

# ESTRATOS



## **Entorno de Garoña**

**Proyectos de  
desarrollo local**

**Entrevista a  
Berta Rubio**

**Presidenta del  
Consejo científico  
NUSTAR**

**Cultura de  
Seguridad  
en instalaciones  
nucleares**

**Impresión 3D  
La revolución  
tecnológica  
del siglo XXI**



## Llega el tiempo de Garoña

Un gran hito se ha producido desde la publicación del último número de Estratos. El pasado 19 de julio se materializaba la transferencia de la titularidad de la central nuclear de Santa María de Garoña, situada en la provincia de Burgos, a Enresa, para acometer la primera fase de su desmantelamiento.

Unos días antes de ese 19 de julio de 2023, una fecha que ya forma parte de la historia de Enresa, el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico publicaba la Orden TED/796/2023, de 13 de julio, por la que se autorizaba la transferencia de titularidad de la central de la empresa Nuclenor, S.A., a la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos, S.A., S.M.E., y daba luz verde a esa Fase 1 del proyecto de la que fue la segunda central nuclear que funcionó en España.

El presidente de Enresa, José Luis Navarro, manifestaba tras la firma ante notario de la transferencia de titularidad de la central que el proyecto suponía un gran reto para la empresa. Según argumentó el presidente, "Enresa cuenta con los medios técnicos y con un gran equipo humano para afrontar este desmantelamiento", y añadió que tanto la experiencia de Enresa en desmantelamiento, como las amplias capacidades que ofrecen las empresas del sector nuclear español, "permitían a la compañía pública asumir este proyecto con plenas garantías".

La Fase 1 del desmantelamiento de la central de Garoña que ahora comienza, y que tiene una duración inicial prevista de tres años, va a centrar sus esfuerzos en la consecución de dos actividades fundamentales: la evacuación del combustible gastado de la piscina de la central para trasladarlo al Almacén Temporal Individualizado de la instalación; y, por otro lado, el desmontaje y adaptación del antiguo Edificio de Turbina para transformarlo en el denominado Edificio Auxiliar

de Desmantelamiento, EAD, espacio que variará su misión original para convertirse en un lugar en el que gestionar y acondicionar residuos radiactivos.

Es un momento de orgullo para Enresa. Orgullo por su capacidad para acometer y afrontar los proyectos que fundacionalmente tiene encomendados y orgullo por sus profesionales. Toda la compañía se ha volcado en este proyecto durante los últimos años, para que la transferencia que este verano se ha producido haya visto la luz.

Pero los desmantelamientos no son únicamente proyectos técnicos. Tienen unas implicaciones sociales que van más allá y ante las que Enresa, para nada, se muestra indiferente. La empresa tiene un claro compromiso con los entornos en los que realiza sus actividades. Así lo ha hecho en otras zonas y así lo hace en Garoña. Un entorno que ya le es conocido, puesto que la compañía pública ha cofinanciado proyectos desde 2016 que permiten generar una actividad económica alternativa a la de la central.

Enresa llevará a cabo su misión en Garoña y, para ello, aplicará también las lecciones que la compañía ha aprendido durante otros proyectos, como es el caso del desmantelamiento de la central nuclear José Cabrera, en la provincia de Guadalajara. La instalación alcarreña se encuentra en pleno proceso de aplicación del Plan de Restauración del emplazamiento. La fisonomía externa de los terrenos es cada día más similar a la que tenía durante la etapa previa a la construcción de la planta. Esa estampa evidencia que estos proyectos de desmantelamiento son plenamente realizables con absoluto rigor y seguridad. Lo que se plasma en un procedimiento o en un documento, se lleva a la realidad. Y Zorita es buena prueba de ello. Ahora, con las mismas ganas e ilusión, llega otro tiempo para Enresa. Es el tiempo de Garoña.

## ESTRATOS

### Comité Editorial:

José Luis Navarro Ribera, presidente de Enresa  
 María Pérez Fernández, directora de Sostenibilidad y Comunicación  
 Mariano Navarro Santos, director Técnico.  
 Inmaculada López Díez, directora de Ingeniería  
 Eva M<sup>a</sup> Noguero Cubero, directora del Centro de Almacenamiento de El Cabril  
 Manuel Rodríguez Silva, director de Operaciones

### Directora:

María Pérez Fernández

### Subdirectora:

Teresa Palacio

### Redactora Jefe:

Ana Arrojo

### Secretarías de redacción:

Olga Cristóbal Lobo, Yolanda Gil López

### Redactores y Colaboradores:

David Abarca, Ana Arrojo, Alejandro Cabanillas, Ignacio Fernández Bayo, Eva González, Fernando González, Jesús Iglesias, Cristina López-Quero, José María Montero, Nuria Prieto, Alvaro Rojo, Elena Vico.

### Fotografía e Infografía:

Agencias, APIA, Archivo Enresa, CEPESCA,

Cultural Media, Jorge Fernández, Eva González, Observatorio de la Comunicación del Cambio Climático, Tapani Karjanlahti, Ana Martín Aguado, TVO Shutterstock, UIMP.

### Producción:

Departamento de Comunicación

### Edita:

Empresa Nacional de Residuos Radiactivos, S.A. S.M.E.

### Dirección postal:

Emilio Vargas, 7, Madrid

### Teléfono:

915668100

### Página web:

www.enresa.es

### Correo:

registro@enresa.es

### Diseño y Maquetación:

Ana Arrojo Rubio

### Fotomecánica e Impresión:

Egesa, Estudios Gráficos Europeos, S.A.

### Depósito Legal:

M-7-411-1986

*Esta publicación no comparte necesariamente la opinión de sus colaboradores y se limita a ofrecer sus páginas con respeto a la libertad de expresión*



# CONTENIDOS

## 6

ACTUALIDAD

### Noticias Enresa

Transferencia de titularidad a Enresa de la C.N. Santa María de Garoña, para acometer la primera fase de su desmantelamiento, centra la actualidad de Estratos. Celebración de las XXI Jornadas de Instalaciones Radiactivas, participación en la 48ª Reunión Anual de la SNE y en la 67ª Reunión de la Conferencia General del OIEA completan la oferta informativa de la revista.

## 10

INSTITUCIONAL

### Curso de verano en la UIMP

65 asistentes y 33 ponentes participaron en las ocho sesiones del curso de verano "Retos en la gestión de residuos radiactivos y el desmantelamiento de centrales nucleares", organizado por Enresa en la Universidad Internacional Menéndez Pelayo, en el Palacio de la Magdalena de Santander, a mediados del pasado mes de julio de 2023.

## 15

CORPORATIVO

### Cultura de seguridad en instalaciones nucleares

El Consejo de Seguridad Nuclear emitió en 2008 la Instrucción IS-19 en la que se requieren una evaluación y un plan para la mejora continua de la Cultura de Seguridad en las instalaciones nucleares en España. Desde 2010 Enresa trabaja para impulsar y reforzar la cultura de seguridad de la organización.

## 33

COMUNICACIÓN

### El clima cambia, ¿cómo lo cuento?

El cambio climático se ha consolidado en la agenda social y mediática como un asunto de interés público conectado e interrelacionado con otras crisis. Los profesionales de la comunicación cuentan con herramientas como el IV Informe del Observatorio de la Comunicación del Cambio Climático para mejorar el tratamiento de estas informaciones.



## 22

ENTREVISTA

### Berta Rubio, física experimental y presidenta del consejo científico NUNSTAR

El pasado mayo el Consejo de NUNSTAR (NUclear STructure, Astrophysics and Reactions) eligió como presidenta a la española Berta Rubio Barroso, física experimental del Instituto de Física Corpuscular (IFIC), centro mixto CSIC-Universitat de Valencia, del que, además, es subdirectora.



## 27

ENTORNO

### Desarrollo local, económico y social de Garoña

Enresa contribuye al desarrollo de los municipios del entorno de la central nuclear a través de la cofinanciación de proyectos que generan impacto positivo. En concreto, desde el año 2016 Enresa ha colaborado en el desarrollo de 41 proyectos en 11 municipios, con una inversión máxima superior a tres millones de euros.

## 38

AGP

### Los criterios de selección de un AGP y su aplicación en Finlandia

Iniciamos esta serie sobre proyectos de construcción de un almacenamiento geológico profundo con Finlandia, en línea con los trabajos expuestos por representantes de distintos países en el Seminario del AGP celebrado en Madrid en noviembre de 2022, que iremos desarrollando a lo largo de los próximos números de Estratos.

## 44

SOSTENIBILIDAD

### El viaje del pescado a la mesa

El 82,5% del pescado desembarcado en los puertos de todo el mundo en 2022 procedía de poblaciones pesqueras biológicamente sostenibles y casi el 67% de los desembarcos de las especies más consumidas se capturaron dentro de los niveles de rendimiento máximo sostenible. Todo gracias a un proceso para mejorar la sostenibilidad del océano mediante aplicaciones de alta tecnología e inteligencia artificial.

## 56

TECNOLOGÍA

### La impresión en tres dimensiones

El sector de la impresión 3D ya está implantado en diversos sectores y tiene una tasa de crecimiento anual del 22% debido a los beneficios potenciales y a las décadas de investigación e innovaciones que se le han dedicado en todo el mundo. Se calcula que en 2025 será un mercado con un valor de mil millones de euros. ¿Estamos ante la próxima revolución industrial?

## 50

DIVULGACIÓN

### El Sexto Sentido. Una exposición sobre protección radiológica

La Sociedad Española de Protección Radiológica y Enresa se han unido para crear la nueva exposición en la Instalación nuclear Vandellós 1, que alberga, desde el pasado mes de octubre, un espacio dedicado a los instrumentos que han servido para detectar, medir y controlar las radiaciones ionizantes a lo largo de la historia.



## Enresa asume la titularidad de la central nuclear de Garoña

El pasado 19 de julio Enresa asumió la titularidad de la central nuclear Santa María de Garoña (Burgos) para acometer la primera fase de su desmantelamiento. El proyecto supone “un gran reto” para la empresa pública para el que “estamos preparados”, según manifestó el presidente de Enresa, José Luis Navarro, tras la firma ante notario de la transferencia de titularidad de la central a Enresa por parte de Nuclenor. Según Navarro, “contamos con los medios técnicos y con un gran equipo humano para afrontar este desmantelamiento”, y añadió que tanto la experiencia de Enresa, como las amplias capacidades que ofrecen las empresas del sector nuclear español “permiten asumir este proyecto con garantías.”

La transferencia de titularidad de la instalación de Nuclenor a Enresa culmina un proceso administrativo de licenciamiento iniciado en 2020 y permite comenzar con la primera fase del proyecto, que tiene una duración prevista de tres años. Sus actividades principales serán el desmontaje de los sistemas, estructuras y componentes del Edificio de Turbina y su acondicionamiento como nuevo Edificio Auxiliar de Desmantelamiento (EAD). Simultáneamente, se realizará la evacuación del combustible gastado desde la piscina hasta el Almacén Temporal Individualizado (ATI) de la central.

“Desmantelar las instalaciones nucleares que han cesado su actividad forma parte del servicio público esencial que Enresa presta a la sociedad española”, subrayó Navarro, asegurando que se hará con “profesionalidad, rigor, seguridad y transparencia”. Para ello, el presidente de Enresa destacó el equipo con el que contará el proyecto, que está formado por más de 30 personas

de Enresa y unas 70 de Nuclenor, a las que se unirá el personal de otras empresas especializadas. En total, durante la primera fase del desmantelamiento, se alcanzarán los 350 empleos directos.

Para facilitar la participación de las empresas del entorno en las licitaciones necesarias para el desmantelamiento, Enresa viene colaborando con la Confederación de Asociaciones Empresariales de Burgos (FAE), para proporcionar información a las empresas interesadas. Así, en 2021 FAE y Enresa organizaron un evento informativo. Además, Enresa ha informado anualmente de las licitaciones previstas.

En la segunda fase, para la que Enresa ha de obtener una nueva autorización, se culminará el proyecto con actividades como el desmantelamiento final de los edificios de carácter radiológico, así como los trabajos de descontaminación, desclasificación y demolición, hasta finalizar con la restauración del emplazamiento.

El plazo estimado es de diez años, tres para la primera fase y siete para la segunda, aunque esta planificación puede experimentar variaciones.

Navarro aludió también al coste total del proyecto de desmantelamiento, estimado en 475 millones de euros, y quiso poner de manifiesto el compromiso de Enresa con los entornos en los que desarrolla su actividad. En este sentido, ha destacado que Enresa colabora con los municipios más próximos a la central tanto con asignaciones directas establecidas por orden ministerial como con la cofinanciación de proyectos de desarrollo local, destinados a generar actividad económica. En concreto, “desde 2016 hemos ayudado a 11 municipios de Burgos y Álava en el

C.N. Santa María de Garoña.



desarrollo de más de 42 proyectos, que han permitido la creación de 95 empleos y han beneficiado a 4.911 personas”.

José Luis Navarro estuvo acompañado por el director de Operaciones de Enresa, Manuel Rodríguez, y por el director del desmantelamiento de Garoña, Manuel Ondaro, a los que presentó y detalló su experiencia en proyectos similares.

Otro de los aspectos destacados por Navarro fue el de la transparencia: “proporcionaremos información constante de la evolución del proyecto, tanto a las instituciones como a la sociedad en general”, ha explicado, y ha añadido que “invitaremos a los medios de comunicación del entorno a visitar la instalación con motivo de los hitos más significativos o cuando lo soliciten”. Además, ha anunciado la creación en la central de un nuevo centro de información, entre otras acciones destinadas a una óptima divulgación del proyecto que ahora inicia Enresa.

## Amplia participación de Enresa en la 48ª Reunión Anual de la Sociedad Nuclear Española

Entre el 4 y el 6 de octubre varios técnicos de Enresa participaron en la edición número 48 de la Reunión Anual de Sociedad Nuclear Española. El lugar elegido en esta ocasión fue la ciudad de Toledo, en el Palacio de Congresos “El Greco”.

Emilio García Neri, del Departamento de Cooperación Internacional e I+D; Diego Espejo, del Departamento de Gestión de Emplazamientos, e Inmaculada Gómez y Francisco Castillejo del Servicio de Salud Laboral, participaron en sesiones relacionadas con desmantelamiento y gestión de residuos radiactivos, protección radiológica y medicina nuclear, respectivamente. Por otro lado, José Campos, director del Desmantelamiento de José Cabrera y Óscar González, director Técnico del Proyecto de Desmantelamiento de Santa María de Garoña, presidieron sendas mesas técnicas dentro de la temática de desmantelamiento y protección radiológica. Además, Enresa tiene representantes en el Comité Organizador de la Reunión. El presiden-



El presidente de Enresa, José Luis Navarro, en la 48ª Reunión Anual de la SNE.

te de Enresa, José Luis Navarro, estuvo presente en diferentes momentos de la cita.

