros Técnicos Industriales) se encuentren entre los profesionales más solicitados, de modo que la tasa de desempleo es prácticamente nula, y que tengan salarios más elevados que los de la media en España.

El portal ProEmpleoIngenieros (www.proempleoingenieros.es), la primera plataforma integral de empleo para Ingenieros Técnicos Industriales y Graduados en Ingeniería de la rama industrial de nuestro país, dirigida a impulsar sus carreras profesionales, puesta en marcha en 2014 por el Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España (COGITI), ha analizado los datos correspondientes al último año, y ha extraído interesantes conclusiones.

Una de las principales conclusiones es que las ofertas de trabajo

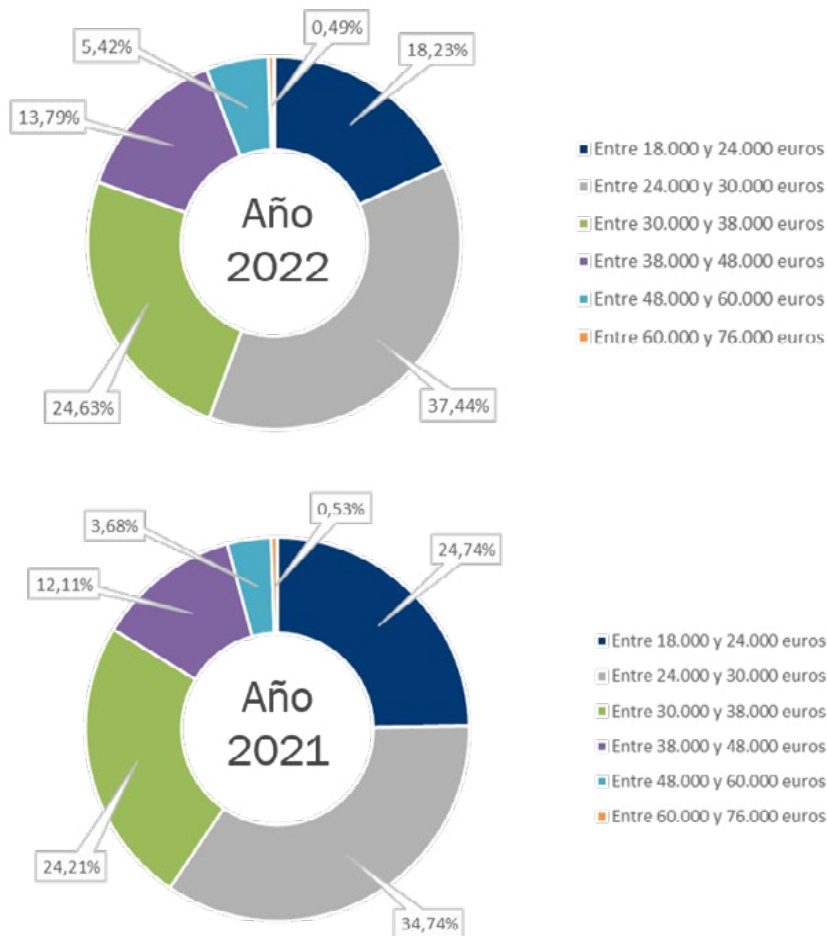
vinculadas a la Ingeniería de la rama industrial han aumentado un 60% en los dos últimos años, con casi 19.000 vacantes publicadas desde enero de 2022 hasta mayo de 2023.

Aumento de salarios en la Ingeniería

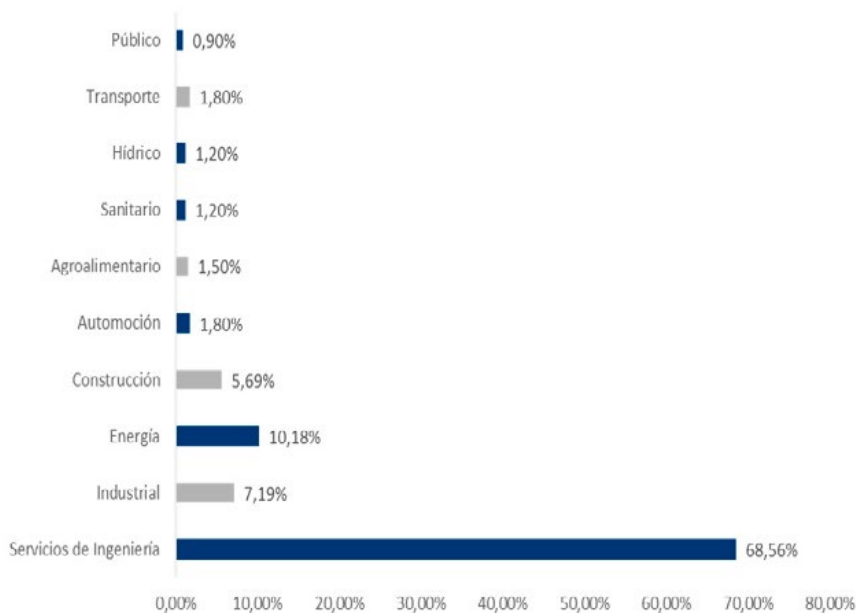
Otra de las conclusiones hace referencia al aumento de los salarios que se ha experimentado en el ámbito de la ingeniería; especialmente para los ingenieros que comienzan a desarrollar su carrera profesional (ingenieros junior). En los últimos años, la franja más habitual para este perfil era la comprendida entre los 18.000€ y los 24.000€ brutos al año, pero ya

en 2022 se ha observado un incremento salarial, hasta llegar al rango de 24.000-30.000€, lo que significa que los jóvenes ingenieros que acceden al mercado laboral, lo hacen con unos sueldos superiores a la media nacional (estimada en 25.200€ brutos/año, según datos del INE).

En este sentido, del total de las ofertas recibidas en 2022 en el portal ProEmpleoIngenieros, en las que se especifica el salario, el 37,44% se sitúa en la franja de 24.000€ a 30.000€, siendo la predominante. En segundo lugar, se encuentran las ofertas con un rango salarial de entre 30.000 y 38.000 euros, que suponen el 24,63%, y la tercera banda sala-



Porcentajes de los rangos salariales, años 2021 y 2022.



Sectores con mayor demanda de ingenieros.

rial más habitual es la correspondiente a la de menor rango, entre 18.000€ y 24.000€, que supone un 18,23% de las ofertas.

En cuanto al resto de franjas salariales, el rango de 38.000-48.000€ representa el 13,79% de las ofertas laborales, el de 48.000-60.000€ supone el 5,42%, y el de 60.000-76.000€ el 0,49%.

En términos porcentuales, en el periodo 2019-2022, el número de ofertas que ofrecían las franjas salariales más altas experimentó una subida superior al 60% (62% para el rango 38.000-48.000€, y casi del 70% para el rango 48.000-60.000€). Por su parte, las ofertas que ofrecían la banda salarial 30.000-38.000€ subieron un 59,62%, y un 25,68% las comprendidas entre 24.000-30.000€. Por el contrario, las ofertas referidas a la banda salarial más baja, 10.000-24.000€, descendieron un 52,40%.

En la comparación de estos datos con respecto al año 2021, y en lo que concierne a los salarios ofrecidos por las empresas, en 2022 se observa un descenso de más de 6 puntos porcentuales en la franja salarial más baja, de 18.000€ a 24.000€, a favor del incremento de puntos en el resto de franjas más altas. En 2021, los porcentajes en el resto de bandas salariales fueron los siguientes:

34,74%, rango 24.000-30.000€; 24,74%, rango 18.000-24.000€; 24,21%, rango 30.000-38.000€; 12,11%, rango 38.000-48.000€; 3,68%, rango 48.000-60.000€, y 0,53%, rango 60.000-76.000€.

De ese modo, cabe destacar que, por primera vez, en 2022, el rango situado entre los 30.000€ y los 38.000€ se convierte en el segundo más ofrecido por parte de las empresas, mientras en los años anteriores, la segunda franja más habitual era la de 18.000-24.000€.

En relación al contrato de trabajo, el más habitual, en 2022, es el contrato indefinido, ya que supone el 80,29% de los contratos ofrecidos por las empresas, en las ofertas publicadas en el portal ProEmpleoIngenieros. Este porcentaje refleja un incremento del 16,89% con respecto a los datos de 2021. En este sentido, cabe recordar que, desde el 30 de marzo de 2022, no es posible formalizar contratos por obra o servicios, lo que ha conllevado un aumento de los contratos indefinidos, que convive con las modalidades de fijo-discontinuo (con tan solo el 1,66% de las ofertas publicadas), y temporal por circunstancias de la producción (3,56% de las ofertas publicadas).

No obstante, en los años anteriores a 2022, el contrato inde-

finido era también el mayoritario ofrecido por las empresas, lo que refleja la gran estabilidad laboral en el ámbito de la Ingeniería de la rama industrial.

Sectores con mayor demanda de ingenieros

La mayor parte de empresas que han publicado ofertas a través del portal ProEmpleoIngenieros, en 2022, corresponden al sector Servicios de Ingeniería (68,56%). En segundo lugar, empresas del sector de la Energía (10,18%) (donde estos profesionales son un elemento clave y verdaderos protagonistas en la transición energética y ecológica de nuestro país, teniendo en cuenta los más de 70.000 proyectos visados por ellos en 2022), seguido del sector Industrial (7,19%), y a continuación el sector de la Construcción (5,69%). Otros sectores más específicos, aunque en un porcentaje considerablemente inferior, son el de la Automoción (1,80%), Agroalimentario (1,50%), Sanitario (1,20%), Hídrico (1,20%), Transporte (1,80%) y Público (0,90%).

Perfiles más demandados

Entre los perfiles más demandados por las empresas, en el ámbito de la Ingeniería, se encuentra, en primer lugar, el de Ingeniero/a de Proyectos (principalmente proyectos de instalaciones). Este ingeniero es el encargado de desarrollar los proyectos de obras de Ingeniería en sus diversas áreas, ya sea Estructural, Hidráulica, Eléctrica, Electrónica, etc. En este sentido, analiza e interpreta los planos de los proyectos, efectúa los cálculos de los proyectos de obras de Ingeniería según el área de trabajo asignada, y realiza cálculos métricos y memorias descriptivas, a fin de aportar la información necesaria para el desarrollo físico. Además, revisa y analiza la información del proyecto e informa a la persona que lo lidera sobre el resultado del análisis; al mismo tiempo que elabora y presenta informes técnicos de las actividades realizadas.

En segundo lugar, se encuentra el perfil de Ingeniero/a de Supervi-

sión y de Control de Ejecución. En tercer lugar, Jefe de Obra, y a continuación, por este orden: Coordinador/a de Seguridad y Salud, Técnico de Prevención en Riesgos Laborales, y Director/a de Obra.

Localización del trabajo

En cuanto a la localización del trabajo, en el conjunto de las comunidades autónomas, la mayor parte de las ofertas de empleo proceden de Madrid (36,22%), seguida de lejos por Cataluña (sobre todo del área de Barcelona) (13,52%), y a continuación la Comunidad Valenciana (9,44%), en especial las provincias de València y Alacant, y Andalucía (7,65%), destacando Málaga y Sevilla.

Aunque la mayor parte de ofertas que se publican en el portal ProEmpleoIngenieros son para posiciones en España (95,98%), cabe destacar el 4% de las ofertas procedentes de otros países, principalmente europeos, entre los que resaltan Países Bajos y Alemania (con un ligero incremento con respecto a los datos de 2021).

Casi 19.000 vacantes publicadas en 2022-2023

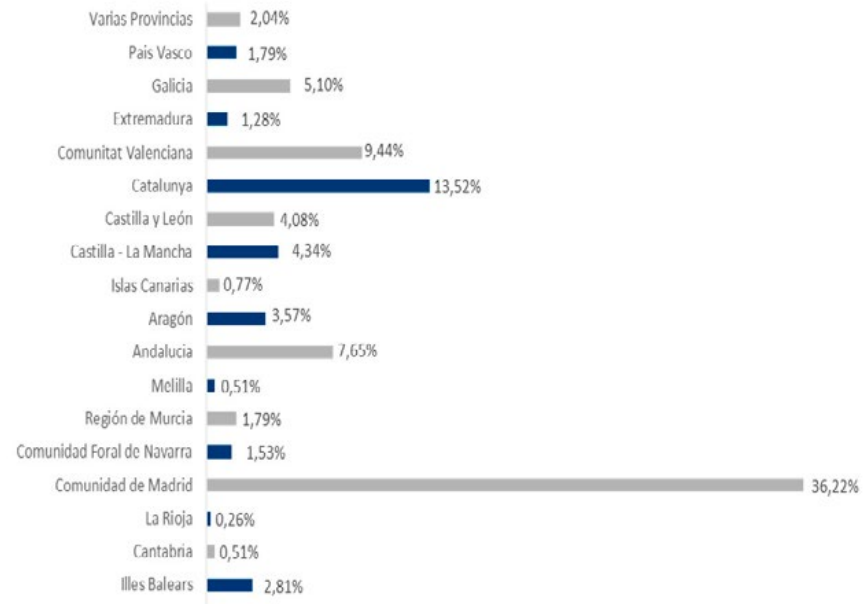
La alta demanda de ingenieros de la rama industrial, por parte de las empresas, ha quedado reflejada en el número de ofertas publicadas durante el año 2022, que han ascendido a 12.279, de manera global, y que sumadas a las publicadas entre enero y mayo de 2023, ascienden a casi 19.000.

En este aspecto, cabe destacar el notorio incremento en el número de compañías registradas en ProEmpleoIngenieros en 2022, con la incorporación de 262 nuevas empresas en dicho año. De este modo, a finales de año, más de 2.500 empresas se encontraban publicando activamente sus ofertas de trabajo en el portal.

Por su parte, las ofertas de trabajo publicadas por las empresas directamente en el portal ProEmpleoIngenieros, 400 en 2022, aumentaron un 16,6% desde 2020.

Perfil del demandante de empleo

En lo que respecta a los ingenie-



Localización del trabajo.

ros demandantes de empleo, es destacable el dato de que una gran parte de los candidatos inscritos para acceder a las distintas ofertas de trabajo, residen en la Comunidad de Madrid, y en segundo lugar en Andalucía. A continuación, se encuentran, por este orden, la Comunidad Valencia, Catalunya, y Castilla y León, y a una mayor distancia, el resto de comunidades autónomas.

El perfil más frecuente entre los demandantes de empleo es el de Graduado en Ingeniería Mecánica, seguido por el de Ingeniero Técnico Industrial, también con especialidad en Mecánica, y por el de Ingeniero Técnico Industrial con tecnología específica en Electricidad, con una edad comprendida entre 25 y 35 años. En cuanto al género, el porcentaje de hombres que buscan empleo es del 81,82%, frente al 18,18% de mujeres, por lo que se trata de una profesión muy vinculada todavía al sexo masculino, aunque la tendencia está cambiando en los últimos años.

En relación a la situación laboral de las personas registradas en ProEmpleoIngenieros, la más habitual, en lo que llevamos de año, ha sido la de desempleado (60,59%), seguida por la de empleado por cuenta ajena (28,91%) y, muy de lejos, los trabajadores vinculados a empresa (4,5%), y

por cuenta propia (3,9%).