Esta edición de la Reunión Anual de la Sociedad Nuclear Española ha congregado en Toledo a 700 profesionales de sector.

### Talleres STEM

Durante los días previos a la Reunión se desarrollan unos Talleres

Stem (Science, Technology, Engineering and Mathematics), dirigidos a alumnos de últimos cursos de Secundaria. Se celebraron en el campus tecnológico de la Fábrica de Armas de la Universidad de Castilla-La Mancha, y Enresa participó con su taller “Explora El Cabril”, donde los estudiantes conocen qué es Enresa, qué son y cómo se clasifican los residuos radiactivos, así como su gestión en El Cabril.



## Avances en el Plan de Restauración de Zorita

Durante el pasado verano se han realizado los trabajos de relleno del hueco dejado por el Edificio de Contención de la central nuclear José Cabrera.

Finalmente, se han empleado 9.500 m<sup>3</sup> de suelo seleccionado, lo que ha supuesto la descarga de 850 camiones. Durante el proceso, se realizaron los correspondientes ensayos de humedad, densidad y grado de compactación del suelo, con resultados satisfactorios.

## Presencia española en la 67ª Reunión de la Conferencia General del OIEA

Del 25 al 29 de septiembre de 2023 Enresa participó en la 67ª reunión ordinaria de la Conferencia General del OIEA que se celebró en el Centro Internacional de Viena (CIV), Austria.

Enresa estuvo representada en la conferencia internacional por el jefe del Departamento de Cooperación Internacional e I+D, Joaquín Farias.

En esta conferencia, que tiene carácter anual, funcionarios de alto rango y representantes de los Estados miembros del Organismo examinan y debaten cuestiones de la actualidad del sector.

Se invita a los Estados miembros y a las organizaciones acreditadas que lo deseen, a participar con exposiciones, que normalmente se organizan como evento paralelo de la conferencia general. Por ello, Enresa ofreció información sobre sus actividades en un stand conjunto con otras empresas públicas y otros países europeos en el Centro Internacional de Viena.

En total, participaron en la conferencia representantes de los 177 Estados miembros del OIEA. Durante la semana, los delegados han tratado diversos temas, desde el Informe Anual de 2022 y el presupuesto para 2024 hasta el fortalecimiento de las actividades relacionadas con la ciencia, la tecnología y las aplicaciones nucleares.



Los representantes de AMAC en la sede social de Enresa en Madrid.

## La nueva comisión directiva de AMAC se reúne con el presidente de Enresa en Madrid

Una veintena de representantes de la nueva comisión directiva de la Asociación de Municipios en Áreas de Centrales Nucleares (AMAC), encabezados por su presidente, Pedro Sánchez Yebra, visitaron el pasado martes, 24 de octubre, la sede social de Enresa en Madrid.

Durante la visita mantuvieron una reunión con el presidente de Enresa, José Luis Navarro, que agradeció la oportunidad de la jornada para poder explicar las principales actividades de Enresa a nuevos representantes municipales que se han incorporado recientemente a AMAC.

Navarro, hizo un repaso de cómo cumple Enresa con el servicio público esencial que tiene encomendado: la gestión de los residuos radiactivos y el desmantelamiento de centrales nucleares.

Además, reiteró a los representantes municipales la vocación de transparencia, accesibilidad e información continua que la empresa quiere seguir manteniendo con ellos.

Por su parte, el presidente de AMAC destacó la "relación fluida" que existe con Enresa puesto que comparten intereses comunes como el interés por "la información, la transparencia o la seguridad".

La reunión se enmarca en la continua relación que mantienen AMAC y Enresa para tratar asuntos de interés común. Ambas entidades firmaron un convenio el pasado mes de junio, con el objetivo de organizar de forma conjunta jornadas formativas e intercambio de experiencias en el ámbito de la gestión de los residuos radiactivos, que comenzará a desarrollarse en las próximas semanas.

## Así lo afirmó su presidente tras la inauguración de las 'XXI Jornadas de Instalaciones Radiactivas' Los residuos radiactivos de 'pequeños productores', el "ejemplo más claro de cercanía a la sociedad y del servicio público de Enresa"

Casi medio centenar de técnicos y responsables de la gestión de los residuos radiactivos generados en el ámbito hospitalario, industrial y de investigación de toda España, se reunieron el 6 y 7 de noviembre en Córdoba, en las 'XXI Jornadas de Instalaciones Radiactivas' que organiza Enresa. El objetivo de estas jornadas es intercambiar información y experiencias para optimizar los procesos de gestión de los residuos radiactivos que se generan en sus actividades. Según destacó en rueda de prensa el presidente de Enresa, José Luis Navarro, los 'pequeños productores' como se conoce coloquialmente a estas instalaciones radiactivas, son "el ejemplo más claro de cercanía a la sociedad en el cumplimiento del servicio público esencial que Enresa tiene encomendado".

El hotel Eurostar Conquistador alojó la primera de las dos jornadas del encuentro, en la que se analizaron diferentes aspectos relacionados con la gestión de estos residuos, desde la perspectiva tanto del gestor

como del productor. Las jornadas finalizaron el martes 7 con una visita al Centro de Almacenamiento de El Cabril, para conocer *in situ* cómo se gestionan los residuos radiactivos de muy baja, baja y media actividad. El Cabril "es y será una pieza clave" en la gestión de los residuos radiactivos en España, afirmó Navarro, adaptándose "como siempre lo ha hecho" a las necesidades de nuestra sociedad y permitiendo que estas aplicaciones "puedan seguir aportando sus avances de forma segura".

En la actualidad, explicó Navarro, Enresa mantiene contrato para la retirada de sus residuos radiactivos con 967 instalaciones radiactivas de las que el 52% pertenece a diferentes ámbitos industriales; algo más del 30% son de uso médico y cerca del 18% por ciento al campo de la investigación y la docencia.

Anualmente estas instalaciones generan, según la media de los últimos diez años, unos 15 m<sup>3</sup> de residuos radiactivos, que son gestionados, de acuerdo con sus características

radiológicas, por profesionales cualificados. Se trata de residuos heterogéneos que incluyen, entre otros, fuentes de radioterapia, materiales residuales del uso de radioisótopos en medicina nuclear y de todo tipo de investigaciones médicas o docentes; fuentes de control de procesos y medidas industriales; o equipos en cuya composición o que para su funcionamiento precisan de componentes radiactivos. En todo caso, son residuos de baja y media actividad que siguen un proceso reglamentado hasta que finalmente son gestionados en el C.A. El Cabril.

El jefe del Departamento de Logística de Enresa, Víctor Álvarez, detalló los contratos activos que tiene Enresa, destacando las que se encuentran en Andalucía. Según los datos de las recogidas de residuos realizadas en los dos últimos años, generó alrededor del 3,4 % de los residuos procedentes de instalaciones radiactivas retirados en toda España. Por procedencia, el 51% de los residuos retirados de Andalucía son de instalaciones industriales, más de un 46% de actividades de investigación y docencia, y cerca de un 4% de instalaciones médicas.

Casi la mitad de estos residuos radiactivos retirados en Andalucía proceden de instalaciones incluidas en el ámbito del Protocolo sobre Vigilancia Radiológica de Materiales Metálicos, que tiene como objetivo garantizar la vigilancia radiológica de los materiales metálicos y la gestión de los materiales radiactivos que sean detectados en empresas siderúrgicas o de recuperación, o que se puedan generar como consecuencia de un incidente.



Los asistentes a la jornada el pasado día 7 de noviembre en El Cabril.

# ENRESA RECUPERA CON ÉXITO SU CURSO DE VERANO DE LA UIMP EN SANTANDER

Un total de 65 asistentes, 33 ponentes, una ponencia inaugural, 7 mesas redondas, una visita técnica y mucho trabajo e intercambio de experiencias, son algunas de las cifras que deja el curso *Retos en la gestión de residuos radiactivos y el desmantelamiento de centrales nucleares*, organizado por Enresa en la Universidad Internacional Menéndez Pelayo, en Santander, durante el pasado mes de julio. Un gran evento en el que la activa participación y la buena acogida avalaron el acierto de la convocatoria.

TEXTO: DEPARTAMENTO DE COMUNICACIÓN DE ENRESA; FOTOS: ARCHIVO ENRESA



Palacio de la Magdalena, Santander.

El Palacio de la Magdalena de Santander se convirtió el pasado verano en centro de interés para hablar de residuos radiactivos. Durante los días 12, 13 y 14 de julio, en este emblemático lugar, Enresa organizó su curso *Retos en la gestión de residuos radiactivos y el desmantelamiento de centrales nucleares*, desarrollado dentro de los cursos de verano que programa cada año la Universidad Internacional Menéndez Pelayo. A orillas del Cantábrico, los asistentes abordaron de manera integral diferentes aspectos relacionados con la labor de Enresa. Profesionales del sector nuclear, estudiantes universitarios de último ciclo u otros colectivos interesados en el futuro de los residuos radiactivos y los desmantelamientos de centrales nucleares encontraron una oportunidad única para conocer de forma directa las últimas previsiones.

Inauguró el curso el presidente de Enresa, José Luis Navarro. Durante su intervención, Navarro aseguró que este curso constituía “un ejercicio de transparencia, responde a la voluntad de informar de nuestras actividades y permitir que podamos compartir experiencias, conocimientos y opiniones”. Además, explicaba que el programa del curso daba comienzo con una cuestión esencial como es la planificación. A este respecto, añadía que, cuando se diseñó el curso a comienzos de año, “pensábamos que estaría ya aprobado el 7º Plan General de Residuos Radiactivos”. Finalmente, “circunstancias imprevistas como el adelanto electoral lo han impedido”, por lo que la planificación que se expuso en el curso se remitió a la última versión revisada del plan que se publicó el pasado mes de noviembre.

Durante la conferencia inaugural, la directora de Planificación de Enresa, Josune Oca, expuso, coincidiendo con lo indicado por el presidente, que un aspecto clave en la gestión de residuos radiactivos y el desmantelamiento es la planificación. En este sentido, explicó, la legislación y los pasos necesarios para elaborar un Plan General de Residuos Radiactivos y se centró en los principales aspectos del mencionado 7º PGRR que se encuentra en tramitación.

La sesión centrada en la gestión de residuos de baja y media actividad estuvo moderada por Manuel Torralbo, rector de la Universidad de

UIMP  
Universidad  
Internacional  
Menéndez Pelayo



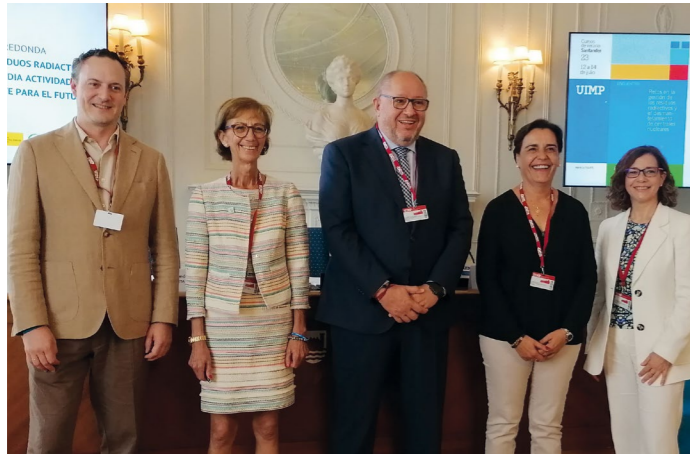
Cursos  
de verano  
Santander  
23



Cartel de la temporada 2023 de los cursos de verano de UIMP.

Córdoba, y tuvo como protagonista el Centro de Almacenamiento de El Cabril, la solución española para la gestión de residuos radiactivos de muy baja, baja y media actividad. Su moderno y seguro sistema de almacenamiento, su historia, su capacidad y sus planes de futuro fueron algunos de los aspectos destacados por los ponentes de Enresa. La visión se completó con una ponencia sobre el emplazamiento donde se ubica, un paisaje de gran valor natural y con la perspectiva de un generador de residuos, en este caso biomédicos, que ponen de manifiesto la importancia de esta instalación y el servicio público que cumple.

El presidente de Ensa, José David Gomila, moderó la mesa relativa a la gestión temporal del combustible gastado. Desde Enresa se expusieron las necesidades y desarrollo de los Almacenamientos Temporales Individualizados



Juan Ramón Pérez Valenzuela, María Teresa Macías, Manuel Torralbo, Eva No-guero e Inmaculada López en la mesa redonda "Gestión de RBMA. El Cabril, clave para el futuro".

(ATIs) con los que cuenta España, así como proyectos de nuevos almacenamientos en los que ya trabaja la empresa pública. Desarrollos que son posibles gracias al trabajo conjunto con otras empresas españolas como Enusa, que aporta su conocimiento sobre el comportamiento del combustible y Ensa, que permite disponer de contenedores adaptados a las distintas necesidades para gestionar estos materiales con seguridad.

Hay gestión temporal y también gestión definitiva del combustible gastado, el principal reto de futuro para España. En esta sesión, se conocieron los distintos grados de avance en cuanto a la solución definitiva para la gestión de residuos de alta actividad. Desde Francia (Andra) y Suecia (SKB) se presentaron los orígenes, pasos y situación actual que han ocurrido para poner en marcha un Almacenamiento Geológico Profundo en ambos países. También desde España se expuso el trabajo realizado hasta ahora relacionado con esta solución definitiva, sobre todo centrado en caracterización y búsqueda de emplazamientos y diseño genérico.

Tras conocer distintas soluciones para la gestión de los residuos radiactivos según su tipología, llegó el turno de abordar los desmantelamientos. Desde Enresa se aportó tanto la experiencia previa, que demuestra la viabilidad de estos procesos, como los detalles de nuevos proyectos como es el de Santa María de Garoña, en Burgos, proyecto que Enresa acaba de comenzar en



Josune Oca, directora de Planificación de Enresa en su ponencia "El Plan General de Residuos Radiactivos, una planificación a largo plazo".

su Fase 1. La sesión se completó con otras perspectivas muy importantes: la del regulador, que expuso los detalles del proceso de licenciamiento y la internacional, con el ejemplo de un proyecto similar al de Garoña que se está ejecutando en Suiza.

En la tarde del segundo día llegó el momento de abordar la importancia de la I+D en materia de gestión de residuos. Una mesa redonda moderada por el director de la Escuela de Minas de la Universidad Politécnica de Madrid, Javier Elorza, quien definió la investigación como "la mejor manera de optimizar tiempo y tareas" e instó a retomar los proyectos relacionados con el almacenamiento geológico profundo de combustible gastado y residuos de alta actividad, como los estudios hidrogeológicos de caracterización que se realizaron en los años 80 y 90. A partir de ahí, los participantes abordaron las grandes áreas de Plan de I+D de Enresa, centrándose en los logros conseguidos y destacando, en relación con el AGP, el proyecto FEBEX, un ensayo de las condiciones de la barrera de ingeniería y su modelización para estudiar su idoneidad a largo plazo. También se abordaron otros ensayos centrados en el estudio de la durabilidad del hormigón de los contenedores para residuos de baja y media actividad (RBMA) del C.A. El Cabril para mantener su integridad durante los 300 años de vigilancia y control del emplazamiento. Tras la sesión, los participantes se desplazaron desde el Palacio de la Magdalena a la fábrica de contenedores y componentes nucleares de Ensa en Maliaño.



Rafael Triviño, Javier Fernández, José David Gomila, Roberto González Villegas y Mariano Navarro en la mesa redonda "La gestión temporal del combustible gastado".



Thomas Patschka, Manuel Rodríguez Silva, José Ramón Torralbo, Esther García Tapias y Javier Zarzuela en la mesa redonda "El desmantelamiento, lecciones aprendidas y proyectos de futuro".



Nicolás Ferreiros, Eugenio Domínguez Vilches, Mariano Moreno y Pedro Sánchez Yebra en la mesa redonda "El papel de la sociedad en la gestión de RR y en desmantelamiento".



Hans Forsstrom, Paola Vilariño Salinas, Álvaro Rodríguez Beceiro y María Teresa López en la mesa redonda "La gestión definitiva del combustible gastado".



Javier Sánchez, Joaquín Fariás, Javier Elorza, Paloma Gómez y Miguel Ángel Cuñado en la mesa redonda "I+D en desmantelamiento y gestión de residuos".



Pasi Tuohimaa, Ana Castellanos, María García de la Fuente y Anne Brodu en la mesa redonda "El reto de comunicar las soluciones técnicas".



La directora general del CIEMAT, Yolanda Benito y el presidente de Enresa, José Luis Navarro, fueron los encargados de clausurar el encuentro.

La participación de la sociedad civil es un aspecto esencial en la toma de decisiones sobre gestión de residuos y desmantelamiento. Enresa organizó una mesa redonda para abordar su papel, moderada por el presidente de Enresa, Mariano Moreno, que preguntó por las claves para lograr implicación social y apoyo político en la puesta en marcha de una instalación nuclear. La mesa aunó la visión de la universidad, que planteó las bondades de la mediación como método de resolución de conflictos. Las aplicaciones de la medicina nuclear y la gestión de residuos radiactivos en los centros sanitarios, los mayores productores de residuos radiactivos tras la industria nuclear. Y, cómo no, se analizó la perspectiva de las instituciones locales con instalaciones nucleares en sus territorios, que reclamaron fluidez en la información sobre el funcionamiento de las instalaciones radiactivas y un papel activo en el proceso de búsqueda de emplazamiento del AGP.

Otro actor necesario en la aceptación social es la comunicación. María García de la Fuente, presidenta de la Asociación de Periodistas de Información Ambiental, moderó una mesa redonda centrada en analizar las mejores estrategias de comunicación para transmitir a la sociedad proyectos relacionados con la gestión de residuos radiactivos y el desmantelamiento de instalaciones nucleares y radiactivas. Así, tanto desde el punto de vista de las empresas, como de los medios de comunicación, se abordaron aspectos como la necesidad de captar la atención e implicar a la sociedad en la gestión de residuos como una responsabilidad compartida; mostrar con apertura y transparencia el día a día de las instalaciones y contar con la confianza del ciudadano a la hora de comunicar no sólo las soluciones técnicas, en ocasiones difíciles de entender para un público no especializado, sino sus objetivos y efectividad.

Tras tres días de interesantes sesiones, debate y reflexión, clausuraron este encuentro en Santander el presidente de Enresa, José Luis Navarro Ribera, y la directora del curso y directora General del CIEMAT, Yolanda Benito. Navarro enumeró varios temas trascendentales para Enresa: el desmantelamiento de Santa María de Garoña; la transparencia como eje transversal de todas nuestras actividades y, lo esencial de contar con un Plan General de Residuos que nos permita avanzar en proyectos complejos como el AGP. Por su parte, la directora general del CIEMAT repasó los retos en materia de gestión de residuos y desmantelamiento de instalaciones nucleares abordados durante estos tres días de encuentro y lanzó la idea de un cambio de prisma: el tratar estas tareas complejas, más que como retos como oportunidades: "la oportunidad de hacerlo bien, de crear y de innovar". ■

## Cultura de seguridad en instalaciones nucleares

**TEXTO:** ELENA VICO DEL CERRO, PRESIDENTA DEL EQUIPO DE CULTURA DE SEGURIDAD DE ENRESA; DAVID ABARCA AHIJADO, FERNANDO GONZÁLEZ GÓMEZ Y JESÚS IGLESIAS MORÁN, ÁREA DE GESTIÓN DE LA SEGURIDAD, TECNATOM

La Cultura de Seguridad tiene un impacto importante en la seguridad de una instalación o actividad del sector nuclear. Por eso, el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), siguiendo pautas establecidas por organismos internacionales (INPO, WANO, IAEA), emitió en 2008 la Instrucción IS-19 (en adelante, IS-19), sobre los requisitos del sistema de gestión de las instalaciones nucleares, que exige una evaluación y un plan para la mejora continua de la Cultura de Seguridad en las instalaciones nucleares en España. Desde 2010, Enresa trabaja en distintos planes de mejora para impulsar y reforzar la Cultura de Seguridad de la organización.

### ¿Qué se entiende por cultura? y, ¿por cultura organizativa?

Cultura hace referencia a "la forma en la que hacemos las cosas", y está asociada a las prácticas comunes, los valores y sentimientos, así como a las percepciones que experimentamos con los compor-

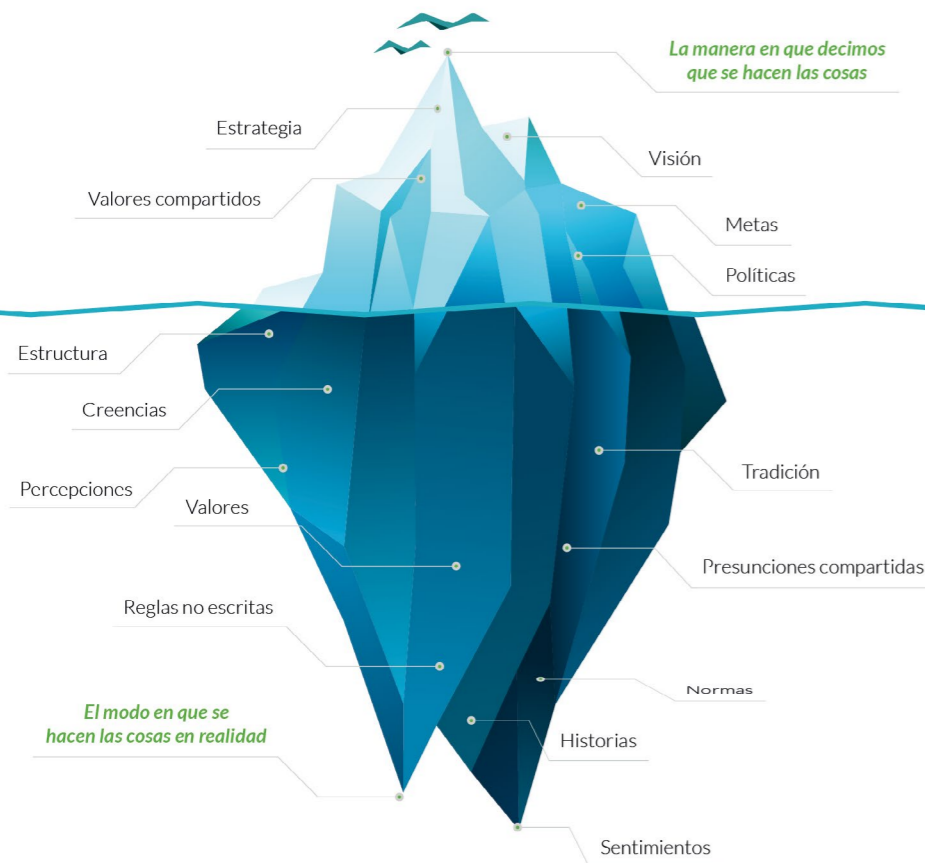
tamientos que elegimos adoptar en una determinada circunstancia. El concepto "cultura organizativa" o cultura de una organización es un concepto amplio que incluye todos los supuestos básicos, valores compartidos y creencias que guían la manera en la que los empleados de una organización se

comportan con los demás y abordan su trabajo.

Se puede comparar la cultura con un iceberg, donde tan solo 1/9 de todo su volumen es visible, mientras que el resto permanece sumergido, siendo esta parte la más importante.



CULTURA INSTITUCIONAL VISIBLE



CULTURA INSTITUCIONAL INVISIBLE

Analogía cultura-iceberg (basado en el diagrama de Torben Rick).

Continuando con el símil del iceberg, en la cultura se podrían diferenciar tres partes:

**Artefactos** –Lo que se ve, las estructuras organizativas visibles, los procesos, la forma de relacionarse de las personas de la organización (en un iceberg, su parte visible). Son fáciles de observar, son comportamientos observables, pero no se pueden sacar conclusiones reales de ellos, ya que lo que realmente importa no se ve. Son indicadores de causas más profundas.

**Valores declarados** – la manera de tratarse y dirigirse unos a otros. Los valores que dicen utilizar las personas de la organización: integridad, trabajo en equipo, orientación al cliente, calidad, etc. Igualmente son observables, pero de un modo más superficial, por lo que su interpretación no es sencilla.

**Supuestos básicos subyacentes y creencias compartidas** – valores y creencias profundas, normalmente inconscientes, son en realidad los responsables de que los individuos

se comporten de una manera u otra. Son difíciles de observar a primera vista y desde luego, son los más difíciles de cambiar ya que están interiorizados por los trabajadores tras años de refuerzo consciente o inconsciente por parte de la organización. Sin embargo, actuando sobre esos supuestos mediante cambios en la organización y sobre todo mediante el compromiso continuo de los líderes y personal directivo, se podrá cambiar la cultura y los comportamientos de los individuos de manera progresiva.

**¿Qué es la Cultura de Seguridad?**

La cultura de seguridad hace referencia a cómo nos relacionamos con la seguridad en una actividad específica. Existe una “cultura de seguridad sólida” cuando la seguridad constituye una prioridad en todas las tareas que realizan tanto la organización como los individuos que trabajan en ella, es decir, cuando la seguridad es lo primero en la toma de decisiones.

El término *Cultura de Seguridad* aparece por primera vez tras el accidente en la central nuclear de Chernobyl en 1986. Desde entonces se han postulado numerosas definiciones y modelos de *Cultura de Seguridad* en el sector nuclear. Si bien todas ellas incluyen la misma esencia, esto es la atención prioritaria a la seguridad, destacan por un lado el modelo propuesto por la industria nuclear representada por el Institute of Nuclear Power Operations (INPO) (ref. 1) y el World Association of Nuclear Operators (WANO) (ref. 2), y por otro el propuesto por el Organismo Internacional de Energía Atómica (IAEA) (refs. 3 y 4).

Durante tiempo ambos modelos han convivido, pero en los últimos años se ha venido realizando un tra-

ASPECTO

bajo de armonización de ambos, resultando en la siguiente definición:

“La cultura de seguridad nuclear se define como los valores y comportamientos fundamentales derivados del compromiso de los líderes y de-

más trabajadores por priorizar la seguridad frente a cualquier otro tipo de objetivo y así garantizar la protección de las personas y del medio ambiente”.

Para la industria nuclear comercial, la seguridad nuclear es la prioridad

absoluta. Bajo este enfoque el modelo propuesto se desarrolla en diez grupos de atributos que, de cumplirlos, se asegura una **Cultura de Seguridad** sólida. Estos atributos se centran en tres aspectos como son las personas, el liderazgo y los procesos (ref. 1).

ATRIBUTO

COMPROMISO INDIVIDUAL HACIA LA SEGURIDAD	<b>Rendición de cuentas individual</b>	Todas las personas asumen su responsabilidad en el ámbito de la seguridad
	<b>Actitud cuestionadora</b>	Las personas evitan la complacencia y continuamente cuestionan las actividades y condiciones existentes a fin de identificar discrepancias que puedan dar lugar a errores o acciones inadecuadas
	<b>Comunicación efectiva de los aspectos de seguridad</b>	La comunicación se centra en la seguridad
LIDERAZGO HACIA LA SEGURIDAD	<b>Acciones y valores de seguridad del liderazgo</b>	Las decisiones y comportamientos de los líderes demuestran su compromiso con la seguridad
	<b>Toma de decisiones</b>	Las decisiones que favorecen o afectan a la seguridad nuclear son sistemáticas, rigurosas y exhaustivas
	<b>Ambiente de trabajo respetuoso</b>	La confianza y el respeto están presentes en toda la organización
SISTEMAS Y PROCESOS DE GESTIÓN	<b>Aprendizaje continuo</b>	Se buscan y desarrollan las oportunidades de aprender nuevas formas de garantizar la seguridad
	<b>Identificación y resolución de problemas</b>	Cualquier aspecto que pueda afectar a la seguridad se identifica rápidamente, evalúa exhaustivamente, gestiona y corrige inmediatamente de acuerdo con su importancia
	<b>Entorno favorable a la comunicación de inquietudes</b>	Se mantiene un entorno de trabajo consciente de la importancia de la seguridad en el que las personas se sienten libres de plantear sus inquietudes en materia de seguridad sin miedo a las represalias, la intimidación, el acoso o la discriminación
	<b>Procesos de trabajo</b>	El proceso de planificación y control de las actividades de trabajo se implanta de una forma que permite mantener la seguridad

**La importancia de la Cultura de Seguridad**

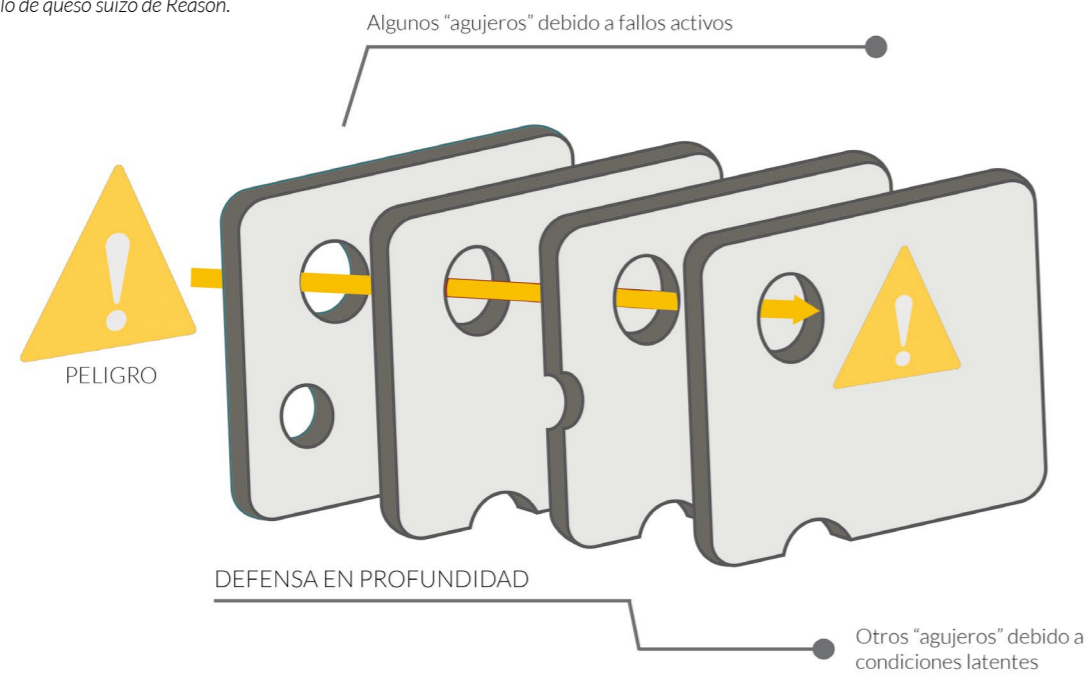
Los modelos de seguridad en la industria nuclear están basados en la defensa en profundidad o modelo de James Reason. Este modelo se compone de varias barreras sucesivas dispuestas entre el peligro y un objeto vulnerable, las cuales pueden ser técnicas, organizativas o humanas, de tal manera que, aunque una barrera falle, existen otras que evitan que un riesgo se haga realidad. Nada es perfecto, y una barrera tampoco lo es, siempre existe la posibilidad de que falle ante determinadas circunstancias o tras el paso del tiempo. Esto se representa en el modelo por medio de "agujeros" en cada una de las barreras. Si la organización permite que los fallos en las barreras persistan en el tiempo, estos "agujeros" pueden alinearse entre sí, lo que permitiría el paso del peligro hasta ocasionar los daños o pérdidas indeseados.