Acreditación DPC

Otro dato relevante que cabe destacar es el hecho de que, cada vez más, las empresas valoran especialmente que los candidatos tengan un “currículum acreditado”. En este sentido, el COGITI cuenta con el Sistema de Acreditación DPC Ingenieros, un sello de garantía avalado por la institución, como órgano representativo de la Ingeniería Técnica Industrial, que aporta una certificación de la formación y la experiencia a lo largo de la vida profesional.

El Sistema de Acreditación DPC Ingenieros (www.acreditacioncogitidpc.es) otorga, por lo tanto, un “título profesional” identificativo de los ingenieros que accedan a dicho sistema, en base a su carrera y competencias profesionales (formación y experiencia laboral), basado en tres principios fundamentales: empleabilidad, movilidad y competitividad de los ingenieros.

De este modo, de las empresas que colaboran con la Acreditación DPC (Desarrollo Profesional Continuo) y la valoran como un aspecto a tener en cuenta en sus procesos de selección, el nivel más solicitado es el Senior (a partir de 4 años de experiencia), seguido de cerca por el Junior y, en menor medida, por el Junior Plus.

Tribuna

Cuando la unión hace la fuerza, Burgos, Caput Castellae del hidrógeno

Julio Moreno Alonso

En fechas recientes, nos hemos reunido con la empresa Enagás, con el ánimo de poner en común y justificar el paso del futuro hidroduto por la provincia de Burgos, la futura Red Troncal del Hidrógeno, y actualizar dicha red, que conectaría Tordesillas con Miranda de Ebro, abasteciendo a Burgos, Aranda de Duero, Venta de Baños, Palencia y Valladolid de esta manera:

- Tramo 1: 78 km para conectar Burgos al norte.
- Tramo 2: 23 km para conectar Tordesillas-Valladolid.
- Conexión Valladolid-Burgos: 113 Km.

Durante el encuentro, que ha contado con la representación del Colegio de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de Burgos (COGITIBU), diversas instituciones, empresas, autoridades locales, mesa del Senado de España, así como de la compañía Enagás, se ha mostrado el potencial de la región en términos de generación y consumo de hidrógeno. Con una generación de 23.000 GWh al año de EE.RR (2022), Castilla y León se sitúa al frente de la generación renovable en España:

- 59% de origen eólico.
- 22,5% de la producción eólica nacional.
- 24,75% de la producción hidráulica nacional.
- 7% de la producción solar nacional.

En cuanto a consumo de gas natural, por ejemplo: (Fuente: CNMC y EREN)

- Valladolid, 2.900 GWh
- Burgos, 5.500 GWh
- León, 1.600 GWh
- Palencia, 1.600 GWh

Para el Horizonte 2030, se prevé que la generación renovable y los excedentes energéticos permitirán descarbonizar sectores como la Industria:

- Superará los 46.500 GWh/año, con tres veces más que el consumo eléctrico de Castilla y León.
- Alcanzará 22 GW de potencia EE.RR. instalada.

La futura construcción del hidroduto, permitirá la reducción en el consumo de gas natural y otros derivados del petróleo, que actualmente supone el 82,4% del consumo energético de la región, y es el mayor responsable de emisiones de CO₂ a la atmósfera.

Por tanto, y sin ánimo de ser exhaustivo, los hechos son los siguientes:

- Castilla y León es la región de España con mayor generación de renovables: un 174% muy por encima del consumo propio. Dentro de esta



Javier Robador Fustel (gerente de H2CYL, Asociación Castellano Leonesa del Hidrógeno), Rafael Barbero Martín (director general en Fundación Caja de Burgos y presidente de H2CYL), Julio Moreno Alonso (director gerente del COGITIBU), Cristina Ayala Santamaría (senadora de Burgos en el momento de la reunión y actual alcaldesa de Burgos), Antonio Miguel Méndez Pozo (presidente de la Cámara de Comercio, Industria y Servicios de Burgos), y Andrés Hernando Saiz (director general de Hiperbaric), de izda. a dcha.

comunidad autónoma, Burgos está a la cabeza en dicha generación y cuenta con el mayor potencial.

- Contamos con excedentes de renovables que se pierden cuando la demanda cae, y seguirán creciendo. Dichos excedentes pueden acumularse en forma de hidrógeno.
- Contamos con viento, sol, agua y superficie suficiente, para un continuo crecimiento en dichas renovables.
- Tenemos una ubicación estratégica al sur del País Vasco, donde no hay prácticamente superficie disponible para generación.
- Contamos con los mayores polos industriales de la región y con el mayor consumo de gas natural industrial, así como con la mayor concentración de industria puntera electro intensiva, química, auxiliar de automoción y alimentación, además de la disponibilidad de suelo y de las posibilidades de almacenamientos en depósitos salinos de hidrógeno.
- En definitiva, una gran oportunidad de descarbonizar y de obtener soberanía energética sostenible, junto a talento y pasión.

De este modo, hemos sumado fuerzas junto a Cristina Ayala, senadora por Burgos; Antonio Miguel Méndez Pozo, presidente de la Cámara de Comercio, Industria y Servicios de Burgos; Rafael Barbero, director General de la Fundación Caja de Burgos y presidente de H2CYL, la Asociación Castellano y Leonesa del Hidrógeno; Javier Robador Fustel, gerente de H2CYL; Andrés Hernando Saiz, CEO de Hiperbaric, y yo mismo, como director gerente del Colegio Oficial de Graduados e Ingenieros Técnicos

Industriales de Burgos (COGITIBU), en aras de poner en valor la unión y el potencial de Burgos y provincia.

Quisiera agradecer la disponibilidad y receptividad a nuestras ideas por parte de Claudio Rodríguez, director general de Infraestructuras de Enagás, y de Felisa Martín Villán, directora general de Comunicación.

Desde aquí emplazo a Arturo Gonzalo Aizpiri, CEO de Enagás, en la oportunidad de seguir conociendo el gran potencial de generación, transporte y consumo de hidrógeno en Burgos, así como punto estratégico de primer orden.

Ha sido un primer paso para recoger todo el potencial, un buen comienzo!

Como bien decía Andrés, los burgaleses somos sobrios, serios, trabajadores y cuando nos juntamos..., no en vano somos descendientes de los turmogos, los autrigones y, como no, del Cid Campeador, y en empeño y pasión, no nos gana nadie.

Conexión Castilla y León



Trazado propuesto a Enagás, en Burgos.

Julio Moreno Alonso es director gerente de COGITIBU.

El jurado calificador del II Premio a la Innovación Tecnológica Empresarial y Sostenibilidad de la Fundación Técnica Industrial elige a la empresa ganadora

El jurado calificador de II Premio a la Innovación Tecnológica Empresarial y Sostenibilidad, que concede la Fundación Técnica Industrial, se reunió el pasado 23 de mayo, en Madrid, para deliberar sobre el proyecto y la empresa ganadora de este galardón.

Tras realizar la correspondiente valoración y puntuación de los trabajos presentados al concurso, todos ellos de gran calidad, el jurado designaba a la innovación tecnológica empresarial GeoCENmap (Subsoil Hydrocarbon Maps), como la candidatura ganadora de esta segunda edición del Premio.

El principal objetivo de este reconocimiento es dar a conocer el esfuerzo empresarial que representa la innovación tecnológica aplicada a las mejoras de los procesos industriales y a la sostenibilidad. Por ello, va dirigido a proyectos desarrollados y aplicados en España por las grandes, pequeñas y medianas empresas.

GeoCENmap S.L. ha desarrollado una tecnología disruptiva que permite detectar la presencia de contaminación por hidrocarburo en el subsuelo desde la superficie, de una forma no invasiva, rápida y fiable, lo que constituye una importante mejora con respecto a las técnicas de investigación actuales. Disponer de una técnica que permite una mejor y más rápida detección de la contaminación de los suelos y aguas subterráneas, aporta valor a la sociedad en muchos aspectos, entre los que se incluye el concepto de sostenibilidad.



El jurado calificador estuvo formado por José Luis Canito Lobo, presidente de la Conferencia de Directores de Escuelas de Ingeniería de Ámbito Industrial; José Manuel Prieto Barrio, subdirector general de Calidad y Seguridad Industrial del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo; y José Miguel Guerrero, presidente de CONFEMETAL (de izquierda a derecha), acompañados de José Antonio Galdón Ruíz, presidente de COGITI y de la Fundación Técnica Industrial.

La tecnología desarrollada por GeoCENmap es aplicable a todo tipo de emplazamientos industriales e incluye una nueva generación de electrodos (electrodos de contacto), que permiten, por primera vez, la medición del CEN sobre pavimentos rígidos. Esto hace posible la realización de mapas de CEN en instalaciones industriales, como, por ejemplo, estaciones de servicio. Actualmente, existe una evolución del electrodo de contacto desarrollado por GeoCENmap que puede medir siendo arrastrado (CENdrag), por lo que puede realizarse la medición del CEN en continuo.

GeoCENmap y CEPSA firmaron un acuerdo

de colaboración en el año 2019 para acelerar el desarrollo de esta tecnología, y que, según dichas empresas, "ha sido trascendental para alcanzar las metas y resultados del proyecto". CEPSA ha aportado a la colaboración múltiples recursos, incluyendo los conocimientos técnicos específicos y la información real de emplazamientos. Estos últimos datos han permitido poblar las bases de datos, cuyo análisis ha desembocado en los modelos predictivos.

La entrega del Premio a la empresa ganadora se llevará a cabo próximamente, en el transcurso de un acto, del que la Fundación Técnica Industrial informará más adelante.

El XXIV Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica se celebrará en octubre

El Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica, que se realiza bienalmente y está promovido por la Asociación Española de Ingeniería Mecánica (AEIM), se celebrará del 25 al 27 de octubre de 2023, en Las Palmas de Gran Canaria. El evento está organizado por el departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, y tendrá lugar en las instalaciones de la Escuela de Ingenierías Industriales y Civiles de dicho centro universitario.

El XXIV Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica es el principal lugar de encuentro para el

intercambio de conocimiento científico y técnico, experiencias profesionales, proyectos competitivos y principales avances en el campo de la Ingeniería Mecánica en España. El principal objetivo es ofrecer, por tanto, un foro para la presentación y discusión de los últimos desarrollos científicos y tecnológicos en esta materia, y de modo específico en las siguientes áreas temáticas: biomecánica, cinemática computacional, dinámica de sistemas multicuerpo, educación en ingeniería mecánica, fiabilidad y mantenimiento, historias de las máquinas y los mecanismos, ingeniería de fabricación y metro-

logía, o ingeniería ferroviaria, entre muchas otras.

Todos los resúmenes y trabajos que se reciban serán revisados por el Comité Científico del Congreso. Los que sean finalmente aceptados deberán ser presentados en el Congreso por uno de los autores, bien como presentación oral, o bien como póster, y serán publicados en las actas del Congreso, en la revista "Anales de Ingeniería Mecánica", que edita la Asociación Española de Ingeniería Mecánica.

Para más información: <https://laspalmas.congresoseci.es/cnim>



El INGITE presenta una denuncia ante la Comisión Europea por un posible incumplimiento del Derecho Comunitario en Función Pública

El Instituto de Graduados en Ingeniería e Ingenieros Técnicos de España (INGITE) ha presentado una denuncia ante la Comisión Europea, que ha sido admitida a trámite, el pasado 16 de junio, por un posible incumplimiento del Derecho Comunitario. La Comisión Europea examinará dicha denuncia e informará de los resultados y de las medidas adoptadas, si se considera que se están vulnerando materias relacionadas con el empleo, asuntos sociales e igualdad de oportunidades.

En dicha denuncia, el INGITE hace referencia, una vez más, al artículo 76 del Real Decreto Legislativo 5/2015 por el que se aprueba el texto refundido de la Ley del estatuto básico del empleado público (TREBEP), en donde se establece lo siguiente: «Los cuerpos y escalas se clasifican, de acuerdo con la titulación exigida para el acceso a los mismos, en los siguientes grupos: Grupo A: Dividido en dos Subgrupos, A1 y A2. Para el acceso a los Cuerpos o Escalas de este Grupo (Grupo A), se exigirá estar en posesión del título universitario de Grado. La clasificación de los Cuerpos y Escalas en cada Subgrupo estará en función del nivel de responsabilidad de las funciones a desempeñar y de las características de las pruebas de acceso [...]».

De todo ello se desprende que la titulación exigida para el acceso al Grupo A es la de Grado, pero,



El presidente de INGITE y COGITI, José Antonio Galdón, explica en rueda de prensa la denuncia presentada ante la Comisión Europea.

sin embargo, esto no ocurre con las ingenierías, dado que en la Administración Pública existen cuerpos de ingenieros, para los que se exige estar en posesión de determinadas titulaciones reguladas de Ingeniería, específicamente el máster, por lo que los graduados en Ingeniería no pueden optar al mismo nivel de la función pública española, de tal forma que quedan discriminados respecto al resto de titulaciones de grado.

En palabras del presidente del INGITE y de COGITI, José Antonio Galdón Ruiz, “se está generando en España una discriminación con los graduados en ingeniería, dado que con otros titulados de Grado sí que se tiene acceso al Grupo A1 de la función pública española, violándose así el art. 21 de la Carta de los derechos fundamentales de la UE, que prohíbe toda

discriminación entre trabajadores”. Y, también, añade, “se obstaculiza que cualquier ciudadano europeo debidamente cualificado (graduado en Ingeniería) pueda acceder a estas plazas, lo que da lugar a una violación de los principios de libre circulación”.

El INGITE forma parte de la Plataforma “Grupo A”, presentada recientemente ante los medios de comunicación, para que en España sólo exista un grupo A en la Administración Pública, sin subgrupos. En dicha plataforma están integrados colegios profesionales de los ámbitos de la Sanidad, Educación, Trabajo Social, Ingeniería y Arquitectura y sindicatos, que se han unido para acabar con la injusticia laboral que afecta a más de dos millones de trabajadores en España. Más información en www.cogiti.es

El XI Encuentro Global de Ingeniería Hospitalaria contó con la participación del COGITI



José Antonio Galdón, presidente de COGITI, interviene en el XI Encuentro Global de Ingeniería Hospitalaria, celebrado en Córdoba. Foto: Redacción Médica.

José Antonio Galdón participó el pasado 23 de junio, como ponente, en este Encuentro, organizado por el periódico Redacción Médica con el auspicio de la Asociación Española de Ingeniería Hospitalaria, que se celebró en Córdoba.

El presidente de COGITI intervino en el bloque denominado “El Ingeniero Hospitalario: presente y futuro”, moderado por Antonio Fernández Abasolo, miembro de la Asociación Técnica de Ingenieros del Servicio Andaluz de Salud (Atisas) y vocal de la Asociación Espa-

ñola de Ingeniería Hospitalaria. La ponencia de José Antonio Galdón versó sobre la “Situación académica y profesional de la ingeniería en España. Clasificación del ingeniero”.