“ La Cultura de Seguridad busca determinar y evaluar las actitudes y comportamientos de los directivos y trabajadores de la organización que podrían erosionar o reducir su seguridad ”

Una organización con una **Cultura de Seguridad** sólida estará menos expuesta a sufrir accidentes o sucesos indeseados, debido a que sus individuos están habituados a detectar, corregir y/o evitar de manera proactiva cualquier degradación de

la seguridad y sus barreras. Por el contrario, cuando una organización posee una **Cultura de Seguridad** deficiente, es más vulnerable a sufrir accidentes o sucesos indeseados, ya que, por medio de los comportamientos no deseados o no alineados

El modelo de queso suizo de Reason.



con la **Cultura de Seguridad**, la fragilidad de las barreras de seguridad se puede ver aumentada.

Teniendo en cuenta la importancia de la **Cultura de Seguridad** y su contribución en la seguridad final de una organización y las actividades que realiza, es necesario incluir el concepto en su estrategia empresarial y de prevención. Por ello, el papel de los líderes y el personal directivo de la organización es fundamental a la hora de reforzar y modelar los comportamientos de los individuos para, poco a poco, alcanzar el nivel más elevado posible en la **Cultura de Seguridad**.

Parte de la estrategia de prevención y de fomento de una adecuada **Cultura de Seguridad** ha de ser su evaluación periódica. Las organizaciones nucleares realizan

una monitorización continua de su cultura por medio del seguimiento de diversos indicadores y observación de comportamientos, estableciendo procesos como la presencia de líderes en campo o el bajo umbral a la hora de reportar problemas. Además, la industria nuclear se exige a sí misma realizar autoevaluaciones y evaluaciones por un agente externo cada 3 a 6 años respectivamente de media. Dichas evaluaciones pueden además comparar las organizaciones nucleares entre sí, ofreciendo una visión de la situación real de la **Cultura de Seguridad** de una organización con respecto a las mejores prácticas de la industria. Fruto de la realización de evaluaciones a lo largo de más de 40 años de explotación de centrales nucleares, la industria nuclear (INPO y WANO) ha conseguido estable-

cer una serie de comportamientos que suelen estar presentes en las organizaciones nucleares con mayor éxito, allanando el camino para que otras organizaciones nucleares puedan evolucionar o mejorar su **Cultura de Seguridad**.

Es importante comprender que la evaluación de la cultura de la seguridad es diferente de la evaluación de la seguridad que tradicionalmente se realiza en las instalaciones nucleares. Mientras que la evaluación de la seguridad está dirigida a verificar y confirmar el cumplimiento de los requisitos establecidos en las normas, la evaluación de la cultura de la seguridad busca determinar y evaluar las actitudes y comportamientos de los directivos y trabajadores de la organización que podrían erosionar o reducir su seguridad.

# CULTURA de SEGURIDAD

## Aplicación de la Cultura de Seguridad en Enresa

De acuerdo con la IS-19 anteriormente mencionada, la *Cultura de Seguridad* se define como "conjunto de características y actitudes en las entidades y las personas que hace que, con carácter de máxima prioridad, las cuestiones de protección y seguridad reciban la atención que requiere su importancia", entendiéndose por "seguridad (seguridad nuclear y protección radiológica)" como la "consecución de las condiciones de explotación correctas, prevención de accidentes o mitigación de sus consecuencias, cuyo resultado es la protección de los trabajadores, del público y del medio ambiente frente a peligros indebidos causados por la radiación".

Enresa estableció en 2010 un equipo de trabajo para implantar los requisitos recogidos en esta instrucción en la organización y más concretamente en la instalación del Centro de Almacenamiento de El Cabril y el proyecto de desmantelamiento y clausura de la central nuclear José Cabrera, así como en las actividades de apoyo que se prestan desde la sede. Las

primeras actuaciones iban enfocadas a conocer la cultura organizativa existente en Enresa y la cultura ideal hacia la que trabajar para conseguir una sólida cultura de seguridad. Posteriormente, se definieron los principios de *Cultura de Seguridad* de Enresa (2011), en línea con la misión, visión y valores de la organización, y se formalizó un Equipo de *Cultura de Seguridad* y se elaboraron las Guías de Expectativas de comportamientos tanto para esas dos instalaciones como para los trabajadores de la sede (Madrid).

En base a los distintos ejercicios de autoevaluación y evaluación externa realizados en estos años, Enresa ha ido elaborando y aplicando distintos Planes de Mejora de la *Cultura de Seguridad*, estando en vigor el que cubre el periodo 2021-2024, que recientemente ha sido revisado para incluir el proyecto de desmantelamiento y clausura de la C.N. Santa María de Garoña, instalación que pasó a titularidad de Enresa en julio de 2023. Las actuaciones de mejora se centran en:

- Reforzar el modelo de liderazgo para la seguridad, realizando talleres y jornadas de formación de los líderes y personal directivo para fomentar su papel en la organización y fomentando los ejercicios de sus observaciones en campo para la mejora de los procesos y actividades en las instalaciones.
- Fomentar el uso de la herramienta "SIM", la aplicación informática elaborada por Enresa para la gestión de la mejora de la gestión integrada, realizando acciones formativas y revisando y mejorando los procedimientos y guías; y analizar el sistema de indicadores usados para la mejora continua de la cultura de seguridad.
- Mejorar la comunicación interna y el intercambio de experiencia operativa, manteniendo actuaciones periódicas de difusión e información a todo el personal, así como fomentar el intercambio de información entre las distintas instalaciones de la organización sobre temas comunes a todas.

Enresa en estos últimos 12 años ha avanzado paso a paso hacia una fuerte cultura de seguridad, mediante evaluaciones internas y externas, planes de acción y sobre todo compromiso de los trabajadores, colaboradores y personal directivo. Entre todos debemos seguir fortaleciendo la cultura de seguridad y buscando la mejora continua ante los nuevos retos que tenemos ante nosotros. ■



Portada de la guía editada en 2017.

### Referencias:

1. INPO 12-012, December 2012, "Traits of a Healthy Nuclear Safety Culture"
2. WANO Principles, PL 2013-01, May 2013, "Traits of a Healthy Nuclear Safety Culture"
3. GSR Part 2 de la Colección de Normas de Seguridad del OIEA, titulada "Liderazgo y gestión en pro de la seguridad", Organismo Internacional de Energía Atómica (IAEA), Viena 2017 (que sustituye a la norma GS-R-3 "Sistema de gestión de instalaciones y actividades" de 2011)
4. GSG-16 "Leadership, Management and Culture for Safety in Radioactive Waste Management", IAEA, Viena 2022.

# Berta Rubio

... FÍSICA EXPERIMENTAL Y PRESIDENTA DEL  
CONSEJO CIENTÍFICO NUSTAR ...

*“Aún no tenemos una teoría que explique el núcleo atómico  
y tardaremos 20 años en tenerla”*



TEXTO Y FOTOS: IGNACIO FERNÁNDEZ BAYO, PERIODISTA DE CIENCIA

En Darmstadt (Alemania), junto al Centro Helmholtz para la Investigación de Iones Pesados (GSI) se está construyendo FAIR, una instalación fundamental para el futuro de la física nuclear que contará con varios aceleradores de núcleos y antiprotones para hacerlos incidir en un blanco fijo y estudiar sus resultados. Una de los cuatro pilares o experimentos que allí se realizarán se denomina NUSTAR (de Nuclear Structure, Astrophysics and Reactions) y agrupa a 800 investigadores posdoctorales de 170 instituciones de diferentes países. El pasado mayo, el Consejo de esta comunidad eligió como presidenta a la española Berta Rubio Barroso (Madrid, 1955), física experimental del Instituto de Física Corpuscular (IFIC), centro mixto CSIC-Universitat de Valencia, del que, además, es subdirectora. Tiene una larga trayectoria en física nuclear experimental en instalaciones internacionales. Ha publicado más de 250 artículos científicos y dirigido 12 tesis doctorales en este campo y pertenece, o ha pertenecido, a numerosos comités científicos. Rubio estará en el cargo hasta 2026, un año antes de que, según las previsiones actuales, FAIR inicie sus experimentos. Se declara una apasionada de su trabajo, pero también encuentra huecos en horas inverosímiles para hacer deporte, cantar en un coro o estudiar chino.

## ¿Qué esperan encontrar en NUSTAR?

Es una instalación en la que se pueden acelerar núcleos de todos los elementos, desde los más ligeros hasta los más pesados para generar núcleos muy exóticos y estudiarlos. Será parecido al GSI, pero con una intensidad sin precedentes. Es decir, el número de partículas por segundo que se acelerarán aumentará por un factor de 100 e incluso de 1000. Acelerar estos iones con energías relativistas produce en la colisión una reacción que se llama de fragmentación, que es como romperlos en pedazos, que unas veces serán más parecidos a núcleos estables y otras serán muy distintos, con muchos más neutrones o muchos más protones, lejos de la estabilidad, y los estudiaremos haciendo una reacción secundaria con ellos o parándolos y viendo sus propiedades.

## El objetivo es estudiar el núcleo atómico, pero ¿no lo sabemos ya todo sobre el núcleo, que está formado por protones y neutrones, atados por la interacción fuerte?

Pues todavía hace falta saber mucho más, porque no hay una teoría que explique los núcleos atómicos. Curiosamente, hay una teoría muy buena para la física de partículas, lo que se llama el modelo estándar, y

también una teoría bastante exacta para el átomo. Pero cuando pones juntos los protones y los neutrones forman una pelota muy compacta y no sabemos cómo se sienten unos al lado de otros cuando se ponen juntos. No tenemos una teoría que lo explique y describa con la suficiente precisión como para calcular, por ejemplo, algo tan simple como qué masa tiene ese núcleo. Y hay cuestiones mucho más complejas. Los cálculos teóricos se aproximan, pero no son capaces de decir cuánto va a pesar un núcleo de plomo, por ejemplo, hasta que se mide.

## ¿No basta con saber el número de protones y de neutrones que hay y multiplicar por la masa de esas partículas?

Para nada.

## ¿Por el estado de energía?

Claro. Necesitas algo que haga que se atraigan mucho unos a otros y eso hace que tengan menos energía, que sea un estado más ligado. Es un poco complejo de entender, pero en definitiva quiere decir que pesa menos un núcleo con 50 neutrones y 50 protones, que esos mismos protones y neutrones sueltos y puestos en una balanza.

### ¿El problema es que no entendemos aún bien la interacción fuerte?

En parte es eso y en parte es un problema matemáticamente complejo de muchos cuerpos que sienten con una cierta fuerza a los que tienen cerca y menos a los que están más lejos, y que además se están moviendo y unas veces se acercan y otras se alejan. Y además hay que tener en cuenta la repulsión electromagnética entre los protones.

### ¿Sabemos ya por qué hay núcleos inestables?

Pues es también una cosa compleja. Se puede explicar desde el punto de vista energético. Un núcleo tiende a un estado de más baja energía, como una pelota que empujas por una escalera se va para abajo. Aprovechando que hay una forma de desintegración natural, que es la desintegración beta, un núcleo que tiene una cierta masa se desintegra para ir a su estado de más baja energía, que además significa convertirse en otro, hasta que llega a un estado estable.

### A medida que los elementos se hacen más pesados tienen mayor inestabilidad, ¿tiene que ver por tanto con el tamaño del núcleo y el número total de partículas?

Sí, efectivamente. Te he explicado lo que pasa, pero no el porqué. Y es que efectivamente tienes una fuerza atractiva entre protones y neutrones, pero luego tienes una fuerza repulsiva entre los protones, y tienes también tensión superficial. Es como una gota de agua, que no puede ser todo lo grande que uno quisiera. Si crece llega un momento en que se deshace. Y eso es lo que pasa también con los núcleos. No puedes hacerlos tan grandes como quieras, porque llega un momento en que, en la parte exterior, como no tienen tantos nucleones cerca, se separan y se van.

### Siempre ha habido una cierta rivalidad entre los físicos teóricos y los experimentales. ¿Quién hace avanzar la física?

Yo creo que eso depende muchísimo del campo. En el nuestro, el de la física nuclear, los experimentales vamos claramente por delante de los teóricos. No porque no tengamos teóricos buenos, que los tenemos buenísimos, sino porque la teoría para describir los núcleos es tan compleja que en general llega el experimento antes. Nosotros le decimos al teórico lo que encontramos y él intenta describirlo hasta que propone una explicación. De alguna manera nos apoyamos mucho unos en los otros, pero en física nuclear somos los experimentales los que ponemos las cuestiones sobre la mesa. Porque hasta ahora no

hay una teoría capaz de describir todos los núcleos. Se explican fenómenos puntuales, concretos, pero no el conjunto.

### ¿Sabemos, por ejemplo, por qué el uranio 235 es fisible y el 238 no?

Sí, siempre que se aborde con una teoría muy focalizada en describir un fenómeno concreto. Pero no es una teoría predictiva en general ni que se pueda aplicar a otro caso. Si una cuestión interesa se aborda y al final se describe y se puede explicar matemáticamente.

### ¿Cuándo podremos llegar a esa teoría general del núcleo?

Yo creo que eso es una de las grandes promesas de la física nuclear. Como decía antes, es un problema de muchos cuerpos interactuando y eso quiere decir que hace falta una potencia computacional muy grande, que antes era inalcanzable y ahora empieza a ser posible. Gracias a eso, ahora se intenta hacerlo empezando por lo más sencillo, un protón y un neutrón, para acabar explicando todos los núcleos, pero estamos todavía bastante lejos.

### ¿Cómo de lejos?

Pues yo creo que se puede conseguir en los próximos 20 años, por lo que veo que han avanzado los cálculos. Primero hasta llegar al carbono y ahora ya están llegando al calcio. Se ve un avance importante, pero aún queda mucho hasta llegar al uranio o a los superpesados. Se va haciendo camino, aunque pienso que nunca seremos lo suficientemente exactos como para que no haya que refinar los modelos.

### En NUSTAR colaboran unos 800 investigadores. ¿Trabajan todos en lo mismo o hay diferentes objetivos?

No, no tenemos marcado el mismo camino. Dentro de NUSTAR hay diez sub-experimentos y en mi grupo estamos interesados en uno que se llama DESPEC (por *Decay Spectroscopy*) y hemos hecho un par de detectores que se utilizarán allí. Buscamos las propiedades de los núcleos exóticos que se van a producir en FAIR. Es decir, una vez que produces algo exótico, muy alejado de la estabilidad, por ser muy rico en neutrones o en protones, detenerlo y ver cómo se desintegra. Estamos hablando de vidas medias del orden de milisegundos; cortas, pero lo bastante largas como para que cuando llegue al detector siga siendo el mismo núcleo y no se haya transformado en otro.

### Ustedes hacen investigación básica, pero puede tener impacto en otras áreas, como en astrofísica.

Sí, NUSTAR puede ayudar en el estudio de las reacciones de los núcleos más pesados, sobre todo el proceso de captura de neutrones rápidos y desintegración beta. Especialmente en escenarios estelares y en eventos muy violentos, como una supernova o una colisión de estrellas de neutrones, donde se generan núcleos muy exóticos, de vidas medias muy cortas, cuyas propiedades no conocemos. NUSTAR nos permitirá reproducirlos aquí en la Tierra.

### ¿Y puede aportar información valiosa para la gestión de residuos radiactivos?

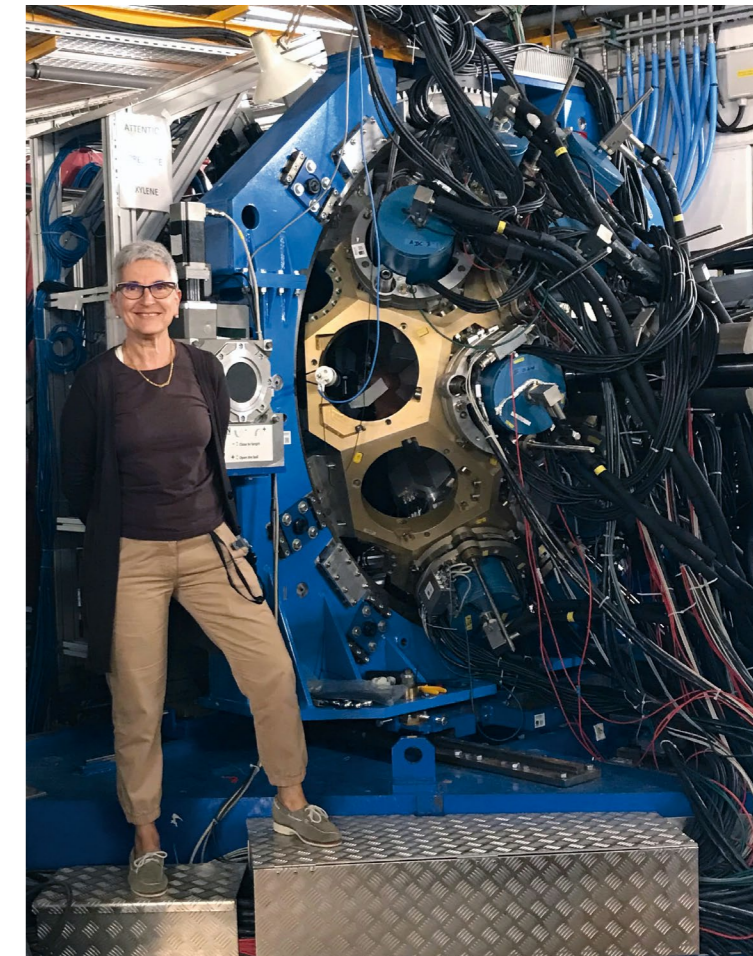
No creo que NUSTAR pueda aportar nada esencial a este tema, aunque en mi grupo del IFIC hemos desarrollado instrumentación nuclear avanzada que puede ser útil. Yo no estoy en ello, pero hay miembros del grupo que se han interesado por este tema y han tenido un contrato con Enresa y ahora están a punto de firmar otro.

### En el caso de la transmutación, que permitiría transformar residuos de alta actividad y larga vida en otros de baja o media actividad y de vida media mucho más corta, entiendo que es fundamental la física nuclear experimental.

Sí, tiene que ver. Lo que pasa es que FAIR no está enfocado hacia esta temática. Sí lo está otro proyecto de física nuclear que se está desarrollando en Bélgica y que se llama Myrrha. La idea es semejante, un acelerador de protones para impactar en los residuos y transmutarlos. Está basado en las ideas que propuso Carlo Rubbia, que se planteó instalarlo en España y ahora los belgas lo van a hacer. Es el ADS o *Accelerator Driven System*.

### También trabajan para entender el calor residual que se produce en una central nuclear.

Sí, y ahí vamos a seguir trabajando. Es un tema que puede ser de interés para las centrales nucleares. Parte de toda la energía que se produce en el reactor se debe al calor producido por la desintegración beta de los productos de fisión que se generan. Y parte de ese calor se sigue produciendo una vez que se apaga el reactor. Antes se pensaba que más o menos se entendía, pero cuando vas al detalle, el cálculo que se hace no corresponde con las mediciones, sino que hay más calor del previsto. Y eso tiene que ver con medir de manera correcta la energía que se produce en una desintegración beta, que en el caso de unos núcleos un tanto exóticos, no estaba bien medido. Es un tema



en el que nos hemos especializado y hemos ayudado a rectificar este error, que se produce por un efecto que llamamos Pandemónium, porque es como el triunfo del caos infernal. Nuestra intervención ha sido importante y todavía planeamos hacer nuevos experimentos para este tipo de cálculo del calor residual.

### ¿Lo han estudiado en centrales nucleares?

No, porque en un reactor de fisión se producen cientos de núcleos diferentes y es muy difícil saber los que están mal medidos. Lo que hacemos es determinar cuáles son los sospechosos, especialmente los elementos refractarios, que son muy difíciles de sacar de una fuente de iones y por eso era muy difícil estudiarlos por separado. Nosotros usamos un acelerador de iones que nos produce ese núcleo del que sospechamos, lo separamos de posibles contaminantes y estudiamos sus propiedades. Así demostramos que algunos sospechosos eran culpables y otros estaban bien medidos y no contribuían al problema. Mi grupo se ha enfocado mucho en eso, aunque yo personalmente no, y han estado investigando este tema con un grupo de trabajo del OIEA.

### ¿A qué atribuye su elección como presidenta de NUSTAR?

Creo que es un reconocimiento a mi trayectoria científica, porque llevo mucho tiempo trabajando en el GSI y en otros laboratorios, siempre he estado involucrada en este tipo de experimentos, he hecho mis propias propuestas, he participado en comités, etcétera. Y también por aspectos más personales, porque tiene que ser una persona razonable, que escuche a todo el mundo y que tome decisiones consensuadas... Creo que ha influido conocer bien a la comunidad por haber tratado con muchos de ellos.

### ¿Es usted es la primera mujer que preside NUSTAR?

Sí.

### ¿Y cuántos varones la han precedido?

Buena pregunta. Pues creo que han sido tres o cuatro.

### Dentro de esas 800 personas que participan, ¿qué proporción hay de mujeres?

Creo que como un 20%. Hay más mujeres en los países del sur, como suele pasar en física. Por alguna razón, entre portugueses, italianos, griegos, españoles y franceses la proporción femenina viene a ser un 30%, pero cuanto subes a Alemania es del 5 o 10%.

### ¿Y en el IFIC?

En el IFIC somos el 22%. No estamos como nos gustaría e intentamos apoyar en lo posible las carreras de nuestras investigadoras. Además, ahora, por primera vez, la dirección y la subdirección las ocupan mujeres. Y la coordinadora de la Subárea de Física de Partículas y Nuclear también es mujer y del IFIC.

### ¿Ha sentido alguna vez los efectos de la discriminación?

Yo personalmente, poco. Tengo que reconocerlo. Pero sí me he sentido en algunos momentos como una cosa exótica, que no me tomaban suficientemente en serio; que mi opinión no tenía la misma fuerza que la opinión masculina. Afortunadamente, esto es

rarísimo hoy en día, porque se ha puesto mucho énfasis en que haya mujeres en puestos de decisión. Ha sido un poco forzado, pero si no se fuerzan las cosas se mueven demasiado despacio. No recuerdo haber vuelto a tener esa sensación que tenía hace 20 años, por ejemplo.

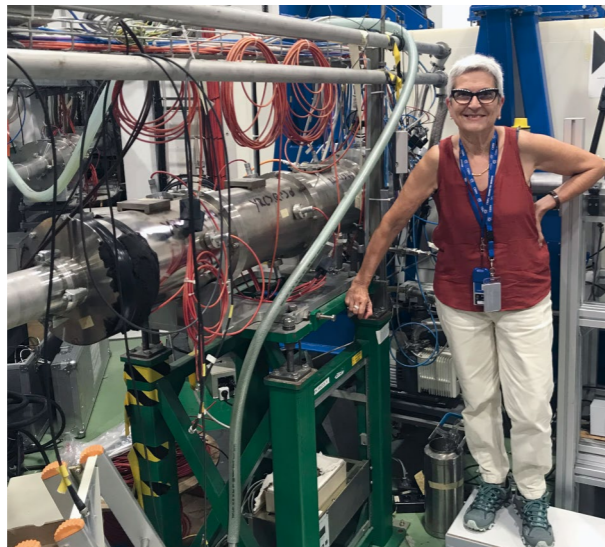
### ¿Cómo puede beneficiar su presidencia a la ciencia nuclear española?

Yo tengo una opinión excelente de la comunidad de físicos nucleares española. Hay grupos muy buenos y brillantes, con personas que tienen visibilidad inter-

nacional. Y esta presidencia puede ayudar de cara al interior. No porque pueda haber favoritismo en NUSTAR, porque estoy convencida de que una de las razones de que me hayan votado es que piensan que voy a juzgar objetivamente las propuestas, vengan de un grupo alemán o de uno español, sino por mejorar la reputación de la comunidad de física nuclear española dentro de nuestro país.

### ¿Siente que no están suficientemente apoyados por el la Administración?

Sobrevivimos, pero yo creo que se debería apoyar más la física nuclear. Por ejemplo, desde que empezó la idea de FAIR, en el 2000, estamos peleando para que España entré como miembro de pleno derecho o asociado al menos y hasta ahora no hemos conseguido nada. Hemos visitado el Ministerio muchas veces, hablado con los gestores de área nuclear y de partículas, con los secretarios de Estado de investigación de estos 20 años, explicando lo que hacemos e incluso sus aplicaciones, por ejemplo, en física médica. Todos nos han recibido con palabras muy amables y reconociendo nuestro trabajo, pero nadie ha firmado un solo papel. Yo ahí me siento poco apoyada, la verdad. Estar asociados costaría unos diez millones de euros, parte de los cuales ya está invertido, y sería en forma de contribución tecnológica. Ayudaría a consolidar nuestra comunidad, que somos ya muchas personas y llevamos muchos años trabajando. ■



RSC ENRESA

ENTORNO

## ENRESA IMPULSA EL DESARROLLO

# LOCAL, ECONÓMICO Y SOCIAL DE GAROÑA

TEXTO: CRISTINA LÓPEZ-QUERO

FOTOS: ANA MARTÍN AGUADO



Enresa asumía en el mes de julio la titularidad de la central nuclear de Santa María de Garoña (Burgos) para comenzar la primera fase de su desmantelamiento. Sin embargo, lleva presente en la comarca desde mucho antes, contribuyendo al desarrollo de los municipios del entorno a través de la cofinanciación de proyectos que impulsan y generan un impacto positivo económico y social. En concreto, desde el año 2016 se han puesto en marcha 41 proyectos en 11 municipios, con una inversión máxima superior a tres millones de euros.

Desde el año 1990, Enresa ha estado presente en los entornos en los que trabajaba a través de la extinguida Fundación Enresa, que servía como instrumento para mantener relación con los municipios de estas áreas y poder contribuir a su desarrollo.

Arriba, vista de los montes de Sobrón desde el Museo del Agua. Abajo, el castillo de la localidad de Frías.



Es en el año 2015 cuando se concreta, en la Orden Ministerial IET/458/2015, de 11 de marzo, la regulación de las asignaciones a los municipios del entorno de las instalaciones nucleares con cargo al Fondo para la financiación de las actividades del Plan General de Residuos Radiactivos (PGRR). Esto permite que Enresa pueda cofinanciar proyectos de desarrollo local solicitados por los ayuntamientos con el objetivo de lograr un impacto positivo en la economía y en la conservación y mejora del medio ambiente, además de favorecer la generación de empleo. En este sentido, actualmente pueden beneficiarse un total de 198 municipios de los entornos de las instalaciones nucleares.



José Luis Salbidea Martínez (alcalde de Lantarón) en los alrededores del Museo del Agua en Sobrón.

Desde entonces son ya 174 proyectos puestos en marcha en toda España, en los que Enresa ha podido colaborar con los ayuntamientos donde está presente, con el fin de mejorar el bienestar y la calidad de vida de sus habitantes. Estas iniciativas, que han supuesto una inversión superior a los nueve millones de euros, han impulsado la creación de más de 900 empleos y han beneficiado a cerca de 78.000 personas.

### Proyectos hechos realidad en Garoña

La central nuclear de Santa María de Garoña se encuentra situada junto al río Ebro, en el Valle de Tobalina (Burgos), a pocos kilómetros de Miranda de Ebro. Un precioso hábitat natural rodeado de pequeños municipios que, por numerosas cuestiones, suelen tender a la despoblación y necesitan un impulso económico y social.