Galdón comenzó su intervención haciendo referencia a los orígenes de la profesión, que se sitúan en torno a 1850, cuando se necesitan profesionales capaces de poner en marcha todos los adelantos y la evolución industrial que se estaba experimentando. Desde entonces, la profesión ha pasado por muchas etapas, en las que estos profesionales han demostrado su versatilidad, y su formación continua y permanente a lo largo de la vida. Todos los avances logrados se han conseguido demostrando sus capacidades.

La implantación del Plan Bolonia supuso un cambio de paradigma. Sin embargo, la Administración, la Función Pública, las universidades y los corporativismos profesionales no han sido capaces de implantar lo que realmente significaba Bolonia: la libre circulación de mercancías, capitales, personas y profesionales, y servicios. Se trata de homogeneizar y homologar a los

diferentes titulados universitarios, teniendo en cuenta, además, que la situación en España era inédita en cuanto al acceso de las profesiones a la Ingeniería (ingenieros e ingenieros técnicos).

La diferenciación entre ingeniería industrial e ingeniería técnica industrial no existe en ninguna otra parte del mundo, donde la titulación académica no limita ni pone un techo cristal, ya que lo que se exige y se tiene en cuenta es la experiencia profesional, la pericia y el aprendizaje a lo largo de la vida.

Con Bolonia, se pretendía que surgieran unas titulaciones completamente nuevas, con una ruptura total de las anteriores. De este modo, los grados ofrecen una formación generalista, y son los que dan acceso a la profesión. A partir de ahí vienen los másteres, para la especialización, y los doctorados, que tienen como fin la investigación. “Esa era la teoría, que el grado iba a dar acceso tanto al Grupo A1 como al Grupo A2 en la Función Pública, y en función de la responsabilidad exigida o de las pruebas de acceso, se accedería al Grupo A1 o A2”, señala Galdón. Más información en www.cogiti.es.

COGITI y la Asociación de Ingenieros de Uruguay (AIU) firman un convenio de colaboración en materia de formación y empleo

El Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España (COGITI) y la Asociación de Ingenieros de Uruguay (AIU) han firmado un convenio de colaboración en materia de formación y empleo. La firma tuvo lugar el pasado 29 de mayo, en el transcurso de una reunión telemática, en la que participaron los presidentes de COGITI, José Antonio Galdón Ruiz, y de la AIU, Martín Dulcini, que estuvo acompañado por el secretario general de la Asociación, Juan José Carrasco.

Con la firma de este convenio, COGITI pone a disposición de la AIU, los cursos técnicos especializados, mediante la modalidad de teleformación, de su Plataforma de formación e-learning (www.ingenierosformacion.com), en condiciones preferentes para sus asociados. Fruto de este convenio, se llevará a cabo la adhesión de la Asociación de Ingenieros del Uruguay (AIU) a la plataforma de formación virtual de COGITI, alojada en Internet bajo el subdominio <https://aiu.ingenierosformacion.com/>. Este portal satélite de la plataforma incluirá la misma oferta formativa que la plataforma original.

Los cursos son constantemente actualizados y están basados en criterios de ca-



José Antonio Galdón, presidente de COGITI, y Martín Dulcini, presidente de la AIU, firman el convenio de colaboración, en el transcurso de una reunión telemática.



lidad, tanto en los contenidos como en las metodologías de la formación, lo que supone una garantía para sus usuarios. En 2022, se impartieron un total 325.000 horas de formación.

El acuerdo comprende, además, actuaciones en materia de empleo, a través del portal digital Proempleoingenieros del COGITI (www.proempleoingenieros.es), como herramienta dirigida a la empleabilidad y al desarrollo profesional de los ingenieros/as. De este modo, los asociados de AIU podrán encontrar, en este portal, el asesoramiento y las oportunidades laborales para aquellos

que estén interesados en desarrollar su carrera profesional en España.

El presidente de COGITI, José Antonio Galdón, ha mostrado su satisfacción por el inicio de esta nueva colaboración internacional en torno a la Ingeniería, que “permitirá establecer vínculos profesionales más sólidos y compartir sinergias e inquietudes que nos ayuden a mejorar”. Al mismo tiempo indicó que seguirán en esta línea de exportar los servicios del Consejo General a otras asociaciones nacionales de Ingeniería, y formalizando acuerdos de colaboración mutua que faciliten la movilidad profesional.

José Antonio Galdón, reelegido vicepresidente de Unión Profesional



Miembros de la Comisión Ejecutiva de Unión Profesional.

Unión Profesional (UP), la asociación que agrupa a las profesiones colegiadas en España, celebró, el pasado 26 de abril, su Asamblea General Extraordinaria de Elecciones a la Comisión Ejecutiva, donde José Antonio Galdón, presidente de COGITI, fue reelegido vicepresidente de la asociación de las profesiones colegiadas de España.

Tras conocer el resultado de las elecciones, el presidente de COGITI ha manifestado que seguirá trabajando con ilusión

por las profesiones españolas. Se trata de las décimas elecciones a la presidencia de esta asociación, que agrupa a 34 Consejos Generales y Colegios Estatales –en la que están representados los sectores jurídico, sanitario, científico, social, económico, docente, arquitectura e ingeniería, con 1.500.000 profesionales colegiados–, y que han validado, a su vez, una nueva Comisión Ejecutiva para los próximos cinco años.

Victoria Ortega, presidenta del Consejo General de la Abogacía, ostenta de nuevo la presidencia de Unión Profesional. De este modo, las profesiones colegiadas han refrendado la continuidad del proyecto estructurado en el Plan Estratégico, que iniciara su trazado en 2018, con la voluntad de trabajar aquellos aspectos comunes y transversales que las unen, y que tienen como objetivo último garantizar los derechos de la ciudadanía.



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

La UAITIE entrega el Premio Nacional de Iniciación a la Investigación Tecnológica a los equipos ganadores de ESO y Bachillerato

Un estudio de calidad de aguas y acuíferos, y un robot autónomo capaz de reforestar y sembrar bosques devastados, ideados y desarrollados por estudiantes de educación secundaria, son los proyectos ganadores, en la convocatoria 2023, de este concurso juvenil de ciencia y tecnología.



Alumnos y profesores de los centros de educación secundaria premiados, junto a los representantes institucionales.

El Premio Nacional de Iniciación a la Investigación Tecnológica se creó en el año 2016, con el compromiso de estimular las vocaciones y el interés de la sociedad por la ingeniería, impulsar el talento juvenil y potenciar las asignaturas tecnológicas.

El acto de entrega del premio, que tuvo lugar en la sede del Colegio de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid (COGITIM), el pasado 27 de junio, comenzó con las palabras de bienvenida del presidente de la Unión de Asociaciones de Ingenieros Técnicos Industriales y Graduados en Ingeniería de la Rama Industrial de España (UAITIE), y decano del Colegio de Lleida (Enginyers Lleida), Ramón Grau Lanau, que felicitó a los jóvenes estudiantes que se habían alzado con este reconocimiento por sus proyectos innovadores. “Un concurso muy competitivo y representativo, en el que han participado cerca de 150 alumnos de toda España”, indicó, y a los que también quiso dar su enhorabuena por haber presentado “trabajos de un alto nivel”. A todos ellos, los animó a continuar por la senda de la ingeniería, al haber dado su primer paso como “ingenieros” en este certamen.

Los alumnos ganadores de este Premio Nacional de Iniciación a la Investigación Tec-

nológica proceden del IES Mariano Quintanilla, de Segovia, y del IES Nit de l'Albà, de Elche (Alicante), cuyos proyectos presentados a la convocatoria son “referentes en innovación tecnológica y de alto compromiso social”. Ambos repiten, además, como centros docentes premiados en el marco de este Premio Nacional. Ramón Grau dedicó también unas palabras a los coordinadores de los proyectos, ya que “detrás de estos logros están los profesores, aliados necesarios para conseguir el éxito”, señaló. Como apunte final, lanzó un mensaje de optimismo a la sociedad, ya que “hay un futuro prometededor con esta estupenda cantera de ingenieros/as”, y se mostró satisfecho porque este concurso sirva de trampolín de vocaciones y de itinerarios profesionales a las nuevas generaciones.

El tribunal calificador para la evaluación de este premio estuvo constituido por César Nicolás Martínez, vicepresidente de la UAITIE, presidente de la Asociación de la Región de Murcia, y decano de COITIRM; José Antonio Galdón Ruiz, presidente de COGITI e INGITE, de la asociación Centro (Madrid), y decano de COGITIM; Fernando Martín Fernández, interventor de la UAITIE; Angélica Gómez González, vocal de la UAI-

TIE, presidenta de la Asociación de Valencia, y decana de COGITI Valencia; Esther Micó Amigo, presidenta de la Plataforma Estatal de Asociaciones del Profesorado de Tecnología; José Luis Belinchón Carmoña, gerente de Innovación Tecnológica de la Comunidad de Madrid; Lourdes Álvarez Barcia, profesora de Tecnología en el IES Rey Pelayo, de Cangas de Onís, Asturias; y Jordi Escofet Miró, profesor de Tecnología del IES de Terrassa, Barcelona. Cuenta, además, con el patrocinio de la Fundación Caja de Ingenieros.

Tras las palabras de Ramón Grau, intervino el secretario de la UAITIE, Jesús Velilla García, para presentar los Premios Nacionales de Iniciación a la Investigación Tecnológica, encuadrados en la 8ª edición. El Concurso de ámbito nacional está dirigido a los estudiantes de todo el territorio nacional, en las categorías ESO, Bachillerato y Ciclos Formativos de Grado Superior. “Este proyecto se gestó con el objetivo principal de potenciar el interés en los temas tecnológicos, dando la oportunidad de acercar a los jóvenes a actividades de investigación, y a la búsqueda de propuestas y soluciones, canalizándoles desde los propios institutos hacia itinerarios universitarios de formación



Alumnos ganadores de la categoría Bachillerato del IES Nit de l'Albà, de Elche (Alicante) posan, junto a su profesor, con el proyecto "Hope Seeder-Robot. Sistema autónomo de reforestación y siembra de bosques devastados".

en ciencia y tecnología", señaló.

A continuación, tomaron la palabra los presidentes de las asociaciones donde habían recaído los premios: el presidente de la asociación de Alicante, decano del Colegio, y vicesecretario de la UAITIE, Antonio Martínez-Canales Murcia, y el decano del Colegio y presidente de la Asociación de Segovia, Gabriel Vallejo Álvarez. Ambos felicitaron tanto a los alumnos ganadores como a la dirección del centro y a los profesores de la asignatura de Tecnología.

La jornada fue clausurada por el presidente del Consejo General de la Ingeniería Técnica Industrial de España (COGITI), del Instituto de Graduados en Ingeniería e Ingenieros Técnicos de España (INGITE) y decano de COGITIM, José Antonio Galdón Ruiz, que manifestó "sentirse muy orgulloso de acoger estos premios y de la sociedad que estamos creando, por el idealismo propio de los jóvenes, y de su convencimiento y lucha para cambiar el mundo". Como miembro del tribunal calificador, se mostró satisfecho por haber podido conocer de primera mano los 39 proyectos presentados, especialmente los dos ganadores, y puso en valor "la magnífica cantera y el futuro de la juventud, que avanza hacia una sociedad mejor y sensibilizada con el entorno". Asimismo, les felicitó por todo el trabajo que han realizado, "superando dificultades, y siendo capaces de recomponerse y presentar estas iniciativas", al mismo tiempo que destacó "la importante labor de los profesores y familiares". Se mostró doblemente satisfecho por el hecho de que en los equipos ganadores "haya más chicas que chicos", lo que da muestra de "la inquietud femenina en el futuro de las profesiones tecnológicas".

siones tecnológicas".

Por último, animó a los jóvenes a que marquen sus objetivos en esta edad que define su futuro, y a desarrollar una carrera que les motive, si bien "la ingeniería os va a permitir transformar y mejorar la sociedad, crear cosas nuevas y solucionar problemas, sin perder esa capacidad de raciocinio que nos diferencia de las máquinas, para mantener ese humanismo y los valores como sociedad", expresó.

Trabajos premiados

Tras estas intervenciones, los alumnos expusieron ante los invitados al acto sus proyectos, por los que recibirán, por parte de la UAITIE, una dotación de 1.000 € para los grupos de estudiantes, y de 500 € para los

institutos impulsores, con un total de 3.000 € en premios.

Los alumnos ganadores de la categoría de ESO del Instituto Mariano Quintanilla de Segovia, mostraron y explicaron la parte técnica de su proyecto "Estudio de calidad de aguas y acuíferos, medición de parámetros fisicoquímicos en tiempo real con IoT". Este trabajo tiene su origen en la existencia de contaminantes en acuíferos próximos, y el objetivo es conseguir una detección temprana de los mismos. El prototipo diseñado trata de buscar una correlación entre los sensores que se pueden emplear con placas arduino uno y ESP 32, para medir en tiempo real variables fisicoquímicas del agua y poder monitorizar de una manera económica el estado de calidad de aguas de consumo.

Por su parte, los alumnos ganadores de la categoría Bachillerato del IES Nit de l'Albà, de Elche (Alicante), expusieron con procedimientos prácticos su trabajo "Hope Seeder-Robot. Sistema autónomo de reforestación y siembra de bosques devastados". El proyecto consiste en un robot capaz de insertar semillas en terrenos comunes de cultivo de poca aridez, y en zonas pedregosas de origen montañoso. Además, integra un sistema de perforación con el fin de depositar la semilla con garantías de que germine. De manera autónoma, es "capaz" de tomar decisiones y de cambiar su dirección ante objetos que se interponen en su trayectoria de trabajo, para garantizar la germinación y reforestación. Con este añadido, el dispositivo puede corregir su trayectoria para circular sin problemas por todo tipo de relieve, sin importar los obstáculos con los que se encuentre.



Alumnos ganadores de la categoría de ESO del Instituto Mariano Quintanilla de Segovia, por su proyecto "Estudio de calidad de aguas y acuíferos, medición de parámetros fisicoquímicos en tiempo real con IoT", junto a su profesor y Ramón Grau, presidente de la UAITIE.

Jorge Asiain Sastre

Ingeniero Técnico Industrial y director de Gestión de Activos en MOMC Clúster Norte de National Water Company en Arabia Saudí

“Se trata de un trabajo eminentemente creativo, que combina ingeniería, finanzas y relaciones personales”

Mónica Ramírez

La entidad estatal NWC (National Water Company) ha adjudicado a un consorcio hispano-saudí, liderado por Aqualia, la gestión del agua y saneamiento de una región equivalente a las tres cuartas partes de España. El conocido como North Cluster, cuyos servicios hídricos gestionará el consorcio por un periodo de 7 años, agrupa a cuatro regiones del norte de Arabia Saudí y recoge a una población de más tres millones de personas.

Jorge Asiain Sastre, Ingeniero Técnico Industrial (especialidad en Mecánica), colegiado en Madrid, es director de Gestión de Activos (Asset Management Director) del MOMC Clúster Norte de NWC en Arabia Saudí. Entre sus principales cometidos se encuentra el de asegurar que todos los activos físicos utilizados en las plantas de tratamiento de agua, estaciones de bombeo, depósitos, pozos de captación de agua y en las redes de agua potable y aguas residuales, cumplen con sus funciones, de la forma más eficaz posible, reduciendo sus costes de operación OpEx y mejorando la continuidad del servicio. Para ello se analiza el ciclo de vida de los activos físicos, tomando decisiones estratégicas relacionadas con el diseño, adquisición y puesta en marcha de nuevas instalaciones, la operación y mantenimiento de los activos ya en funcionamiento, la cadena de suministro de los recambios y consumibles necesarios, y la renovación, el cierre y el desmantelamiento de las instalaciones obsoletas.