Es aquí, donde la contribución social de Enresa juega un papel importante como motor para el desarrollo local, habiendo creado en el entorno de Garoña más de 90 empleos directos o indirectos y habiendo participado desde 2016 en la cofinanciación de 41 proyectos, con una inversión cercana a los dos millones de euros.

Dentro de este paisaje se encuentra el concejo de Sobrón, en la provincia de Álava y perteneciente al Ayuntamiento de Lantarón; ubicado en la orilla izquierda del río Ebro, en la entrada del pintoresco Valle de Tobalina, junto a la sierra de Arcena. En este paraje, Enresa, junto con el ayuntamiento, ha ayudado a poner en marcha la segunda vía ferrata de la localidad y su señalética, que consiste en un itinerario constituido por unos elementos de seguridad y otros de progresión que acercan a un gran número de personas a tener una experiencia única en la montaña.

Esta área recreativa cuenta con una zona especial de acogida de autocaravanas y caravanas para todos aquellos turistas que se acercan a Sobrón para disfrutar de sus recursos turísticos como son la primera vía ferrata del País Vasco, caminos para senderismo, un parque de aventura o el Museo interactivo del Agua, a pocos kilómetros de Añana. La totalidad del



Vista de los montes de Sobrón desde el Museo del Agua, próximo a Harri Gorri, segunda vía ferrata y continuación de La Cresta.



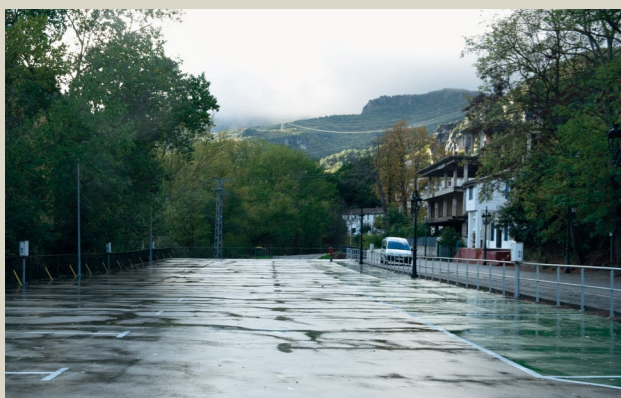
Arriba, detalle de la vía ferrata Harri Gorri. En la imagen inferior, Museo del Agua de Sobrón.

proyecto supone una inversión de casi 70.000 euros, de los que Enresa ha aportado cerca de 35.000 euros. Con ello, se ha habilitado un espacio en el que los vehículos, con pernocta de un tiempo máximo de 48 horas, puedan contar con servicios para vaciar sus depósitos de aguas grises y negras, llenar el depósito de agua potable o duchas y baños adaptados a personas con movilidad reducida.

consiste en la puesta en marcha de un *escape room* para ocio, y también en futuras actuaciones en el municipio.

En Lantarón, desde el comienzo de la cofinanciación en esta comarca en 2016, se han desarrollado dos proyectos y se está ejecutando un

El alcalde de Lantarón, José Luis Salbidea, comenta que esta actuación ha supuesto un aumento considerable del turismo de aventura "dado que han hecho uso de estas dos vías ferratas, durante el año 2022, aproximadamente siete mil personas, muchas de ellas llegadas con sus autocaravanas, pudiendo pernoctar en el mismo pueblo gracias al aparcamiento cofinanciado". También destaca que la relación con Enresa es "positiva y fluida" y agradece la "voluntad de seguir contando con su colaboración en el proyecto actual", que



Proyecto de cofinanciación del aparcamiento para caravanas de Sobrón.



tercero, con una inversión total hasta la fecha de más de 90.000 mil euros y con cerca de mil personas beneficiadas.

Seguimos el recorrido por estos valles y ya en la comarca de las Merindades, donde se emplaza el origen histórico de Castilla, junto al embalse de Sobrón, se encuentra Valle de Tobalina, enclavado en pleno Parque Natural de Montes Obarenes-San Zadornil.

Enresa viene cofinanciando en esta zona del Valle de Tobalina un proyecto para la adecuación del entorno del embarcadero como zona de entretenimiento con la habilitación de una playa, de un acceso al embalse para embarcaciones como canoas y kayaks y la rehabilitación de la zona



Vista del río Ebro desde el embarcadero construido en Valle de Tobalina.

de merendero, incluida la pasarela de acceso desde el embarcadero. Igualmente, se ha construido un

pequeño edificio que hace las funciones de cafetería, almacén y lugar de venta de entradas.



Edificio anexo al embarcadero del Valle de Tobalina, que recibe a los visitantes y actúa también como cafetería.



Detalle del muelle flotante del embarcadero.



Jesús Ángel López de Mendoza, alcalde de Valle de Tobalina, en el proyecto de cofinanciación del embarcadero, a orillas del río Ebro.

El alcalde, Jesús Ángel López, valora positivamente la generación de puestos de trabajo con la creación de este destino turístico único en el entorno y resalta que ha dado "un gran valor a un enclave singular". Para el alcalde, la adecuación del embarcadero está cumpliendo "su papel como motor de desarrollo" y adelanta que próximamente "se creará una ruta fluvial que se iniciará con la adquisición de un barco solar".

Esta actuación, que ha contado con una inversión de Enresa de más de 223.000 euros, está dirigida a promover un turismo activo, la naturaleza, la cultura, el deporte, el conocimiento del entorno y el respeto al medio ambiente, proporcionando a su vez empleo directo. Desde el ayuntamiento, Jesús Ángel López recalca que este proyecto iba a financiarse por medio de otros organismos y que "finalmente tuvo que ejecutarse con fondos propios del ayuntamiento, de tal forma que sin la cofinanciación de Enresa no hu-

biese sido posible su ejecución por su elevado coste".

Además de los dos proyectos relacionados con el embarcadero, ya han finalizado la adecuación de una residencia para la tercera edad y la construcción de un pabellón multifuncional, al tiempo que se están desarrollando otros dos re-

lacionados con la urbanización y equipamiento del citado pabellón y la edificación de naves en el parque empresarial de la localidad. Todas estas iniciativas en el Valle de Tobalina, que cuentan con una inversión máxima superior al millón de euros, supondrán la creación de 25 puestos de trabajo y un beneficio para más de 900 personas.

**41 PROYECTOS INICIADOS**

**EN 11 MUNICIPIOS**

**CERCA DE 5.000 PERSONAS BENEFICIADAS**

**INVERSIÓN MÁXIMA SUPERIOR A 3 MILLONES DE EUROS**

**PROYECTOS COFINANCIADOS EN GAROÑA DESDE 2016**

**DATOS 174 PROYECTOS INICIADOS**

**TOTALES 900 EMPLEOS Y 78.000 BENEFICIARIOS**

**DESDE 2016 MÁS DE 9 MILLONES DE EUROS INVERTIDOS**



## ENTORNO



Continuamos en Burgos, donde desde la época romana se ubica Frías, sobre el cerro de La Muela, cerca al río Ebro y lugar estratégico de paso al unir la costa cantábrica y la meseta. En este enclave, Enresa ha colaborado en la construcción de un pabellón de usos múltiples “que representa un avance significativo en el desarrollo en nuestra ciudad”, según explica el teniente alcalde Luis Molinuevo. Silvia Quintana, concejala de Cultura, Deporte y Bienestar Social coincide en que la colaboración con Enresa es “muy positiva ya que ha ayudado a dar visibilidad al pueblo” y significa la “mejora de muchos servicios para el ciudadano”.



Este pabellón, con una financiación aportada por Enresa de más de 170.000 euros, está destinado a albergar actividades productivas para el municipio como la realización de ferias hortícola y artesanal de productos locales o la celebración de distintos eventos y actividades como clases de gimnasia promovidos por asociaciones como la de “Mujeres Luna”, compuesta por amas de casa. “Es un beneficio lo que ha supuesto este pabellón para la ciudad, como la promoción de la cultura y el fomento del turismo en la región”, resalta Luis Molinuevo.

El pabellón ha favorecido también a los alumnos del colegio municipal de Frías, dado que no disponían de un edificio de deportes donde poder dar sus clases de educación física ni celebrar torneos cuando el tiempo no les permitía hacerlo al air libre en el patio.

Enresa como parte de su compromiso responsable, continúa en 2023 colaborando con estos municipios en la cofinanciación de 14 proyectos de desarrollo económico y social y seguirá colaborando para asegurar un futuro más próspero para los municipios de Garoña. ■

Tomás Pérez González, alcalde de Frías. Vista del castillo, de la calle Cuesta y del pabellón de usos múltiples que ha cofinanciado Enresa.



# EL CLIMA CAMBIA ¿Cómo lo cuento?

Se multiplican las iniciativas para mejorar la comunicación de la emergencia climática



TEXTO: JOSÉ MARÍA MONTERO. PERIODISTA AMBIENTAL

El pasado mes de febrero se presentaba el ‘IV Informe del Observatorio de la Comunicación del Cambio Climático’, documento en el que se constataba “cómo [en España] el cambio climático se ha consolidado en la agenda social y en la mediática como un asunto de interés público conectado e interrelacionado con otras crisis”, al mismo tiempo que se apreciaba “una mejora progresiva en la comunicación social

de este problema”. El informe, coordinado por especialistas de la Universidad Complutense y la Fundación Ecodes, se elaboró a partir del análisis de más de 2.000 muestras tomadas en diferentes medios de comunicación, lo que ha servido para actualizar el decálogo de recomendaciones que en 2018 se propuso a los profesionales de la comunicación para mejorar el tratamiento de estas informaciones.

El cambio climático, detalla el informe, “no sólo ganó presencia a lo largo de 2022, sino que incrementó su relevancia de acuerdo con diversos indicadores, como son el posicionamiento de la información en prensa y la mejora del tratamiento informativo”. En lo que se refiere a la radio y la televisión se aprecia un “ligero incremento en la duración y la frecuencia de emisión en las franjas horarias consideradas como *prime time*”. Todo parece indicar, pues, que los medios españoles prestan cada vez mayor atención a este fenómeno pero, al mismo tiempo, dada la trascendencia social del problema, es frecuente que el tratamiento del mismo no ayude en todos los casos a una correcta comprensión por parte de los receptores. Dicho de otra manera, no siempre la cantidad se corresponde con la calidad, y este déficit es el que tratan de combatir algunos colectivos con iniciativas como la del decálogo de recomendaciones, documento al que se han adherido ya 80 medios de comunicación de todo el país y más de una veintena de profesionales a título individual.

A pesar de estos números, todavía hay quien defiende que, desde el punto de vista informativo, las noticias relacionadas con el cambio climático son parte de una “moda” vinculada a lo “ecológicamente correcto”, una moda reciente que multiplica, de manera desmesurada, la presencia de estos contenidos en los medios de comunicación generalistas. Es obvio que esta afirmación no se corresponde con las evidencias científicas, cada vez más contundentes, que nos hablan de la emergencia climática y sus consecuencias, y quienes defienden este argumento también olvidan que la atención de la prensa a este problema no es que no

deje de crecer, es que ya ha cumplido varias décadas. Lo que ahora preocupa a algunos profesionales de la comunicación no es tanto el espacio, creciente, que ocupan estas informaciones, sino la manera de abordarlas, la forma de explicar un fenómeno complejo sin caer en el catastrofismo, la superficialidad o la desesperanza.



**Medio siglo de atención**

El 17 de octubre de 1976, hace nada menos que 47 años, el diario El País elegía este titular a dos columnas para advertir de una amenaza en ciernes: «El clima mundial va a cambiar». El origen del aviso se precisaba en un antetítulo no menos rotundo: «Provocado por



Portadas de periódicos de tirada nacional con grandes titulares dedicados a la emergencia climática.v

la contaminación de anhídrido carbónico». La manera en que se desarrollaba la información no difiere de la que hoy encontramos en las noticias dedicadas a este mismo asunto, de hecho en uno de los párrafos se reclamaba la “creación de un inventario de los índices de cambio climático, tales como extensión de las capas de hielo, tamaño de los glaciares y nivel del mar”, las mismas cuestiones que ahora nos preocupan y que sólo han cambiado en lo que se refiere al grado de incertidumbre, hoy infinitamente menor que hace medio siglo.

Visto lo acontecido desde entonces en el orden político y administrativo, es inevitable pensar que, en el mejor de los casos, hemos desperdiciado medio siglo, porque las acciones llevadas a cabo hasta ahora no se corresponden con la gravedad del problema y sus consecuencias a escala planetaria y, en particular, aquellas que ya se manifiestan en un territorio, la península ibérica, particularmente vulnerable a esta amenaza.

Uno de los elementos que más inquietan en esta peligrosa dejación es precisamente la manera en que deberían abordarse estas evidencias en los medios de comunicación. Seguimos ocupándonos de este fenómeno de manera compulsiva, la atención crece en caso de catástrofe (fenómenos meteorológicos extremos), reunión de alto nivel (cumbres climáticas) o tensión mediática (Thunberg vs. Trump), para decaer de inmediato hasta que aparezca un nuevo suceso, una mala estrategia cuando lo que se trata es de explicar un proceso, con sus causas y consecuencias, y no un suceso que se consume de manera superficial, descontextualizada.

*Las acciones llevadas a cabo hasta ahora no se corresponden con la gravedad del problema*



Es cierto que en la divulgación del cambio climático se han abierto espacios de información, se ha incorporado la voz de la ciencia, se ha pulido el discurso para facilitar una mejor comprensión, se ha conectado el problema a nuestro entorno inmediato, se han implicado en esta tarea de comunicación pública líderes de ámbitos muy diversos (desde la religión hasta el arte), pero hay que seguir trabajando en todos estos capítulos, insisten los especialistas, y sobre todo, es urgente un cambio en el lenguaje y en las narrativas, lo cual se traduce, también, en el uso de nuevos canales y soportes de difusión. De poco sirve predicar a los conversos cuando sigue existiendo un porcentaje notable de ciudadanos que poco o nada saben de esta cuestión, que no

les preocupa en absoluto, que no tienen acceso a información fiable o que, incluso, rechazan la propia existencia de la amenaza.

En el relato periodístico de este tema hay demasiados lugares comunes que provocan indiferencia, demasiados tópicos y generalizaciones con las que amplios sectores de la sociedad nunca se han identificado. Vivimos instalados en un peligroso abuso del catastrofismo, como estrategia para llamar la atención, y en un permanente requerimiento de compromiso a ciudadanos que apenas conocen la naturaleza del problema y su relación con el mismo. Sostiene Maxwell Boykoff, investigador de la Universidad de Colorado-Boulder y director del Observatorio de Medios y Cambio Climático,



y su reflexión es tan aguda como provocadora, que, “en ocasiones, al elegir términos como desafíos climáticos y crisis climática, puede que nuestros sinceros esfuerzos para facilitar el compromiso público con el cambio climático acaben construyendo más muros que puentes”.

Quizá sea el momento, por pura urgencia, de multiplicar los puentes, y en esta tarea de delicada ingeniería social el lenguaje resulta decisivo, tanto como la propia actitud, sincera, de diálogo (la suma de puntos de vista no necesariamente coincidentes), actitud que está muy presente en los movimientos sociales más jóvenes, pero que se enreda y se espesa en otros actores tan bienintencionados como desactualizados.

Para avanzar en la búsqueda de nuevas narrativas se han multiplicado en pocos años las iniciativas profesionales que buscan mejorar la comunicación del cambio climático, para lo que se han hecho necesarios, primero, varios

diagnósticos de situación (como el que se presentó en febrero), y, a partir de esos análisis, comenzar a elaborar materiales formativos que sirvieran de orientación a los comunicadores y a las empresas periodísticas.



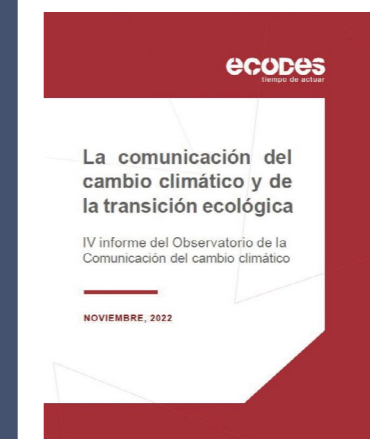
## LAS CLAVES DEL DECÁLOGO

El decálogo que ha distribuido el Observatorio de la Comunicación del Cambio Climático destaca algunas ideas que resultan obvias pero que, aún así, debe insistirse en ellas porque su olvido debilita la calidad de las informaciones. Por ejemplo, hay que perseverar en la necesidad de un periodismo crítico e independiente, en la puesta en valor de la investigación científica, en la difusión de soluciones y de iniciativas lideradas por la ciudadanía o en la mejora en la comprensión de términos y conceptos especializados. También señala el valor que tienen aquellos trabajos periodísticos que revelan la conexión del problema con el presente y con nuestro entorno inmediato, doméstico, y el vínculo que mantiene con los fenómenos meteorológicos extremos.

Asimismo, habría que abandonar la “falsa simetría” que coloca a científicos solventes en igualdad de condiciones con fuentes poco fiables, de manera que pueda desvelarse “el negacionismo en el discurso económico, político o publicitario, y alertar sobre el derrotismo como nueva forma de negacionismo”. Este posicionamiento, en resumen, obliga a “desmentir las noticias falsas”, particularmente abundantes, y peligrosas, en lo que se refiere a la emergencia climática.

Debe evitarse el abuso de los sucesos, como principal material prima de la información ambiental, y la constante atribución de responsabilidades desproporcionadas a los ciudadanos, diluyendo así los deberes de las diferentes

administraciones, empresas u organismos internacionales. Es recomendable escapar de los tópicos que, por ejemplo, sitúan el problema del cambio climático como una amenaza para el planeta y, así, sirven para justificar el uso de ejemplos donde las víctimas son siempre determinados ecosistemas, especies animales o espacios naturales sobresalientes (muchos de ellos alejados de nuestro entorno inmediato). Hay que poner el acento en el impacto que



El Observatorio de la Comunicación del Cambio Climático publicó su último informe en 2022.

ya están sufriendo determinadas comunidades humanas, al igual que debe destacarse el vínculo de esta alteración con la salud, la economía y, en general, con nuestras condiciones de vida, particularmente vulnerables en el caso de los más desfavorecidos.

La naturaleza no debería usarse como sobresaliente espejo de la catástrofe, sino más bien como escape a ese supuesto callejón sin salida. Habría que insistir en lo que la naturaleza puede hacer por

nosotros, por nuestra propia supervivencia como especie, soluciones basadas en la naturaleza, recursos que nos ayudan a relativizar el tecnooptimismo, otra de las trampas con las que se seduce a los comunicadores para que tejan mensajes tranquilizadores.

La inacción climática, y esta evidencia es especialmente comprometida, nos empuja a un escenario de sufrimiento. El cambio climático va a originar una dolorosa crisis humanitaria en multitud de territorios, algunos de ellos a escasos kilómetros de casa. Si no somos capaces de manejar la empatía como una virtud indispensable en cualquier comunicador, si miramos para otro lado convencidos de que las inundaciones, las olas de calor, las sequías o las enfermedades emergentes sabrán discriminar nuestro lugar de nacimiento o el saldo de nuestra cuenta corriente, haremos una lectura equivocada del problema, hurtando a los ciudadanos factores clave para entender la trascendencia de esta amenaza.

En definitiva, la lucha contra el cambio climático solo tiene sentido (dada la magnitud del fenómeno y la urgencia en la toma de decisiones) si a ella se suman personas, informadas, de toda condición, y en este esfuerzo se necesita de un nuevo lenguaje, un discurso actualizado y plural, el diseño, colaborativo, de una comunicación, creativa, de precisión, adaptada, como sostiene Boykoff, al contexto y a las señas de identidad de las audiencias, de todas las audiencias. ■

# LOS CRITERIOS DE SELECCIÓN DE EMPLAZAMIENTO PARA EL AGP Y SU APLICACIÓN EN FINLANDIA

Serie "Criterios de selección de emplazamiento para el AGP en Europa"

Vista de uno de los túneles de ONKALO, el AGP finlandés.

**TEXTO:** NURIA PRIETO SERRANO  
DEPARTAMENTO DE COORDINACIÓN INTERNACIONAL E I+D, DIRECCIÓN TÉCNICA, ENRESA

**FOTOS:** TAPANI KARJANLAHTI / TVO

Iniciamos esta serie con Finlandia, de acuerdo con los trabajos expuestos por representantes de distintos países en el Seminario del AGP celebrado en Madrid en noviembre de 2022, que iremos desarrollando a lo largo de los próximos números de Estratos.

Si la selección de emplazamiento de cualquier instalación nuclear es un proceso difícil, en el que han de conjugarse consideraciones de tipo económico, sociopolítico o ambiental, el caso del AGP resulta especialmente complejo, siendo el medio físico aún más determinante que en otras instalaciones, dado que la roca hospedante va a desempeñar un papel decisivo en las funciones de contención y aislamiento que se esperan de la instalación. El proceso de selección de emplazamiento ha de apoyarse en un estudio riguroso de la configuración geológica propia del país, añadiéndose a la consideración de criterios de otro tipo y a un amplio consenso social. Dada la variedad de modelos posibles y al hecho de que cada país está condicionado por su geología, es harto difícil establecer criterios geológicos de selección de emplazamiento universales.

De ahí la prudencia con la que los organismos internacionales emiten normativa sobre las características geológicas que deben cumplirse en estos emplazamientos. El OIEA señala en el SSG-14 (*Specific Safety Guides*) sobre instalaciones tipo AGP, que el operador debe desarrollar "Los criterios geocientíficos clave (...) para decidir la idoneidad potencial de un emplazamiento, de acuerdo con los requisitos regulatorios nacionales". Tales criterios, señala este documento, "podrían incluir requisitos o preferencias para la roca hospedante y la geosfera circundante, por ejemplo, el entorno tectónico, las características de la roca y las propiedades del agua subterránea. A partir de estos criterios, se debe establecer una guía de selección para la elección de áreas y rocas hospedantes adecuadas y, posteriormente, para la selección del o los sitio(s) preferido(s)". Por otra parte, a medida que mejora el conocimiento sobre una potencial roca hospedante, los criterios o cualquier límite establecido en ellos pueden cambiar durante el proceso de ubicación.

Es claro que para acometer la selección de emplazamiento de un AGP se deberían fijar condiciones pre-

vias sobre la aptitud de su roca hospedante. A partir de ahí, se plantean diversas cuestiones: qué grado de detalle han de tener esas condiciones o criterios geológicos, qué organismos deberían definirlos o cómo deberían conjugarse, en el proceso de selección, con otros criterios de tipo ambiental, económico o sociopolítico. En los países más avanzados en sus proyectos de nuestro entorno observamos aproximaciones diferentes. Este es el primero de una serie de artículos en que se describirá la adopción y aplicación de criterios de selección de emplazamiento en países europeos. Nos centramos a continuación en Finlandia.

## La selección de Olkiluoto

Es sabido que Finlandia es el país más avanzado del mundo en el licenciamiento de un AGP, con un centro en Olkiluoto, en la isla de Eurajoki, a unos 400 metros de profundidad. La licencia de construcción del repositorio y una planta de encapsulado fue solicitada en 2012 y concedida en 2015. En diciembre de 2021 Posiva presentó la solicitud de licencia de operación de ambas instalaciones ante su autoridad ministerial. En 2022 comenzó la construcción de un túnel de almacenamiento piloto que aportará evidencias en la obtención de la licencia de operación. Se prevé la construcción de nuevos túneles al tiempo que se inicie la operación de los primeros construidos. Se espera comenzar la operación en el año 2024.

Ya en la década de 1970 comenzó a investigarse el AGP y su posible localización. Entre los años 1980 y 1982 (las fechas coinciden con el principio de la operación comercial de los reactores de Loviisa 2 y Olkiluoto 2) se realizaron estudios geológicos genéricos sobre la aptitud de la roca en Finlandia para el almacenamiento final de combustible gastado. De 1983 data el plan general de gestión de residuos radiactivos con cronogramas que marcó el inicio de la búsqueda de emplazamiento.

Inicialmente se seleccionaron 327 bloques regionales, es decir, amplias áreas de unos 100-200 km<sup>2</sup>, a partir de la interpretación de fotografías por satélite y mapas geológicos y geofísicos. Estos se evaluaron aplicando dos tipos de criterios: criterios de exclusión (en función de la presencia de aguas subterráneas, densidad de la población y áreas nacionales

Instalaciones de Posiva en Olkiluoto, en la isla de Eurajoki.



ambientalmente protegidas) y criterios de favorabilidad, relacionados con las infraestructuras de transporte. La cuestión del transporte fue muy considerada debido a que amplias áreas de Finlandia están escasamente pobladas y disponen de pocas carrete-

ras y conexiones en tren; también se consideraron factores como la presencia de puentes adecuados. La aplicación de estos criterios permitió reducir los bloques regionales de 327 a 162.

A lo largo de 1984, los 162 bloques regionales fueron objeto de estudios geológicos, esta vez no solo a partir de fotografías en satélite, sino también en comprobaciones de campo, lo que redujo la lista a 61 bloques regionales. Estos se fragmentaron en 134 áreas de investigación más pequeñas (5 a 10 km<sup>2</sup>) identificándose las zonas de fracturación de las distintas formaciones. De estas áreas se estudiaron sus características geológicas y otros factores como la densidad de población, sistema de propiedad y red de transportes, reduciéndose la lista a 101 áreas de investigación potencial.

En aquel momento, el operador nuclear TVO (Posiva no había sido creado aún) expresó su deseo de anunciar 5 a 7 áreas para realizar una caracterización preliminar del emplazamiento basándose en argumentos prácticos, como la receptividad de las poblaciones locales o el número de propietarios de terreno implicados (considerando que sería más sencillo trabajar en áreas que no estuvieran fragmentadas entre muchos propietarios). Este atajo no fue aprobado por el Ministerio de Comercio e Industria, que pidió que continuara el proceso según lo previsto.

De este modo, a lo largo de 1986, las 101 áreas de investigación potencial fueron objeto de evaluación ambiental (incluyendo factores socioeconómicos) por parte del Ministerio de Medio Ambiente, y evaluadas por TVO realizando estudios de campo, con la revisión del regulador finlandés, STUK. Como consecuencia, se redujeron primero a 85, y finalmente a 5 áreas después de organizar entrevistas con los municipios.



Fuente: The site selection process for a Spent Fuel Repository in Finland - summary report (Posiva, 2000).

En todas estas áreas TVO tenía indicios de una buena disposición de las comunidades locales para participar en el proceso de selección, si bien algunas eran más proclives que otras. Aunque eran distintas geológicamente, todas ellas presentaban formaciones favorables cristalinas de tipo ácido, habiéndose descartado las de tipo básico.

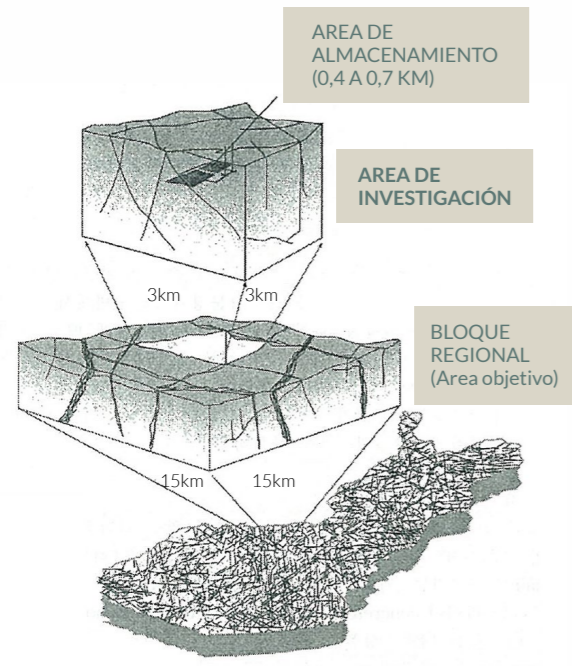
Hubo en paralelo reformas legislativas: la nueva Ley de Energía Nuclear de 1987 establecía el almacenamiento final como una opción entre varias, y creaba un fondo para la gestión de residuos radiactivos a cargo del Ministerio de Comercio e Industria.

En 1990, el Ministerio de Comercio e Industria solicitó a TVO que desarrollara un programa para investigar otras áreas de formaciones geológicas de tipo básico. TVO emitió el informe correspondiente en 1993, complementándolo en 1996 con un inventario de todas las formaciones básicas y su potencial para albergar el AGP.

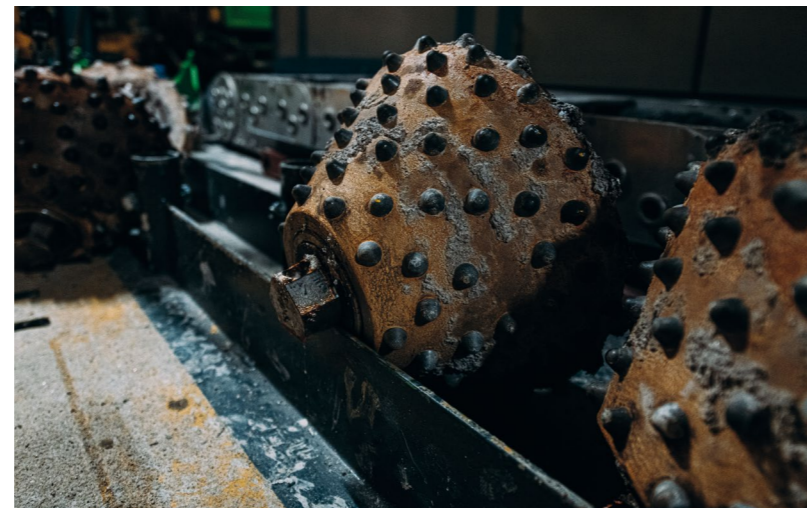
Con estas premisas, a lo largo de la década de 1990 se llevaron a cabo estudios de campo. Además de Olkiluoto en Eurajoki, se llevaron a cabo investigaciones en Kivetty en Äänekoski; Romuvaara en Kuhmo; y Hästholmen en Loviisa. No solo se realizaron estudios geológicos, sino también análisis del impacto socioeconómico en estas localidades, la logística que entrañaría el transporte y la infraestructura de las áreas.