Técnica Industrial ha querido conocer un poco más a fondo el trabajo que desarrolla este profesional, y el interesante proyecto para el que trabaja en la actualidad.

¿Cómo fueron sus comienzos profesionales en el ámbito de la ingeniería?

Tras finalizar mis estudios de Ingeniería Técnica Industrial en la Escuela Universitaria de



Jorge Asiain Sastre

Ingenieros Técnicos Industriales de Béjar, de la Universidad de Salamanca, y tras una etapa de trabajos menores, durante la cual realicé el Servicio Militar, comencé a ejercer como ingeniero en el campo de la seguridad e higiene laboral, de la mano de la Mutua de Accidentes FREMAP; tras lo cual pasé al diseño de componentes mecánicos en la empresa Gomyl, especializada en el diseño y fabricación de maquinaria de elevación. Con esta empresa tuve también mi primera experiencia internacional, al pasar una temporada colaborando con los distribuidores de la marca en Hong Kong y en Shanghai.

Después de cursar un Máster en Automoción, en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid, entré en el sector de Oil & Gas de la mano de la petrolera norteamericana Mobil Oil. De este sector obtuve gran parte de mi experiencia en mejora de procesos, y en el trabajo en entornos multiculturales.

Desde 2006 es socio fundador de AlterEvo Ltd., consultora con sede en Reino Unido especializada en ingeniería mecánica y mejora de procesos. ¿Qué tipo de proyectos llevan a cabo?

Generalmente realizamos proyectos,

tanto de implantación como de formación, relacionados con la mejora de operaciones, aplicando los principios de Lean Manufacturing, optimización de mantenimiento, aplicando las herramientas de TPM (Mantenimiento Productivo Total) y RCM (Mantenimiento Centrado en Fiabilidad), diagnósticos de fallos, aplicando Análisis de Causa Raíz, y gestión de activos físicos bajo la norma ISO 55001 Gestión de Activos. Con vocación internacional, hemos realizado proyectos sobre diferentes sectores en Europa, Hispanoamérica, el Norte de África y Oriente Medio.

Se trata de proyectos que combinan las especialidades eminentemente técnicas (mecánica, electricidad, electrónica...) con la organización industrial y las finanzas, que requieren un buen conocimiento, tanto de la organización en la que se realizan como de su entorno, y que a menudo incluyen el cálculo y diseño de máquinas e instalaciones.

En 2022 se incorporó al proyecto del MOMC (Management, Operation and Maintenance Contract) para la región norte de NWC (National Water Company) en Arabia Saudí, como director de Gestión de Activos (Asset Management Director), en un consorcio liderado por la empresa Aqualia, ¿en qué consiste principalmente su trabajo?

Como director de Gestión de Activos en el Contrato de Gestión, Operación y Mantenimiento (MOMC) tengo la responsabilidad de conseguir que la maquinaria y las instalaciones necesarias para asegurar el suministro de agua potable y la recogida de aguas residuales cumplan con su función de la forma más eficiente posible.

Para ello se busca un equilibrio entre el rendimiento, el coste y el riesgo asociado a estos activos a lo largo de

“El proyecto está relacionado con la mejora del nivel de servicio y de la calidad del agua”

todo su ciclo de vida, gestionando su adquisición y puesta en marcha, fijando estrategias de operación y de mantenimiento y tomando decisiones relacionadas con su desmontaje y eliminación.

El fin último es reducir los costes de operación OpEx, así como reducir el volumen de agua perdida, o Non Revenew Water, mientras se asegura la calidad del agua y la continuidad del servicio.

Hablemos un poco más del proyecto que se está llevando a cabo en Arabia Saudí, ¿qué objetivos se han marcado? ¿Cuáles son las principales innovaciones que se están desarrollando?

El proyecto se incluye dentro de la Visión 2030 del Reino de Arabia Saudí, que tiene como uno de sus fines principales el de la privatización de los servicios públicos, entre los que se encuentra la gestión del agua, para aumentar su rendimiento, efectividad y eficiencia, mediante la aplicación de buenas prácticas reconocidas internacionalmente y la transferencia de conocimiento.

En el caso de la región norte, estamos hablando de una superficie de 374.000 km², casi tres cuartas partes del territorio nacional de España, dando servicio a unos tres millones doscientos mil habitantes.

Los objetivos del proyecto están relacionados con la mejora del nivel de servicio y de la calidad del agua, la optimización de los costes de operación, la obtención de la excelencia en los procesos, el aumento de la cualificación del personal implicado, el desarrollo de una estructura organizacional enfocada en el cliente y la creación de una cultura de seguridad en el trabajo.

Para ello se están desarrollando e implantando procedimientos y buenas prácticas basados en estándares

internacionales, así como modernizando la red de aguas, mediante iniciativas de inversión y aplicando de forma eficaz la geolocalización (GIS) y las herramientas de control supervisor y adquisición de datos (SCADA), y de planificación de recursos empresariales (ERP).

¿Y los desafíos y dificultades más reseñables?

A la situación propia del país y de su proceso de transformación, se deben añadir las diferencias lingüísticas y culturales, tanto con los clientes como con los colaboradores y el personal involucrado, que no presentan los mismos valores y expectativas que tendrían en un proyecto de las mismas características en un país occidental.

Como habrán podido suponer, la extensión del territorio a cubrir por el servicio y su baja densidad de población suponen también un desafío importante, ya que afecta a las decisiones de inversión y a los riesgos que se deben asumir.

A esto hay que añadir que el proyecto lo lleva a cabo un equipo multidisciplinar y multicultural, lo que supone un desafío adicional.

¿Qué papel desempeña la ingeniería y los ingenieros en todo este proceso?

Se trata de un proyecto eminentemente de ingeniería, en el que participan principalmente ingenieros civiles, ingenieros químicos e ingenieros mecánicos, aportando propuestas e iniciativas de construcción y operación de los equipos y de las instalaciones, así como la utilización de estándares y de soluciones tecnológicas, con el objetivo de modernizar la red y mejorar la calidad y la eficiencia del servicio.

“Formamos un equipo de unos cuarenta profesionales de diferentes nacionalidades”

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

Sobre todo, el poder desarrollar un sistema de gestión de activos muy complejo prácticamente desde cero, lo que requiere conocer la situación actual del servicio y de las instalaciones, así como las necesidades y expectativas de los clientes y de las partes interesadas, y los objetivos finales a cumplir.

Se trata de un trabajo eminentemente creativo, que combina ingeniería, finanzas y relaciones personales, en un entorno completamente diferente al que estoy acostumbrado, y en el que las decisiones tienen un efecto directo en los resultados.

¿Cómo es trabajar en un equipo multidisciplinar de expertos de las empresas del consorcio, de una docena de nacionalidades distintas?

Como he comentado, este es uno de los mayores retos del proyecto, ya que formamos un equipo de unos cuarenta profesionales de diferentes nacionalidades y disciplinas, encuadrados en las tres compañías que forman el consorcio que trabaja conjuntamente con la plantilla actual de National Water Company NWC.

A esto hay que añadir que, dadas las circunstancias del proyecto y del país en el que se realiza, el equipo convive estrechamente también fuera del horario de trabajo, por lo que resulta fundamental mantener unas buenas relaciones personales.

Para poder gestionar el equipo de forma eficaz es necesario ser consciente de las diferencias culturales, con una visión abierta y positiva, que permita identificar y utilizar los mejores valores de cada una de ellas, de manera que se puedan sumar las habilidades de los profesionales involucrados.

¿Cuáles son sus próximos proyectos a nivel profesional?

Actualmente estoy ligado a Aqualia para este proyecto por varios años, con la vista puesta en un futuro contrato de concesión a largo plazo del servicio, aunque siempre estoy abierto a proyectos internacionales interesantes.

Tribuna

La termosolar, una oportunidad para la descarbonización del sector industrial

David Trebolle

La industria mundial demanda más del 70% de la energía en forma de calor para procesos que generan altas emisiones de gases de efecto invernadero. Esta situación dificulta la descarbonización y el ahorro de costes energéticos de la industria que, desgraciadamente, conforma el primer sector económico en el mundo, y el segundo en España, en volumen de emisiones de gases de efecto invernadero.

En este sentido, la tecnología termosolar se presenta como un actor determinante, tanto para ayudar a descarbonizar la generación de electricidad, como para permitir la aportación calorífica que los procesos industriales necesitan. La termosolar no emite CO₂, y puede reducir la dependencia del gas natural en procesos y transformaciones que requieren el consumo de combustibles fósiles, para la generación de calor a media (100-400°) y alta temperatura (>400°).

La tecnología solar térmica de concentración permite alcanzar temperaturas muy elevadas, y son capaces de suministrar calor de origen renovable a industrias como la alimentación y bebidas, química, district heating, farmacéutica, papel, textil, en procesos tales como el blanqueamiento, la ebullición, el lavado, la destilación, el secado, la producción de agua caliente, la pasteurización, la esterilización o el lavado, entre otras.

Asimismo, la tecnología termosolar destaca por su competitividad en costes, 20 a 50 €/MWh, lo que la sitúa por debajo del coste del gas; por ser renovable y porque acelera la independencia de la industria de los combustibles fósiles, en un momento clave en la transición energética, ya que el cambio climático no entiende de tensiones en los mercados, precios o cualquier factor.

Por otro lado, la tecnología de concentración solar para producción de calor no requiere prácticamente de metales críticos, siendo factible la producción y suministro de materiales procedentes en su totalidad en occidente, con la gran relevancia e implicación que tiene para nuestro continente la independencia y autonomía tecnológica en la seguridad de suministro.

Desde 2022, se han iniciado más de 20 proyectos termosolares de calor de proceso en España, en los que el calor producido con la quema de combustibles fósiles es sustitui-



do por calor generado con la tecnología solar térmica.

Sin duda, ésta debe ser la senda que debemos seguir en los próximos años: aplicar la tecnología termosolar en el sector industrial, ya que, tal y como resalta la Agencia Internacional de la Energía, la descarbonización del sector industrial es actualmente uno de los mayores retos a los que se enfrentan las industrias que requieren el calor para sus procesos industriales, como es el caso de las empresas textiles, farmacéuticas, alimentarias, químicas...

Actualmente, en la Unión Europea existe un mercado de calor de proceso industrial entre 100 y 400 grados muy importante y los sistemas de calor solar concentrado tienen potencial para aumentar su capacidad instalada, y alcanzar los 150 GW térmicos en 2030. Por otro lado, en España, el potencial teórico de aplicación techno-económica de la energía solar térmica para procesos industriales de media temperatura es de 53,4 GW, de los cuales 16,6 GW serían para aplicaciones de refrigeración.

Ante este escenario, la termosolar se presenta como una solución competitiva, rentable y con gran potencial para desplazar los combustibles fósiles o el gas natural. Debemos apostar por el autoconsumo termosolar para descarbonizar los procesos industriales,

lo que nos permitirá definir la senda hacia la neutralidad climática de la industria, aumentar la seguridad energética europea y eliminar nuestra dependencia en los mercados energéticos.

Desde la Asociación Española para la Promoción de la Industria Termosolar (Protermosolar), queremos poner en valor la tecnología termosolar, que se presenta como una solución competitiva, rentable y con gran potencial para desplazar los combustibles fósiles y el gas natural.

Por último, cabría destacar la aplicación power to heat, con rendimientos cercanos al 100%, de cara al aprovechamiento de los vertidos y sobrantes eléctricos, para que junto con el almacenamiento térmico se pueda proporcionar calor renovable a la industria.

Por todo ello, resulta esencial contar con apoyo por parte del sector industrial, de las instituciones y de las administraciones públicas para trabajar, unidos, por la promoción del autoconsumo termosolar y sus aplicaciones en el sector industrial, ya que permitirá descarbonizar los procesos industriales y, por tanto, definir la senda hacia la neutralidad climática de la industria, aumentar la seguridad energética europea y eliminar nuestra dependencia en los mercados energéticos.

David Trebolle es secretario general de la Asociación Española para la Promoción de la Industria Termosolar (Protermosolar).

Tribuna

Defectos más habituales que se detectan en las inspecciones periódicas de las instalaciones térmicas de los edificios

Roberto Vara Sánchez

El Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE), aprobado por el Real Decreto 1027/2007 y modificado por el Real Decreto 178/2021, establece los requisitos de eficiencia energética y seguridad que deben cumplir las instalaciones térmicas en edificios destinadas a satisfacer las necesidades de confort e higiene ambiental de las personas.

Este concepto de instalaciones térmicas en edificios incluye las instalaciones fijas de climatización (calefacción, refrigeración y ventilación) y de producción de agua caliente sanitaria (ACS).

El RITE prevé el control de estas instalaciones mediante la actuación de Organismos de Control (OCA), tanto en inspecciones iniciales (si así lo requiere el órgano competente de la comunidad autónoma), antes de la puesta en marcha del servicio, como durante las inspecciones periódicas posteriores, para acreditar la adecuación de las instalaciones a los requisitos del reglamento.

Como referente en la materia y experto autorizado, insistimos en la importancia de evitar determinados errores habituales a la hora de realizar estas inspecciones, ya que el incumplimiento de la normativa puede suponer escasa eficiencia energética, seguridad e incluso llegar a ser objeto de sanciones económicas importantes por parte de la administración competente.

En primer lugar, en instalaciones de potencia mayor a 70 kW, es necesario contar con un proyecto técnico con manual de uso y mantenimiento y certificado de instalación al finalizar la obra, debidamente registrado en el departamento territorial de industria. Las instalaciones no registradas, probablemente recibirán, al detectarse, sanciones de la Administración.

Asimismo, las instalaciones térmicas de más de 70 kW requieren un contrato de mantenimiento con una empresa habilitada como reparadora y mantenedora de dichas instalaciones, que realice un programa de mantenimiento preventivo y



Roberto Vara Sánchez, inspector cualificado en inspección de instalaciones térmicas en TÜD SÜD.

de gestión energética. Estas empresas se deben encargar de hacer un seguimiento del consumo y la energía aportada, y aconsejar sobre mejoras. La no existencia de contrato de mantenimiento, y su cumplimiento por ambas partes, también puede acarrear sanciones. No se debe olvidar que el RITE también tiene como obligación el cumplimiento, en el ámbito de la seguridad industrial, de las instalaciones.

Aparte de los aspectos documentales, y hablando del estado de las instalaciones, es frecuente que en el montaje o en las reparaciones se empleen materiales aislantes inapropiados o espesores de aislamiento erróneos. Este defecto supone una reducción de la eficiencia energética y el rendimiento de la instalación. En algunos casos es de costosa subsanación si no se hace bien desde la obra inicial, como son conductos alojados en huecos de la construcción, en los que a posteriori es complicado sustituir su aislamiento por uno adecuado.

Con frecuencia se encuentran tuberías con goteos, óxidos y/o aislamientos deteriorados que dan lugar a fugas del fluido que climatiza los locales. Según su

gravedad, provocan la pérdida de rendimiento de la instalación, por desperdicio de energía, pero al ir a más, causarán que la instalación ya no funcione. Estas deficiencias deben ser atendidas antes de que se agraven, lo cual supondrá mayores costes y problemas.

Por último, el incumplimiento del RITE por falta de elementos obligatorios en la instalación puede afectar a su funcionamiento y eficiencia energética. Estos elementos pueden ser termómetros, manómetros, contadores de energía y dispositivos de registro de horas de funcionamiento del generador, entre otros, y sirven para comprobar periódicamente que se garantiza la eficiencia. Con los contadores de energía emitida e individuales para cada usuario, se determina el reparto de gastos entre usuarios de climatización y ACS. Si bien algunos de ellos no eran obligatorios en las primeras versiones del RITE, la tecnología actual los ha convertido en económicamente viables y rentables.

Roberto Vara Sánchez es ingeniero técnico industrial e inspector cualificado en inspección de instalaciones térmicas en TÜV SÜD.

Ana Fuertes Sanz

Ingeniera Técnica Industrial, y directora de proyectos de cooperación en África, para CC ONG Ayuda al Desarrollo

“La ingeniería y la innovación no se limitan al aspecto técnico, sino que hay que entenderlas en un contexto social”

Mónica Ramírez

Tras casi dos décadas trabajando en empresas del sector del metal, principalmente en diseño y gestión de la producción, Ana Fuertes Sanz, Ingeniera Técnica Industrial, encontró su auténtico reto personal y profesional en el ámbito de la cooperación al desarrollo. Desde 2012, es directora de proyectos en África Occidental, y gestora de la delegación en Huesca de la organización CC ONG Ayuda al Desarrollo. De este modo, dirige proyectos en Senegal, Guinea y Burkina Faso, donde viaja regularmente.

Desde el punto de vista humano, destaca la importancia de comprender el entorno y la cultura, convivir y respetar, aprender de los errores y, sobre todo, no caer en el desánimo. En el aspecto técnico, resalta el reto que supone sacar adelante proyectos en condiciones difíciles y con recursos limitados, y subraya la importancia de los perfiles técnicos en la cooperación, para contribuir al desarrollo sostenible de los pueblos, y mejorar la calidad de vida de las personas.

Ana Fuertes forma parte del elenco de ingenieras que han sido elegidas para participar en la iniciativa “Mujeres ingenieras de éxito y su impacto en el desarrollo industrial”, el programa que hace varios años puso en marcha la Unión de Asociaciones de Ingenieros Técnicos Industriales y Graduados en Ingeniería de la rama industrial de España (UAITIE), y que incluye la exposición itinerante “Mujeres ingenieras de éxito”, que recorre los distintos Colegios Oficiales de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de España.

¿Qué motivos le llevaron a estudiar Ingeniería Técnica Industrial?

Fue una cuestión práctica. En el Bachillerato me interesaban más las sa-



Ana Fuertes Sanz

lidas en el ámbito técnico o científico, aunque también me atraían las letras. Era buena en Física y Matemáticas, y también he de decir que tuve profesores en esas materias que fueron decisivos para orientarme hacia una salida técnica.

Por otro lado, influyó la situación familiar. En el año 87 no había tantas oportunidades ni posibilidades como en la actualidad. Mi familia tenía pocos recursos, lo que me limitaba a permanecer en Huesca o, con mucho esfuerzo, en Zaragoza. De las pocas opciones disponibles, elegí la ingeniería. Sé que mi respuesta no es muy sexy, pero es auténtica. También he de decir que jamás me he arrepentido de aquella decisión.

¿Cómo fueron sus comienzos en el terreno profesional?

Nada más terminar mis estudios, e incluso antes de finalizar el proyecto de fin de carrera, comencé a trabajar en el departamento de Diseño de una em-

presa carrocera. Durante varios años, todos mis trabajos fueron en empresas del metal de Huesca, principalmente en diseño y gestión de la producción. Trabajaba a gusto, pero tenía inquietudes y ganas de salir de mi zona de confort, aunque por diversos motivos tardé en hacerlo.

¿En qué sectores ha trabajado?

En el sector del metal, del que guardo muy buenos recuerdos, y aprendí mucho de mis compañeros. Como ingeniera en ejercicio libre, realizando principalmente proyectos de carrozados y homologaciones de vehículos, y proyectos de actividad, contraincendios y climatización. Y años después comencé a trabajar en educación, como profesora de Tecnología en secundaria, compatibilizando el ejercicio libre con la docencia.

Tras 20 años en empresas del sector industrial, principalmente en diseño y gestión de la producción, encontró su reto personal y profesional en el ámbito de la cooperación al desarrollo, ¿qué fue lo que le motivó a seguir este camino?

Si tuviera que definirlo en pocas palabras, diría que inquietud, y curiosidad por descubrir entornos y situaciones nuevas que me pongan a prueba. La misma curiosidad que nos motiva a viajar, solo que en ese momento me pareció buena idea entenderla al ámbito profesional.

En concreto, el detonante fue una experiencia de voluntariado en Senegal, en 2012, donde fui a identificar un proyecto de electrificación solar para un poblado. Allí encontré mi verdadera motivación, y puedo decir que once años después, sigue siendo un reto, que acepto encantada cada día y en cada proyecto.

¿En qué proyectos ha trabajado y trabaja en la actualidad?

Intervenimos en diversas áreas de desarrollo, todas ellas ligadas a las necesidades básicas y a los primeros objetivos de desarrollo sostenible: hambre cero, fin de la pobreza, salud, educación, agua y saneamiento, energías no contaminantes, trabajo decente y crecimiento económico. Y, transversalmente, igualdad de género y acción por el clima.

En concreto, en el ámbito del desarrollo rural y de la creación y mejora de infraestructuras, en la construcción y equipamiento de escuelas y centros de salud, electrificación de las viviendas, huertos comunitarios provistos de sistemas de bombeo, acceso al agua potable, y la puesta en marcha de actividades productivas en entorno rural, como panaderías y explotaciones avícolas.

En salud, además de la mejora de las infraestructuras sanitarias, llevamos a cabo programas como "Amadriña un parto", que garantiza el acceso al sistema sanitario y a los medicamentos a mujeres sin recursos, y apoya a los colectivos más vulnerables.

Y en educación, tenemos en marcha y en plena expansión el programa Tecnoaulas Senegal, cuyo objetivo es acercar la tecnología a las aulas en el medio rural, y formar en competencias digitales desde la infancia, con especial atención a las niñas.

¿Cuáles son los principales retos y dificultades con los que se encuentra a la hora de llevar a cabo los proyectos que desarrolla?

En cuanto a los proyectos en sí, las mayores dificultades surgen en los suministros y acceso a los materiales. Nuestra política es tratar de adquirir todos los elementos necesarios para los proyectos en el terreno, y trabajar con personal local, aunque no siempre es posible, lo que siempre supone un esfuerzo añadido. También afectan a los proyectos la baja calidad en los materiales disponibles.

Por otro lado, las dificultades de comunicación, con accesos difíciles a las poblaciones, particularmente en época de lluvias. También el hecho de que muchas personas no hablen francés o inglés, lo hablen a nivel muy básico, y las dificultades de entenderse en los dialectos locales, así como la baja cualifi-

cación o analfabetismo en las personas que van a ocuparse de los proyectos.

En la parte social, el mayor reto es hacer frente al factor cultural y de la tradición, que pesa mucho en los países en los que trabajamos, mayoritariamente musulmanes. El hecho de encontrar una mujer, blanca, dirigiendo una actividad supuestamente masculina supone un obstáculo para los proyectos en algunas ocasiones. Detectar esas situaciones y comportamientos discriminatorios es algo que forma parte del juego, y hay que ser firme para que no influya en los proyectos.

¿Hasta qué punto son importantes los perfiles técnicos en el campo de la cooperación al desarrollo?

Son fundamentales a la hora de implementar proyectos de infraestructuras, energías y otras tecnologías que mejoran día a día la calidad de vida de las personas. Hay mucho por hacer, en todas las áreas. Y la ingeniería y todos los perfiles técnicos tienen una labor importante en la cooperación; tanto como los perfiles sanitarios, sociales o formativos. Desde las ingenierías podemos contribuir a los procesos de desarrollo sostenible de los pueblos. Nada es independiente. Todos los saberes han de integrarse y complementarse con un planteamiento constructivo, para alcanzar este fin.

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

El proceso de asumir que la ingeniería y la innovación no se limitan al aspecto técnico, sino que hay que entenderlas en un contexto social, aportando nuestros conocimientos y experiencia para mejorar la vida de las personas. El hecho de desarrollar una conciencia social a partir de mis propias vivencias y conclusiones. Contribuir a que no suene raro hablar de ética al mismo tiempo que de ingeniería, tratar de entender ese concepto, tan amplio como ambiguo, que es el Desarrollo Sostenible. Aceptar los retos que representan los ODS y la Agenda2030.

Y en el plano personal, comprender el entorno y la cultura, convivir y respetar. Pasar a formar parte de las comunidades en las que trabajo, observar, aprender de los errores, propios y ajenos, y no caer en el desánimo. Hasta cuando las cosas salen mal, siempre encuentro el lado positivo.

A pesar de la considerable demanda de ingenieros por parte de las empresas (el índice de desempleo en esta profesión es prácticamente inexistente), en la actualidad se detecta una falta de vocaciones a la hora de decantarse por carreras técnicas, ¿a qué piensa que es debido?

Me resulta sorprendente, pues existe en la actualidad una creciente demanda de empleo en el sector tecnológico; particularmente, la digitalización está creando muchos empleos en nuestro país y a nivel global. Supongo que influye la falta de formación o interés en tecnología y TIC (Tecnologías de la Información y las Comunicaciones), durante la educación secundaria y el bachillerato. Solamente existe una asignatura de Tecnología, y no es obligatoria.

También supongo que puede influir la dificultad académica, o bien la orientación sesgada, en el momento de escoger itinerario en secundaria, o la carrera que quieren estudiar. Para cambiar esa falta de vocaciones, las materias STEM deberían adquirir mayor importancia.

Y en el caso de las chicas, el hecho de que todavía existen estereotipos de género en las carreras STEM. Llama la atención que, pese a que la presencia de las mujeres en la universidad es mayor que la de los hombres, en los perfiles STEM el porcentaje es incluso menor que en los 90, cuando yo estudiaba. Hay que trabajar para eliminar esos estereotipos, aumentando la visibilidad de referentes femeninos en estas materias.

¿Qué les diría a los estudiantes de educación secundaria para animarlos a estudiar una ingeniería?

Que es una muy buena decisión y salida profesional. La ingeniería te abre un gran abanico de posibilidades, con diferentes especialidades, donde cada persona puede aplicar sus conocimientos y habilidades específicas: Ingeniería Industrial, Mecánica, Eléctrica, Informática, Química, Mecatrónica, Civil, Electrónica, Telecomunicaciones, Organización Industrial, alimentos, etc.

Además, en un mundo globalizado, estos conocimientos son universales, válidos en cualquier sector, país o cultura. Existe una ingeniería adecuada



Ana Fuertes supervisa uno de los proyectos que se llevan a cabo en el ámbito del desarrollo rural, en un poblado de África Occidental.

para cada perfil, y es importante realizar una labor de divulgación de esta diversidad, para captar talento hacia estas disciplinas, especialmente entre las chicas. Por eso también me atrae la docencia, que ya ejercí durante un periodo de mi vida, y la veo como otra salida muy interesante.

Y por encima de todo, valoro que la ingeniería contribuye a tu desarrollo intelectual, te estructura la mente para ser capaz de identificar un problema, analizarlo, buscar las posibles soluciones y aplicarlas. Eso es la ingeniería por definición, y ese mismo ejercicio mental es válido para cualquier otro trabajo o actividad, y me atrevo a decir que para otros aspectos de la vida. En la vida constantemente has de resolver problemas.

¿Cuáles son sus próximos proyectos?

Estamos trabajando para promover el acceso productivo a la energía en zonas rurales, a través de soluciones de energía descentralizada. Es un avance, y sigue una lógica de continuidad en el camino iniciado de impulsar los pequeños negocios locales, y particularmente las actividades orientadas al emprendimiento femenino en comunidades rurales vulnerables. En principio queremos implantarlo en Senegal.

Existe un programa nacional de electrificación rural, pero la realidad es que la mayoría de los poblados carecen de conexión eléctrica, y en núcleos de mayor tamaño, donde sí que hay electricidad, los apagones son continuos y largos. Y no hablamos del precio de la energía, que es carísimo e inabordable para las fami-

lias. En concreto, se trata de pequeños quioscos, o centros multiservicio alimentados por energía solar, desde donde los usuarios podrán realizar transacciones, pagar sus facturas, imprimir documentos y hacer todo tipo de gestiones.

Por otro lado, está dotado de unidad de frío donde conservar alimentos hasta su venta y distribución, algo que hoy en día, en las zonas rurales en las que trabajamos, es impensable. Y al mismo tiempo, puede suministrar energía a otras iniciativas de emprendimiento local. Este proyecto me ilusiona, porque el componente técnico pesa más, y es un reto para mí. Sin olvidar todos los proyectos anteriores, y los que tenemos en curso, a los que hay que cuidar para garantizar su continuidad.

BARCELONA

>> Expoquimia y Equiplast, las ferias referentes en el ámbito de la química y del plástico



Sensaciones positivas tras la celebración de las ferias Expoquimia y Equiplast, que han tenido lugar durante los días 30 y 31 de mayo, y 1 y 2 de junio en el recinto Gran Vía de Fira Barcelona. Dos eventos referentes en nuestro país para el ámbito de la química y el plástico que, sin duda, han cumplido las expectativas sumando 590 expositores, más de 1.500 marcas representadas, y más de 18.000 visitantes. De igual forma, ofrecen una amplia gama de soluciones para optimizar procesos, cumpliendo con los objetivos de la agenda 2030, así como el permitir descubrir nuevos materiales.

Con ello ha quedado demostrado el dinamismo de las industrias química y del plástico, y su firme compromiso con la sostenibilidad. Asimismo, la edición de este año marca un punto de inflexión para impulsar la cohesión sectorial, con la que afrontar la transformación verde y digital de dos sectores esenciales.

En los cuatro días de intensa actividad que ha durado este evento, las empresas participantes han destacado una atmósfera muy positiva y una gran calidad en los contactos comerciales que han podido realizar. Han sido más de 100 las actividades de conocimiento y networking las celebradas y que han tenido un gran seguimiento, confirmando el interés de los temas elegidos y el foco en la economía circular, la digitalización y la transferencia tecnológica, como las principales palancas que han de garantizar un futuro sostenible para las industrias.

"Industry Showcase" ha sido una de las actividades que ha destacado en el espacio de conocimiento, y donde se han presentado casos de éxito y experiencias de las empresas usuarias de las soluciones de la química y el plástico. En la misma línea, han destacado los reconocimientos "Best in class" que otorgó el salón a H2Site, Inditex, Repsol y Fuelium, como ejemplo de aplicación de la innovación química en diferentes sectores. También ha sido protagonista el foro "Smart Chemistry Smart Future" de Feique, con los proyectos de las empresas líderes para así dar respuesta a los retos del pacto verde europeo.

Como gran acto sectorial, se ha celebrado la Cena de Gala de Expoquimia, que ha contado con más de 600 asistentes, entre ellos los principales directivos de las empresas y entidades del sector, que sirvió para visibilizar la potencia de una industria transversal que se reivindica como esencial para catalizar la transformación de los procesos productivos en clave sostenible.

En palabras de Carles Navarro, presidente del Comité Organizador de Expoquimia, "el salón ha evidenciado el dinamismo de la industria química propiciando interesantes contactos comerciales, y aportando conocimiento en temas relevantes para nuestro futuro como sector". Del mismo modo, Navarro ha resaltado la importante necesidad de "cohesionar y fortalecer la industria para afrontar su transformación y mejorar su competitividad a nivel europeo".

Mientras, por su parte, Bernd Roegele, presidente del Comité Organizador de Equiplast, ha querido destacar el desarrollo tan positivo de la feria, indicando que ha contado con "una de las mejores ofertas expositivas de los últimos años, con maquinaria y tecnología en funcionamiento para fabricar, transformar y reciclar el plástico, con el fin de acelerar su circularidad". De igual forma, ha querido dejar de manifiesto la "buena afluencia de profesionales que han generado nuevas oportunidades de negocio y dinamizado proyectos y

operaciones para el sector".

Un lujo de actividades y ponencias que han tenido lugar en los cuatro días que ha durado la feria, y que se repetirán en sus próximas ediciones, ya confirmadas para el mes de junio del año 2026, en el recinto de Gran Vía de Fira de Barcelona, como viene siendo habitual.

BARCELONA

>> Construmat cumple 20 años siendo un gran referente del sector de la construcción



Del 23 al 25 de mayo tuvo lugar la feria que organiza Fira de Barcelona, Building Construmat, el Salón Internacional de la Construcción, que se localizó en el recinto de Gran Vía de la ciudad condal. En total, han sido 210 expositores, cerca de 400 marcas representadas y 14.000 metros cuadrados de extensión. Esta edición ha rebasado las expectativas de empresas y visitantes, llegando incluso a superar la cifra de los 15.000 visitantes. Cifras de éxito para esta gran cita que ha mostrado durante los tres días de celebración en el Pabellón 1 del recinto catalán, los avances del sector en materia de sostenibilidad.

Efectivamente, sostenibilidad e innovación han sido los ámbitos clave, que para esta edición ha escogido "Construyendo Sostenibilidad" como lema principal. Se han presentado las principales novedades de los sectores del diseño de interiores, aire acondicionado, equipamiento urbano, arquitectura y arquitectura técnica, fontanería, equipamiento sanitario, materiales, tecnología y construcción y rehabilitación de edificios, entre otros. En este 2023 se ha puesto el foco en las últimas soluciones y materiales del mercado que hacen posible la transformación del sector hacia la sostenibilidad. En esta gran cita han participado las principales empresas del sector, como Azul Acocsa, Alumilux, BASF, Ciments Molins, Gas Natural, Mapei, Sika, Sorigué, Technal o Trabis, entre otras.

Los profesionales han podido comprobar las aplicaciones ya disponibles de nuevos materiales que reducen la huella de carbono o que son capaces de captar CO2, sistemas constructivos más respetuosos, técnicas de construcción industrializadas que recortan tiempos de ejecución, así como numerosos ejemplos de digitalización e innovación.

En palabras del presidente del salón, Xavier Vilajoana, se puede apreciar su agrado con los resultados de esta edición. "Estamos muy satisfechos por la acogida que el sector ha vuelto a brindar a Construmat. Durante los tres días de celebración, los stands, las actividades y los pasillos han estado repletos de profesionales que se han acercado para conocer las novedades en materia de sostenibilidad que ya son una realidad en el mercado". Según Vilajoana, "Construmat ha demostrado que es el espacio de referencia donde encontrar las últimas innovaciones y una plataforma de negocio única del sector de la construcción en España".

Esta feria llevaba sin celebrarse desde el año 2019, pero ha vuelto para quedarse, con un gran éxito de participación, donde el reto por la sostenibilidad ha marcado el retorno de Construmat. Por su parte, la próxima edición de este salón se celebrará del 21 al 23 de mayo de 2024 en el recinto de Gran Vía de Fira de Barcelona.

Teresa López

Presidenta de FADEMUR (Federación de Asociaciones de Mujeres Rurales)

“En Fademur abrimos oportunidades de formación, trabajo, comercialización y financiación de proyectos a las emprendedoras rurales”

Mónica Ramírez

Las mujeres que viven en medio rural son determinantes para su vertebración territorial y social. Sin embargo, en este ámbito es habitual que todavía se mantengan escenarios bien diferenciados entre mujeres y hombres, en un grado más acusado de lo que ocurre en el medio urbano. Así se recoge en el “Diagnóstico de la igualdad de género en el medio rural” (2021), elaborado por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, en el que se indica que la sociedad rural continúa registrando elevadas tasas de envejecimiento poblacional, masculinización de las edades laboralmente activas y pérdida de natalidad, lo que pone en peligro la sostenibilidad demográfica de muchos núcleos poblacionales rurales.

El éxodo rural sigue siendo mayoritariamente femenino, lo que provoca la masculinización de las edades laboralmente activas (en estas zonas hay 111,7 hombres por cada 100 mujeres en edades comprendidas entre 30 y 49 años). Asimismo, se observa el aumento de la participación de las mujeres en el empleo, con una tasa de empleo femenina del 51,6%, frente al 49% registrado en 2011, cuando se realizó el anterior estudio del entonces Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, y la reducción de la brecha laboral de género con respecto a hace una década, que en la actualidad es de 9 puntos porcentuales.

Según el último informe, el empleo femenino, tradicionalmente centrado casi en exclusiva en el sector servicios, gana cotas de diversificación y cobra importancia también en el sector industrial (debido al peso del empleo femenino en la industria manufacturera).

Apoyar el fomento y la promoción de las mujeres rurales y sus familias, especialmente en el desarrollo de acciones formativas (presenciales, online, a distancia, formación para el empleo, etc.), que permitan a las receptoras de las mismas mejorar su cualificación laboral y profesional, es uno de los principales objetivos de la Federación de Asociaciones de Mujeres Rurales (FADEMUR). Teresa López, ingeniera agrónoma, es su presidenta.



Teresa López, presidenta de Fademur

¿Cuándo se creó FADEMUR? ¿Cómo se estructura y cuáles son sus principales objetivos?

Creamos FADEMUR en 2004 para aglutinar las fuerzas de las organizaciones de mujeres rurales locales, comarcales, provinciales y regionales. Éstas llevaban mucho tiempo trabajando en sus territorios, algunas de ellas varias décadas, y por ello sabían que compartían muchos problemas por ser mujeres y ser rurales. Por eso, desde que compartimos lucha en FADEMUR llevamos por bandera el lema “Juntas somos más fuertes”. Juntas somos más fuertes para avanzar en las tres principales áreas que nos preocupan: laboral, cuidados y violencia, todas relacionadas entre sí.

Sobre la primera, en FADEMUR denunciamos la brecha horizontal y vertical del mercado laboral entre hombres y mujeres. Es tan marcada que las mujeres rurales sufren una de las mayores tasas de inactividad de España. Por eso, en FADEMUR abrimos oportunidades de formación, trabajo, comercialización y financiación de proyectos.

En cuanto a los cuidados, sabemos que en los pueblos existe una menor corres-

ponsabilidad y las mujeres asumen una sobrecarga de trabajos mayor. Esto está muy vinculado a la falta de servicios básicos que ellas suplen. Para combatirlo, mejoramos el envejecimiento saludable de la población mayor rural, avanzamos en la conciliación familiar y la corresponsabilidad dentro de los hogares e impulsamos iniciativas que devuelvan servicios de proximidad a las comunidades rurales.

Por último, avanzamos juntas contra la violencia machista en los pueblos, donde las mujeres víctimas son especialmente vulnerables. Para ello, analizamos y denunciemos esta situación y, en muchas ocasiones, acompañamos a quienes la padecen. Formamos a agentes que trabajan contra esta lacra en el medio rural, canalizamos la atención y recursos a víctimas de pequeños municipios, y ponemos el foco en los mecanismos específicos del maltrato ejercido en los pueblos.

Teniendo en cuenta las dificultades actuales, ¿es posible luchar contra la inercia de la despoblación y apostar por un futuro sostenible en el que las zonas rurales transformen la sociedad en una más próspera y sostenible?

Estamos convencidas de que sí, es posible cambiar el rumbo demográfico de los pueblos, y creemos que el camino es el que seguimos con todas las acciones que acabo de comentar. Y no solo es convencimiento, estamos viendo que se trata de una realidad. Durante los últimos años hemos visto un despegue de la población rural femenina en pueblos pequeños, precisamente, aquella población que, según los expertos y expertas, es clave para combatir el despoblamiento. Es fruto de años de trabajo y compromiso, y creemos que es indicador de que la dinámica está cambiando.

Desde FADEMUR, ¿qué medios tienen a su alcance para lograr estos objetivos?

Somos una red de mujeres muy extendida por todo el territorio, llegamos donde nadie



Mujeres rurales participan en un taller formativo de Rurality sobre agricultura regenerativa, celebrado por FADEMUR, con la colaboración de la Fundación Pepsico, en el entorno de Lerma (Burgos). Foto: Joaquín Terán.

más llega. Por eso, el recurso fundamental para nosotras es el humano. Sensibilizamos a la sociedad, denunciemos las desigualdades estructurales y la importancia de que nosotras estemos. Pero esto no es lo único que hacemos, impulsamos proyectos de emprendimiento, cooperativas de mujeres y todo tipo de iniciativas, empoderando a las mujeres rurales para que éstas tomen las riendas de su propio destino. Si bajamos a terreno, todo esto se traduce en el día a día de nuestros programas, como es la lanzadera de emprendimiento rural 'Rurality', el 'Plan Allen Rural' para la dinamización de las mujeres en el sector agroalimentario, la lucha 'Cultivando Igualdad' contra la violencia machista o 'Cuidándonos para un futuro mejor' por el envejecimiento saludable.

Dentro del emprendimiento rural, ¿qué porcentaje está representado por las mujeres?

Según los datos del informe "Las mujeres en el emprendimiento verde y rural", elaborado por el MITECO y basado en la EPA de 2022, las mujeres representan un tercio del emprendimiento en el ámbito rural, el 33,3%. En el rural, las mujeres emprenden más que en ámbitos urbanos, porque en muchos casos el empleo asalariado es escaso y emprender es

la única posibilidad de incorporarse al mercado laboral y tener ingresos propios.

¿Cuáles son los principales ámbitos o sectores de actuación?

Sobre todo, las mujeres emprenden en el sector consumo (53%). Por detrás están los negocios impulsados en los sectores industriales (16%) y aquellos extractivos (15%). Hay que destacar que el 91% de sus empresas son empresas familiares.

En su opinión, ¿qué valores y capacidades aportan las mujeres emprendedoras del ámbito rural?

Las mujeres destacan por su responsabilidad en todos los sentidos. Por un lado, está demostrado que tienen una menor tasa de morosidad, son prudentes y organizadas. Por otro, son responsables con su entorno, por lo que dan preferencia a proyectos más igualitarios, con mayor compromiso ambiental o que potencian el desarrollo de sus comunidades.

De las muchas experiencias e iniciativas que se están llevando a cabo en el ámbito rural, ¿cuáles destacaría entre las más novedosas e innovadoras?

Es difícil elegir, las mujeres son muy dinámicas y especialmente innovadoras, pero destacaría

que suelen vincular sus iniciativas a la sostenibilidad y el logro de los ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible). Y si tengo que elegir, pondría en valor los emprendimientos en dos sectores. Por un lado, el cultural. Hay que señalar que ellas están detrás de muchas iniciativas culturales, demostrando que España no es la tierra vaciada de cultura que muchas personas creen y, además, contribuyendo de manera inmensurable a la necesaria vertebración del territorio. Por otro lado, destacaría los proyectos emprendedores vinculados a los cuidados. Estos son importantísimos porque sacan a la luz un trabajo muchas veces invisible, a la vez que aportan reconocimiento, remuneración y derechos a quienes los desarrollan, y servicios a una población que los necesita para quedarse a vivir en sus pueblos.

¿Cuáles son los principales retos y obstáculos a los que tienen que enfrentarse?

Las mujeres tienen un menor acceso a la financiación. No lo decimos nosotras, lo dice el Banco de España. Además, éste reconoce que las entidades bancarias no aplican este sesgo por una razón objetiva, puesto que las mujeres son mejores pagadoras.

La visión patriarcal imperante también

está detrás de la falta de corresponsabilidad en los hogares, es decir, del desigual reparto de las tareas. Cuando te tienes que ocupar de toda la logística y el cuidado familiar, eres la taxista, la cuidadora, la limpiadora, etc., de toda la familia, tienes menos tiempo y energía para tu vida laboral.

Otro de los problemas es la burocracia. Es muy lenta y, en demasiadas ocasiones, no adecuada a la realidad del medio rural o de cada sector. Por último, señalaría que al emprender en el medio rural enfrentas las mismas trabas que al vivir en un pueblo. Es decir, sufres la misma ausencia de servicios básicos, el menor acceso a oportunidades, las peores infraestructuras y conexión, aunque en este punto hemos avanzado muchísimo, el aislamiento...

Desde FADEMUR, han puesto en marcha una iniciativa denominada Rurality, ¿cómo surgió la idea? ¿En qué consiste?

Rurality es la lanzadera de emprendimiento rural que pusimos en marcha en 2018, para impulsar los proyectos creados en el medio rural. Surgió fruto de nuestra experiencia acompañando a mujeres que se encontraban con las trabas que hemos comentado, lo que nos motivó a diseñar una metodología que diera respuesta a las necesidades de las mujeres que viven en los pueblos más pequeños. Nuestro objetivo es que triunfen porque creemos que el impacto se multiplica y su éxito también será el éxito de sus comunidades. Para ello, ofrecemos formación, asesoramiento y apertura de oportunidades de comercialización, financiación, etc., con un acompañamiento personalizado. Y lo más importante: creamos una red en la que las emprendedoras rurales se reconocen y colaboran, se comparten buenas prácticas, se refuerzan y se empoderan.

¿Cómo está siendo su repercusión?

Buenísima. Hoy superamos los 350 proyectos inscritos, el 70% de los cuales se desarrollan en pueblos de menos de 5.000 habitantes y el 40% tienen mujeres jóvenes al frente. Los resultados son tan buenos que en 2021 una fundación, la Fundación Pepsico, estaba buscando cómo contribuir a mejorar la vida de las mujeres rurales de nuestro país, y escogió hacerlo a través de Rurality. Además de su apoyo, también contamos con el del Ministerio de Derechos Sociales y Agenda 2030.

Estamos viviendo un momento de transformación, en el que el uso de las tecnologías juega un papel fundamental en el campo de la sostenibilidad, ¿cómo se está viviendo ese proceso en el ámbito rural?

Con entusiasmo, especialmente por parte de

las mujeres, porque son ellas las que primero apuestan por la sostenibilidad. Uno de los últimos estudios revela que dos de cada tres emprendedoras rurales anteponen el logro de objetivos sociales y/o medioambientales a conseguir una mayor rentabilidad o buscar un crecimiento del negocio.

¿Cómo cree que será la tendencia a medio y largo plazo en materia tecnológica?

Para nosotras, la digitalización es la oportunidad de reducir muchas brechas entre hombres y mujeres. Desde FADEMUR, estamos viviendo este momento con intensidad, trabajando para que las mujeres accedan a estas tecnologías y se formen en su uso. De esta forma, por ejemplo, creemos que podremos reducir la brecha en rentabilidad de las explotaciones de unos y otras, la que se deriva de que las mujeres tengan explotaciones más pequeñas de media.

El pasado mes de febrero, Unión Profesional celebró su III Congreso Nacional de Profesionales en torno a tres ejes estratégicos: compromiso, progreso y futuro. José Antonio Galdón, vicepresidente de UP y presidente de COGITI, introdujo y moderó la mesa del bloque de "Compromiso", bajo el lema "Profesiones comprometidas e implicadas en los retos sociales", en la que usted participó como ponente. Una de las conclusiones fue que la sociedad ha de evitar desvincularse de los problemas, y las profesiones tienen que esforzarse por ser parte de la solución. ¿Cómo pueden responder de forma competente y solidaria?

En FADEMUR creemos mucho en las redes de personas. Los grandes retos a los que nos

enfrentamos en el mundo rural, en la lucha contra la despoblación, exigen avanzar en igualdad de oportunidades entre hombres y mujeres, y para ello necesitamos crear alianzas.

El rural es un medio innovador y rompedor, pero también con problemas estructurales que resolver, en el que necesitamos la implicación de todos y todas. Un lugar al que dirigir la mirada y prestar atención, en el que a veces surgen temas muy complejos que requieren una intervención multidisciplinar. Para dar respuesta, resulta crucial el compromiso de las profesiones, que son referente en nuestro día a día, y que atesoran el conocimiento pegado al terreno.

Por ello, nos gustaría aliarnos con las profesiones para que nos ayudéis a acelerar los cambios, a mejorar la vida y las oportunidades de las mujeres, a afianzar los derechos, como camino para construir el futuro sostenible del mundo rural.

Como presidenta de FADEMUR, ¿cuáles son los próximos proyectos que tiene en mente?

Nuestra red es muy creativa, identifica las prioridades de las mujeres para quedarse a vivir en sus pueblos y las transforma en proyectos de intervención. Ahora, además de los proyectos de continuidad, estamos trabajando en iniciativas de dinamización cultural, de construcción y fortalecimiento de comunidad, con la perspectiva de las mujeres; y estamos poniendo en marcha el "Plan Allen Rural", un proyecto de FADEMUR con la colaboración de IKEA, que pretende empoderar a las mujeres del sector agroalimentario, potenciando el desarrollo de la producción sostenible, incorporando la digitalización y ayudando en la diversificación.



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

Juan de la Cierva, el ingeniero responsable del mayor avance de la aviación: el autogiro

Si pensamos por un instante en el autor protagonista de este reportaje, seguro que nos viene a la mente el mundo de la aviación, en general, y el autogiro, en concreto. Y así es. Este célebre ingeniero es responsable de la invención del antecesor del helicóptero actual, el llamado autogiro, considerado como el mayor avance de la aviación mundial, con el que, además, estableció las bases para el desarrollo de los helicópteros que conocemos hoy en día. Con una mentalidad muy avanzada para la época, Juan de la Cierva y Codorníu fue trabajando poco a poco para demostrar al mundo de lo que era capaz, en cuestiones de innovación y seguridad

Laura Álvaro

Nacido en Murcia en el mes de septiembre de 1895, concretamente el día 21, este ingeniero e inventor era hijo de María Codorníu Bosch, procedente de una reconocida familia murciana, y de Juan de la Cierva y Peñafiel, un famoso empresario, abogado criminalista y político, que llegó a ser ministro, en numerosas ocasiones, del Gobierno de Alfonso XIII. Asimismo, también ocuparía la alcaldía de la ciudad de Murcia e incluso el cargo de gobernador de Madrid.

Infancia entre Murcia y Madrid

Ya desde bien pequeño, en 1903, este joven, al que llamaban Juanito, comenzó a interesarse por el mundo de la aeronáutica que le iba inculcando su abuelo materno, el ingeniero de Montes Ricardo Codorníu Stárico, ya que a la par que le iba explicando cómo volaba un avión, le infundaba su amor por las ciencias, aspecto que a nuestro protagonista le fascinaba cada vez más. Su interés por el mundo de la aviación iba en constante aumento, al contrario de lo que quería su padre, introducirlo en la vida política.

A la edad de 9 años, en el año 1904, y debido principalmente a las obligaciones políticas de su padre, la familia tuvo que trasladarse a Madrid. Es allí, en la capital de España, donde conoció a sus leales amigos de infancia y adolescencia, José Barcala, Tomás de Martín Barbadillo y Pablo Díaz los que, junto a su hermano Ricardo de la Cierva, el más joven, formarían la denominada "Panda Aviatoria". Con ellos ejecutó sus primeras y precoces incursiones en el universo aeronáutico.

Primeros pasos en el mundo aeronáutico

En 1910, Juan de la Cierva fue testigo de la



Juan de la Cierva, a la derecha de la imagen, en el aeródromo de Lasarte, en 1930. (Foto: Pascual Marín. Gure Gipuzkoa, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=56128811>).

primera exhibición aérea en Barcelona, lo que hizo fraguar más aún esa pasión por el mundo de la aviación. Pocos años más tarde, y durante su adolescencia, comenzó a construir aeroplanos con materiales como telas y maderas, junto a su grupo de amigos. Ya con 16 años, en 1912, continúa sus pasos en la aeronáutica de forma más profesional, ya que con sus fieles compañeros ponen en marcha la sociedad B.C.D, fruto de la combinación de sus tres apellidos (Barcala, Cierva y Díaz), donde su primer invento sería el avión biplano, BCD-1, con motor de 50 CV, que contaba con espacio para el piloto y un pasajero. Fue bautizado con el nombre de "El Cangrejo" por estar pintado de color rojo. El BCD-1 se elevó con éxito.

A esto le siguió otro aeroplano, el BCD-2 que voló, pero no con la seguridad con la que lo hizo su predecesor, "El Cangrejo". A partir de ahí, de la Cierva comenzó su andadura y su afán de conseguir llegar a un gran invento, conseguido años más tarde.

Etapas universitarias en Madrid

Tras estos primeros inventos, De la Cierva terminó en Madrid los estudios universitarios en la Escuela Especial de Ingenieros de Cami-

nos, Canales y Puertos, con los que consiguió el título de ingeniero civil, y de experto en construcción de aviación y piloto. Asimismo, por su cuenta, estudiaba aeronáutica en su tiempo libre, ya que por entonces no existían los estudios universitarios de Aeronáutica.

Sus estudios autodidácticos de aeronáutica los realizaba siguiendo los trabajos de Lanchester y Jonkowski. Incansable y con gran tesón, a pesar de no ejercer en ningún momento como ingeniero de Caminos, la complejidad de los estudios que había realizado De la Cierva le dieron las bases en el cálculo matemático, proporcionándole la seguridad teórica físico-matemática para lo que sería la revolución de la aviación que inventaría años más tarde.

La política siempre le rodeaba, más aún por la influencia que ejercía su padre. No obstante, y a pesar de salir diputado en dos ocasiones, 1919 y 1922, su verdadera vocación fue la aeronáutica, por lo que no prestaba demasiada atención a este ámbito de la vida más político.

El desarrollo del autogiro y sus prototipos

En 1920 fabricó el primer autogiro en Madrid, llamado C1, el aparato que le catapultaría a la



Monumento en honor a Juan de la Cierva y Codorniu en Murcia, su ciudad natal. (Foto: CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1759661>)

fama, y para el que se sirvió de fuselaje, ruedas y un estabilizador vertical sobre el que, a su vez, montó dos rotores de cuatro palas. En este caso, el aparato no llegó a volar, ya que el rotor inferior giraba a menos velocidad de la que estaba prevista. Al C1 le siguieron el C2 y el C3, los cuales también fallaron, debido a que la pala que avanzaba y la que retrocedía hacían el giro a poca velocidad. Este problema, de sustentación del rotor, pudo resolverse con la construcción del prototipo C4, donde De la Cierva incorporó la idea de articular las palas del rotor en su raíz, idea revolucionaria.

En el mes de enero de 1923, veinte años después del primer vuelo de los hermanos Wright, el proyecto se hizo realidad al hacerlo volar por primera vez entre el aeródromo de Cuatro Vientos y el aeropuerto de Getafe, en Madrid. A partir de entonces, en 1925 constituyó en Inglaterra, país al que se había trasladado a instancias del Ministerio del Aire de Gran Bretaña, la empresa "The Cierva Autogiro Company", con la que comenzó a distribuir sus aparatos.

Incluso en 1928 empezó a pilotar sus propios autogiros, los cuales presentaba ante las multitudes, y realizaba exhibiciones aéreas y visitas por diferentes ciudades españolas para promocionar su invento, y así conseguir financiación para la construcción de una fábrica de autogiros con sede en España, que no pudo conseguir por falta de apoyo económico. Tampoco consiguió que sus aparatos pudiesen comercializarse de forma masiva en la geografía española.

La financiación también la buscó por Estados Unidos, donde fundó "The Pitcairn-Cierva Autogiro Company of America", para el desarrollo del autogiro en este país.

Del mismo modo, dio a conocer su invento por toda Europa, con numerosas demostraciones en Francia, Alemania e Italia, aunque siempre inscribía sus patentes en España. Asimismo, Juan de la Cierva fue aún más reconocido tras atravesar el Canal de la Mancha por primera vez con uno de sus inventos, considerado uno de los grandes hitos de la Historia de la Aviación, ya que se trataba de la primera vez que una nave de alas giratoria lo hacía y era pilotada por él mismo, desde Londres a París.

Su máxima preocupación: la seguridad

Y es que se puede decir que desde el año 1916 estuvo dedicado al diseño y a la fabricación de aviones y planeadores. No obstante, la seguridad era muy importante para él, y sabía que aquello que construyera tenía que reunir los principales requisitos en esta materia. Todo ello se vio reforzado tras el accidente del avión del capitán Julio Ríos, con el que De la Cierva se quedó totalmente conmocionado. Por ello, se dispuso a diseñar un avión más seguro con alas giratorias, al que denominaría como autogiro.

Una conexión rígida entre el rotor y el buje central fue la razón principal por la que fracasaron los tres primeros prototipos que diseñó De la Cierva. Finalmente, los conectó libremente y ganó la potencia de elevación necesaria para levantar la máquina.

El mayor avance de la aviación mundial: el autogiro

De la Cierva desarrolló el rotor articulado que más tarde usarían los helicópteros. Este

sistema que había diseñado compensaba la diferencia de empuje del aire batido, cuando la pala va adelante, con el batido, cuando va atrás, que hacía volcar tanto al autogiro como al helicóptero.

Sin duda, el autogiro es un invento que combina el diseño de un aeroplano, con dos alas principales y una hélice frontal, al que se le añade una hélice horizontal de mayor tamaño que gira libremente, a diferencia del helicóptero. Y aquí es donde entra en juego Juan de la Cierva, aunque este nunca se interesó por los helicópteros, a los que consideraba demasiado complicados para volar y proclives a los accidentes.

Un ingenio absoluto, así lo catalogan los entendidos en este ámbito para definir al autogiro, ya que, además, el posterior helicóptero incorporó más de 20 patentes de Juan de la Cierva, con lo que se puede afirmar, que el genio español estuvo detrás.

Influencias políticas

Bien es conocido que desde bien pequeño su padre quiso que formara parte de la vida política, aspecto que a Juan de la Cierva hijo le interesaba más bien poco y por el que no mostraba demasiado interés. Aunque se le ha catalogado en numerosas ocasiones hacia alguna vertiente política, él siempre quiso ser recordado por su amor a la aviación y su gran aportación al mundo de la aeronáutica, a pesar de lo corta que fue su vida y que sus sueños quedaron truncados.

El fatídico desenlace de su vida

Increible pero cierto, Juan de la Cierva falleció en un accidente de un avión que no era pilotado por él. Fue el 9 de diciembre de 1936, a la edad de 41 años, cuando se estrelló en el despegue en el Aeropuerto londinense de Croydon, el Douglas DC-2 de KLM de vuelo regular, con recorrido Londres-Ámsterdam, en el que viajaba. El aparato en el que viajaba chocó contra el tejado de una casa vacía y se estrelló. En este caso, el avión estaba pilotado por un aviador muy reconocido en la Primera Guerra Mundial, el austro húngaro Ludwig Hautzmayr. En total perdieron la vida 15 de las 17 personas que iban a bordo, incluyendo a Arvid Lindman, expresidente del Gobierno de Suecia, tras la enorme explosión en la que se vio envuelta la aeronave.

El cuerpo de Juan de la Cierva fue enterrado en una capilla católica de Inglaterra, hasta que, en octubre de 1946, diez años más tarde, sus restos fueron trasladados a España, donde fueron recibidos por el obispo de Madrid en el aeropuerto de Barajas con destino al cementerio de La Almudena.

Homenaje, condecoraciones y distinciones a su figura

Juan de la Cierva siempre estuvo muy relacionado con el mundo de la aeronáutica, y a pesar de lo corta que fue su vida, 41 años, obtuvo diversos premios y reconocimientos. Uno de los más importantes fue el que recibió en el año 1932: la Gran Medalla que le otorgó la Federación Aeronáutica Internacional por haber contribuido de manera notable al desarrollo de la aeronáutica con su trabajo, logros, iniciativas y pasión por el mundo de la aviación. Este reconocimiento fue creado en 1924, y De la Cierva fue el primer y único español en obtenerla.

Tanto en nuestro país, como fuera de nuestras fronteras, este ingeniero murciano alcanzó gran importancia como científico e inventor, ya que con su esfuerzo y talento logró numerosos avances. Destacado por siempre tratar de idear nuevas mejoras y avances en el mundo de la aviación y la seguridad, intentó en todo momento que su invento tuviera una gran aceptación e implantación en España.

Ese esfuerzo y talento se vieron convertidos en numerosos reconocimientos, condecoraciones y títulos. En España fue nombrado Ingeniero Aeronáutico Honoris Causa, y también recibió el Premio de la Fundación Duque de Alba de la Academia de Ciencias, galardón que años antes le había sido concedido al ilustre matemático Julio Rey Pastor.

De igual forma, el nombre de Juan de la Cierva va mucho más allá. Existen premios, becas, institutos de Educación Secundaria, barrios dentro de ciudades, estaciones de transporte, monumentos, así como numerosas calles y plazas por todo el territorio es-

pañol que llevan su nombre. Incluso el salón de Actos de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Aeronáuticos de la Universidad Politécnica de Madrid lleva el nombre del protagonista de este reportaje. Es ahí donde se puede ver la grandeza de su obra y la importancia de lo que supuso su vida para el desarrollo de la ciencia y la ingeniería, en general, con los avances que descubrió y de la aviación y la aeronáutica en concreto.

Importante y digno de destacar es el gran elogio de otro inventor, Thomas Alba Edison, que le dedicó en el año 1930: “El autogiro constituye, después del primer vuelo de los hermanos Wright, el mayor progreso aeronáutico alcanzado por el hombre”. Una gran alabanza de otro célebre descubridor. En el mundo de la aviación, Charles Augustus Lindbergh, el primer piloto en cruzar el océano Atlántico, de oeste a este, uniendo el continente americano y el europeo en un vuelo sin escalas en solitario, también tuvo unas palabras para De la Cierva al indicar que el autogiro había hecho progresar 50 años a la aviación.

Premio Nacional de Investigación Juan de la Cierva

Tal y como se ha podido ver, la memoria de Juan de la Cierva se mantiene viva. Importante es destacar el Premio Nacional de Investigación Juan de la Cierva, una de las diez modalidades de los Premios Nacionales de Investigación, que suponen el reconocimiento más importante de España en el ámbito de la investigación científica y que fueron creados en 2001.

En concreto, el Premio Nacional de Investigación Juan de la Cierva es un premio en el área de la “Transferencia de tecnología”, convocado por el Ministerio de Ciencia, In-

novación y Universidades de España que, además, entrega Su Majestad el Rey, en el Palacio Real. La cuantía a la que asciende es de 30.000€, por modalidad.

El objetivo de todos estos premios pasa por el reconocimiento de los méritos de los científicos o investigadores españoles que realizan, según se indica en dichos premios, “una gran labor destacada en campos científicos de relevancia internacional, y que contribuyan al avance de la ciencia, al mejor conocimiento del hombre y su convivencia, a la transferencia de tecnología y al progreso de la Humanidad”.

Relacionado con este último, existen las becas del Programa Juan de la Cierva, creadas en 2004, y gracias a las que centenares de investigadores españoles y extranjeros pueden desarrollar ampliamente su labor, debido a que están destinadas a la contratación de investigadores y doctores.

100 años del primer vuelo del autogiro

En 1923, tal y como se ha explicado anteriormente, se produjo el primer vuelo oficial del autogiro, fechado el 17 de enero del año 1923, por lo que en este año 2023 se conmemora su centenario. Acto para el que incluso la ONCE ha querido homenajear a este célebre inventor, considerando el autogiro uno de los hitos más revolucionarios de la aviación, pasando a ser el precursor del actual helicóptero, ya explicado detalladamente en los párrafos superiores.

En el acto que celebró la ONCE, el pasado mes de enero, se manifestó el gran respeto y veneración que se tiene a la figura de Juan de la Cierva, que dejó un indiscutible legado científico, así como el importante aporte tecnológico que desarrolló con el autogiro, como un gran ejemplo de la aplicación de la ciencia en beneficio de toda la humanidad.

De igual forma, y tras consultar diversas fuentes, se concluye que el autogiro de Juan de la Cierva es uno de los inventos españoles que, junto con el submarino de Isaac Peral, pusieron a España en la vanguardia de los países pioneros en los avances científico-técnicos.

Juan de la Cierva y Codorniu siempre será mundialmente reconocido por hacer volar un avión en vertical gracias a su teoría revolucionaria del ala rotatoria. Su trágico desenlace fue una casualidad muy desafortunada a toda una vida dedicada a la aeronáutica. Y es que no dispuso del tiempo suficiente para desarrollar un aeropuerto en Murcia, lo que era su sueño, según diversas fuentes consultadas. A pesar de que el autogiro lo tenía todo para ser una alternativa al avión de la época, el helicóptero lo desterró al olvido, si bien todavía se sigue hablando de él.



Pitcairn PCA-2 autogiro (NACA44), volado en Langley para la investigación NACA de un sistema de rotor. (Foto: NASA/ NACA, LARC, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=510393>)

Premio Nacional de Iniciación a la Investigación Tecnológica 2023

Los equipos ganadores de este Concurso impulsado por la UAITIE, recibían sus galardones en la sede corporativa del colectivo de Madrid, el pasado 27 de junio. "Estudio de calidad de aguas y acuíferos, medición de parámetros fisicoquímicos en tiempo real con IoT", ideado por estudiantes del IES Mariano Quintanilla de Segovia en la categoría ESO, y "Hope Seeder-Robot. Sistema autónomo de reforestación y siembra de bosques devastados", concebido por estudiantes del IES Nit de l'Alba, de Elche (Alicante), en el nivel de Bachillerato, fueron los grandes triunfadores de esta edición.

Este proyecto nació en el año 2016, y desde entonces se ha venido consolidando como el Concurso juvenil más prestigioso de Ciencia y Tecnología de todo el país. La convocatoria 2023 ha superado cifras de participación, llegando a ser la más representativa y competitiva de todas las ya emprendidas. Más de 144 alumnos/as de toda España, y 39 trabajos ideados por estudiantes de secundaria, evaluados por un tribunal calificador de alto nivel, hacen que la organización se muestre muy satisfecha por el valor generacional incalculable, tanto para la sociedad como para la profesión.

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 (UAITIE), que fomenta la igualdad de género, dando visibilidad a mujeres ingenieras referentes en nuestra sociedad.

La extraordinaria galería de mujeres ingenieras, que suman ya 29 en el patrimonio de la Muestra, muestran el camino de ingenieras desde el siglo XIX hasta nuestros tiempos, las denominadas "pioneras". Mujeres increíbles que marcaron tendencia y consiguieron grandes logros en el mundo de la ingeniería en el ámbito espacial, en el mundo de la imprenta, optimizando procesos, o inventoras con más de 20 patentes y 90 inventos. A continuación, también muestra los paneles de las mujeres ingenieras de éxito denominadas "contemporáneas", mujeres de la actualidad que a base de trabajo, esfuerzo y vocación han conseguido el éxito en el mundo y en distintos campos de la ingeniería.

La exposición ha continuado su andadura y ha "agrandado" los lugares donde ha estado visible. En su recorrido por la provincia de Alicante, visitó las Universidades de Alicante y Miguel Hernández de Elche, los pasados días 4 y 11 de mayo, respectivamente, integrando una nue-



Los equipos ganadores de las dos categorías, ESO y Bachillerato.



Foto de familia en la Universidad de Alicante, de la exposición "Mujeres ingenieras de éxito".



Protagonistas en el acto de inauguración en la Universidad Miguel Hernández de Elche, de la exposición "Mujeres Ingenieras de Éxito".



Acto inaugural de la exposición "Mujeres Ingenieras de Éxito", en el Palacio Manuel Rojas de Badajoz.



La Puerta del Ingenio

Proyecto de "La Puerta del Ingenio".

va panelista (número 28), la ingeniera de éxito, Carolina Senabre Blanes. Doctora en Ingeniería Mecánica, profesora titular de la Universidad Miguel Hernández de Elche, entre otros destacados méritos profesionales.

Seguidamente, viajó a Badajoz, donde ha estado alojada desde el 16 de mayo al 10 de junio, en el Palacio de Congresos Manuel Rojas de Badajoz. La apuesta del colectivo territorial pacense fue la ingeniera de éxito (número 29), Concepción A. Monje Micharet, Ingeniera Técnica Industrial en Electrónica, formada en la Universidad de Extremadura, investigadora especializada en Robótica y profesora catedrática en la Universidad Carlos III de Madrid, y que además cuenta con numerosos premios y reconocimientos.

"Madrid mirando a la ciencia; del juego al ingenio en la Escuela"

El proyecto cuenta con el respaldo del

Ayuntamiento de Madrid, para dar continuidad a "La Puerta del ingenio". Por séptimo año consecutivo, la UAITIE ha conseguido alzarse con un nuevo éxito en materia de ayudas y subvenciones por parte del consistorio de la capital. El objetivo es buscar cantera e impulsar las vocaciones STEM, fomentando la cultura científica, las vocaciones ingenieriles y científicas, trabajando la educación para el consumo responsable y el desarrollo sostenible, el fomento de la creatividad, del espíritu científico y la igualdad de género, en el ámbito de la educación primaria. La herramienta, creada en 2022, va a conferir nuevos contenidos y va a dotarse de una ampliación de objetivos, vinculando sinergias con el Premio Nacional de Iniciación a la Investigación Tecnológica y la exposición itinerante Mujeres Ingenieras de Éxito.

Electrotecnia para ingenieros

José Ramón Dapena Traseira
Editorial Marcombo. 460 págs.
ISBN 978-8426736116



Si tiene los conocimientos básicos sobre el cálculo matemático, incluyendo las ecuaciones diferenciales elementales y derivadas, y quiere saber más acerca de la electrotecnia y conocer el origen del comportamiento de la electricidad en los circuitos eléctricos, ha dado con el libro indicado.

El contenido de Electrotecnia para ingenieros parte de la demostración de las leyes y los teoremas fundamentales de la electrotecnia, para luego ver su aplicación en los ejercicios correspondientes. Tanto en el desarrollo de los conceptos de electrotecnia como en los ejercicios prácticos se sigue un orden creciente de dificultad. Además, la resolución de los problemas propuestos se ha realizado paso a paso, y a través de una metodología que le ayudará en el razonamiento para solucionar otros problemas con los que se pueda encontrar.

Asimismo, a través de la lectura de este libro:

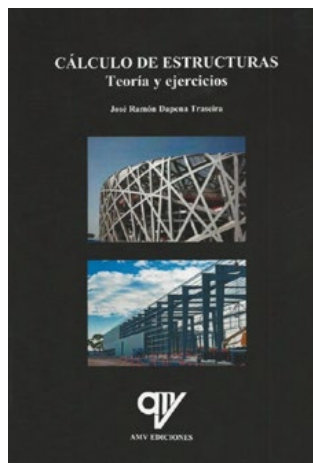
- Descubrirá por qué en corriente alterna, en un circuito inductivo, la tensión va adelantada respecto de la intensidad.
- Aprenderá por qué en corriente alterna, en un circuito capacitivo, la tensión va retrasada respecto de la intensidad.
- Conocerá los condensadores necesarios para mejorar el factor de potencia en un circuito inductivo.

Sin duda, Electrotecnia para ingenieros será su gran aliado para comprender los fundamentos de la electrotecnia y desarrollar sus proyectos con éxito. José Ramón Dapena Traseira es catedrático de Siste-

mas Electrotécnicos. En este libro ha reunido sus conocimientos tras más de 45 años de experiencia en el mundo empresarial y en la docencia.

Cálculo de estructuras. Teoría y Ejercicios

José Ramón Dapena Traseira
Editor Antonio Madrid Vicente. 317 págs.
ISBN 9788494516610



La idea de Estructura está relacionada con términos como trama, forma compleja y otros análogos, lo que pone de manifiesto, ya desde el comienzo, la idea de conjunto de elementos interrelacionados. Con un criterio de generalidad, pero dentro del contexto de ingeniería civil y arquitectura, se puede definir una estructura como “un conjunto de elementos organizados y distribuidos de forma adecuada para cumplir la finalidad de resistir un sistema determinado”.

Los ingenieros de estructuras son los responsables de realizar el cálculo estructural de un edificio, de una nave o de cualquier construcción que requiera una estructura de hormigón, de acero, metálica o de otro tipo. Los arquitectos y otros profesionales de este sector deben tener los conocimientos adecuados y suficientes sobre teoría y análisis estructural para proyectarlo. Los sistemas estructurales en los edificios y otras construcciones se abordan a partir de distintos aspectos, como la composición formal y espacial, la adecuación y realización, la coordinación con otros sistemas constructivos y el cumplimiento de la normativa técnica, o la revisión del desarrollo histórico de los materiales y las estructuras empleadas en la arquitectura. Este libro teórico y práctico aborda concretamente el cál-

culo de todo tipo de estructuras de forma concreta y profunda, y aporta casos prácticos y problemas resueltos.

5G. Soñemos juntos

Santiago Tenorio Sanz
Editorial El Viso Media. 268 págs.
ISBN 9788409354528



Le damos la bienvenida al mundo 5G. Soñemos juntos. En este libro, se ha querido recoger en qué consiste la tecnología 5G y qué ventajas aporta, con ejemplos reales ya implementados. Pero, sobre todo, quieren hacerle soñar qué se puede crear con esta nueva generación de telecomunicaciones móviles en el futuro. El objetivo es fomentar la reflexión sobre de qué manera 5G puede tener un impacto positivo en la vida personal y profesional de cada individuo. Y, en el caso de las empresas, qué nuevas oportunidades de negocio se abren con esta tecnología.

5G solo es la herramienta. Lo importante es construir aplicaciones y servicios que realmente supongan una revolución en las vidas de las personas. Pero, para entender bien su alcance, es importante conocer los conceptos básicos. En sus páginas encontrará, explicado de manera sencilla, toda la información para entender el paso de 4G a 5G, las características y ventajas de 5G, y el funcionamiento de la nueva red. Casos de uso concretos, reales, de todo tipo de sectores, que han sido posibles gracias a la llegada de 5G. Este libro pretende ser un impulso para que personas y organizaciones con alma innovadora avancen a través de sus sueños en el campo de la realidad.

➤ *Campus Virtual: Oferta formativa - Selección de cursos*

Programación estructurada en CODESYS

Gestión de la Producción

Avanzado en instalaciones eléctricas industriales. Industria 4.0.

Experto en seguridad Contra Incendios

Cálculo y diseño de instalaciones de energía solar térmica para ACS

Diseño y gestión de instalaciones mediante sistema BIM. Aplicación con REVIT.

Diseño y mantenimiento de instalaciones de energía solar fotovoltaica.

Curso Profesional

Asesor Técnico Ambiental

Auditorías energéticas

REVIT + MEP instalaciones on-line

Inglés

Alemán

Finanzas empresariales para técnicos

Cálculo de la Huella de Carbono Corporativa

Esto es tan sólo una muestra del catálogo de cursos técnicos que encontrará en nuestra Plataforma online. Los cursos son constantemente renovados y adaptados a las necesidades actuales.

www.ingenierosformacion.com

Exclusivo para autónomos en el RETA o en MUPITI

Incrementa tus aportaciones y
aumenta la desgravación fiscal con el
Plan de Ahorro para Autónomos de Mupiti



**Mejora ya tu
futura jubilación**

Atractivo fiscal:

Puedes aportar y desgravar hasta 4.250 €*

*Adicionales a los 1.500 €/anuales establecidos en los sistemas de previsión social complementarios individuales.

Flexibilidad:

Haz aportaciones mensuales o en el momento que quieras.

Rentabilidad:

Tendrás garantizado el tipo de interés y participación en los beneficios.

INDICADOR DE RIESGO Y ALERTAS DE LIQUIDEZ	
Indicador de Riesgo	Alertas de Liquidez
1 / 6	 El reembolso, rescate o la devolución anticipada de una parte o de todo el principal invertido está sujetos a comisiones o penalizaciones.
<small>Este número es indicativo del riesgo del producto, siendo 1/6 indicativo de menor riesgo y 6/6 de mayor riesgo.</small>	

Más Info:
Virginia Postiguillo
virginia@mupiti.com
📞 900 820 720