REPRESENTACIÓN DEL PROCESO DE SELECCIÓN DE EMPLAZAMIENTO EN FINLANDIA, 1983-1987

Fuente: The site selection process for a Spent Fuel Repository in Finland - summary report (Posiva, 2000)



El AGP finlandés llamado ONKALO (pequeña cueva) cuenta con una combinación de pozos y un túnel de acceso.



Entretanto, entró en vigor la nueva Ley de Energía Nuclear de 1994 estableciendo la obligación de almacenar definitivamente los residuos radiactivos de origen nacional en Finlandia (ya no se trataba de una opción entre varias). La importación de residuos radiactivos desde otros países quedaba prohibida y se descartó la posibilidad de exportar el combustible gastado de Loviisa a Rusia, como preveían los planes iniciales de la central. Posiva Oy fue fundada al año siguiente con la encomienda de hacerse cargo del combustible gastado hasta su almacenamiento final, como *joint-venture* compuesto por los dos propietarios de las centrales. El desmantelamiento sería responsabilidad de cada operador nuclear. Por otra parte, el almacenamiento final de RBMA también sería responsabilidad directa de los dos operadores, y en consecuencia un centro de almacenamiento final para RBMA se encuentra en operación en Olkiluoto desde 1992, y otra instalación similar se encuentra operativa en Loviisa desde 1997.

Desde el punto de vista geológico, se consideró que las condiciones del macizo rocoso eran similares en las cuatro áreas seleccionadas y que la instalación hubiera podido ubicarse en cualquiera de ellas. En estas circunstancias, se prestó más atención a cuestiones socioeconómicas. Se consideró que el emplazamiento más adecuado sería aquel donde la población local fuera más proclive a aceptar la instalación, y en este sentido las localidades de Loviisa y Eurajoki presentaban claras ventajas, ya que las instalaciones nucleares eran parte integral de su economía local. De ellas, el emplazamiento de Olkiluoto en la localidad de Eurajoki presentaba una doble ventaja sobre Loviisa: el inventario de combustible gastado en almacenes temporales era mayor, lo que minimizaba el esfuerzo en transportes; y la opinión local era ligeramente más favorable al emplazamiento.

En la legislación escandinava, una Decisión en Principio es una determinación jurídicamente vinculante

de llevar a cabo una actividad sin que aún se hayan definido proyectos concretos. De acuerdo con la Ley de Energía Nuclear de 1994, se puede tomar una Decisión en Principio para desarrollar una instalación nuclear en un término municipal solo si el municipio está a favor de la instalación y si el proyecto se puede llevar a cabo de manera segura. Estos requisitos se cumplían para Olkiluoto, ya que se contaba con un informe favorable del regulador STUK. En mayo de 1999 Posiva solicitó al gobierno de Finlandia que tomara una Decisión en Principio sobre este posible emplazamiento. El consejo municipal de Eurajoki la aprobó en enero de 2000 por 20 votos a 7; el gobierno la admitió en diciembre y el Parlamento la ratificó en mayo de 2001 por amplísima mayoría.

Así las cosas, se encomendó a Posiva la realización de un examen más completo del macizo rocoso considerando las opciones de construir pozos, un túnel de ac-

ceso o su combinación para acceder a la profundidad requerida en la formación. Esto llevó a la decisión en 2004 de construir el AGP, llamado ONKALO (pequeña cueva), con una combinación de pozos y un túnel de acceso.

Como conclusión, puede afirmarse que estos tres elementos sintetizan el proceso de selección de emplazamiento en Finlandia: (1) La determinación política firme de desarrollar un AGP permitió que el proceso se realizara sin discontinuidades importantes desde 1983 hasta la decisión sobre Onkalo treinta años después; (2) En la selección final tan determinantes fueron los criterios geológicos como las consideraciones de tipo práctico y de aceptación local; y (3) Las instituciones relevantes se alinearon en la consecución del objetivo. Fue el operador, TVO y después Posiva, quien dirigió la búsqueda, sometida al control de la autoridad ministerial y del regulador nuclear STUK. ■

# El viaje del **pescado** A LA MESA

Un proceso de alta tecnología e  
inteligencia artificial para mejorar  
la sostenibilidad del océano

TEXTO: EVA GONZÁLEZ HERRERO

FOTOS: CEPESCA; EVA GONZÁLEZ HERRERO



El 82,5% del pescado desembarcado en los puertos de todo el mundo en 2022 procedía de poblaciones pesqueras biológicamente sostenibles y casi el 67% de los desembarcos de las diez especies más consumidas se capturaron dentro de los niveles de rendimiento máximo sostenible. Así lo constata el último informe 'El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022' de la FAO, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

La cifra muestra el esfuerzo que acomete una amplia mayoría del sector pesquero a nivel mundial y en particular en la Unión Europea, que ha desplegado en las últimas décadas un costoso plan en términos económicos y sociales para mejorar la sostenibilidad del océano y garantizar la viabilidad futura de su propia actividad, que incluye la aplicación de la última tecnología: drones, satélites e inteligencia artificial. Entre las medidas desarrolladas figura la reducción de flotas, nuevas exigencias ambientales, cuotas de pesca más restrictivas e incluso vedas temporales para especies como la sardina o el atún rojo.

En marzo de 2023 se ha dado un paso más hacia la preservación del océano con la adopción del Tratado de la Alta Mar cuya firma se ha abierto este mes de septiembre en la ONU y por el que los países se comprometen a proteger el 30% de la superficie marina de aquí a 2030. Este hito, largamente luchado por multitud de organizaciones, forma parte de los propósitos del denominado 'Decenio de las Naciones Unidas de las Ciencias Oceánicas

para el Desarrollo Sostenible' y el 'Decenio de las Naciones Unidas sobre la Restauración de los Ecosistemas, así como en los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 a los que la pesca contribuye de manera significativa en varias de sus metas, no solo en el ODS 14 'Vida Submarina'.

El ambicioso enfoque global ha obligado a la pesca a buscar la

máxima sofisticación con alta tecnología, inteligencia artificial y ciencia para que llevar cada pescado a la mesa se haga con el mínimo impacto para los ecosistemas, la menor huella ambiental y en la base del cumplimiento de la normativa, especialmente exigente en Europa. Todo ello porque los productos pesqueros, incluidos los acuícolas, proporcionan a nivel global el 17% de la proteína



Javier Garat, secretario general de la Confederación Española de Pesca (CEPESCA).

animal en la dieta alimenticia. Es más, según dicho análisis de la FAO, los alimentos acuáticos constituyen al menos el 20% de la ingesta media per cápita de proteínas de origen animal para 3.000 millones de habitantes del planeta, y aumenta hasta el 50% en el caso de países como Camboya, Sierra Leona, Bangladesh, Indonesia, Ghana, Mozambique y algunos pequeños estados insulares en desarrollo.

Si bien a nivel mundial el consumo de alimentos acuáticos creció al 3% anual en los últimos 60 años (1961-2019) desde los 9 a los 20,5 kilogramos por persona al año, España va al contrario de la tendencia del resto del planeta, ya que sólo en el último año el consumo de pescado nacional se ha reducido en un 12%, según datos presentados por Kantar en junio de este 2023, que apuntan a una caída tanto en el volumen como en la frecuencia de compra. Aún más altas son las cifras del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación que reflejan un descenso en el consumo en 2022 del 15,6%, hasta los 19,9 kilogramos por persona al año, frente a los casi 23 kilogramos de 2021.

Estos datos son observados con gran "preocupación" por la Confederación Española de Pesca (CEPESCA) y por la Asociación de las Organizaciones Nacionales de Empresas Pesqueras de la UE, presididas ambas por el gaditano Javier Garat, que defiende que el pescado "da felicidad a quien lo consume" y genera una menor huella ecológica que "cualquier otra proteína animal". El

sector pide la rebaja del IVA en aras de que los españoles mantengan la dieta mediterránea, en la que el pescado es un peso pesado y se perpetúen los beneficios de esta en la salud y la longevidad.

Con todo, la FAO considera que las poblaciones más abundantes se gestionan de manera más eficaz y que la "recuperación de estas podría incrementar la producción de capturas marinas en 16,5 millones de toneladas y contribuir así a la seguridad alimentaria, la nutrición, las economías y el bienestar de las comunidades costeras". El organismo de Naciones Unidas insiste en la urgencia de "reproducir y readaptar" las políticas y lograr reglamentos eficaces en ámbitos pesqueros no ordenados de manera sostenible, en la importancia de aplicar mecanismos eficaces innovadores y basados en los ecosistemas.

Garat, la voz de buena parte de los pescadores españoles y europeos, defiende en una entrevista con 'Estratos' que "sin lugar a dudas el pesquero es el sector económico que más ha avanzado en los últimos 20 o 25 años en materia de sostenibilidad ambiental, tanto en España como en la Unión Europea, donde ha reducido sus emisiones de CO<sub>2</sub> a la mitad desde 1990". Por ello, elogia el "grandísimo esfuerzo y sacrificio" realizado por los pescadores tanto para cumplir las normas como para ir más allá de las exigencias poniendo en marcha medidas voluntarias y adoptando la tecnología que les permite ser más sostenibles, eficientes y eficaces.

Esta labor puesta en marcha después de un "cambio de mentalidad" en los últimos 25 años ha conducido a que los pescadores ahora sean, según añade Garat, los "principales defensores" de la importancia de un buen estado de las pesquerías a través de planes de recuperación y gestión. En definitiva, asegura que las distintas medidas han permitido reducir la mortalidad pesquera a la mitad en los últimos años, que la biomasa de las poblaciones de peces haya crecido "considerablemente" hasta el punto de llegar, según expone el presidente de CEPESCA, a que "prácticamente el 100% de las poblaciones de peces gestionadas exclusivamente por la Unión Europea en el Atlántico nordeste se encuentran dentro de lo que se llama rendimiento máximo sostenible (RMS), que es el objetivo de la política pesquera común". No obstante, reconoce que en el Mediterráneo, muchas pesquerías siguen sobreploreadas, aunque asevera que la situación está mejorando.

Eso no quita para que siga existiendo "por supuesto" la pesca ilegal. A ese respecto, Garat admite que, aunque "cada vez hay menos", por muchas normas y control que se imponga, esa lacra se mantendrá "toda la vida, igual que ladrones o asesinos". Y son los propios pescadores los "primeros interesados" en que deje de existir para que los ecosistemas estén bien conservados, para lo que cada día incorporan nuevos avances tecnológicos y mejores prácticas.

En definitiva, califica a los pescadores como "auténticos hé-

roes" que contribuyen a varios ODS, al contribuir a reducir la pobreza, la salud de los ecosistemas y de las personas, pero lamenta que el sector está "machacado a nivel legislativo".

De ese modo, argumenta que el compromiso "real" de la pesca incluye medidas para mejorar la selectividad de las artes de pesca, por ejemplo, con puertas de arrastre voladoras, con dispositivos en las popas para abrir las redes y pescar en el fondo con un impacto mínimo y reduciendo la resistencia en la red, lo que redonda en un menor consumo de gasóleo. Otros dispositivos adoptados son las rejillas separadoras en las propias redes para que los peces no objetivo escapen o las líneas espantapájaros para evitar las capturas accidentales de redes, que además son no enmallantes. Igualmente, desde las cofradías de pescadores

se imparte formación para evitar que las aves queden enganchadas en los palangres o para liberar tortugas, mantarrayas, tiburones así como para gestionar los residuos a bordo.

Redes de la empresa JJ Chicolino, en Boiro (La Coruña), especializada en el desarrollo de soluciones para el sector de la acuicultura y pesca. En la imagen inferior, barcos en el puerto de (CEPESCA).



Las imágenes de esta página muestran las funcionalidades del satélite desarrollado por la empresa española Satlink, unos ingenieros trabajando en la configuración de una boya inteligente selectiva de Marine instruments y el dispositivo en el agua. La imagen de la página derecha es de atuneros OPAGAC en las islas Seychelles.

En esa línea, empresas tecnológicas punteras a nivel mundial cuentan con sónares y ecosondas, como Simrad, de la noruega Kongsberg Maritime, que permiten seguir a los peces y que los barcos de cerco sepan si lo que tienen debajo es sardina, jurel o caballa y el tamaño del banco: todo ello para procurar una empresa más selectiva y eficiente.

También despuntan a nivel mundial dos empresas españo-

las como Satlink, que lleva años trabajando con inteligencia artificial para mejorar la seguridad de la navegación, proporcionar información meteorológica y oceanográfica que no solo contribuyen a facilitar la comunicación con tierra, sino a controlar las operaciones de pesca para garantizar que todo se hace "bien" en el barco.

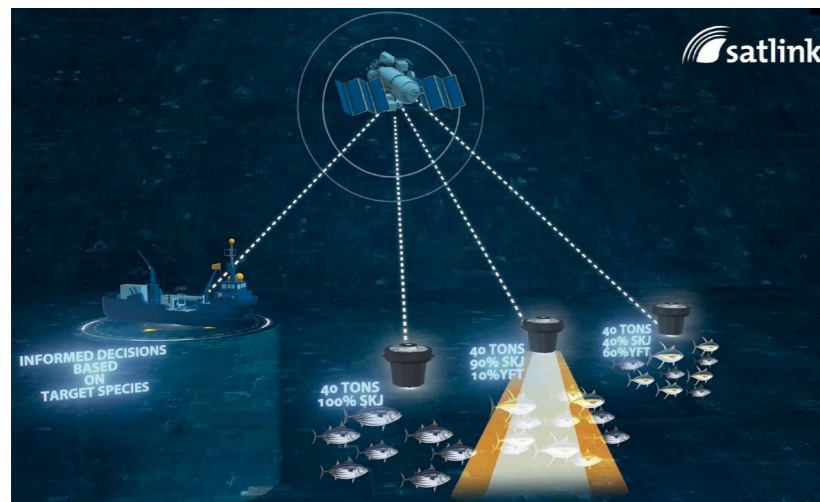
Por su parte, Marine Instruments, ofrece boyas saltelitales con ecosondas, para pescar

atún, radio boyas para la pesca de palangre, soluciones de monitorización electrónica y desarrollos de 'big data' e inteligencia artificial que incluye el apoyo de drones para mejorar la eficiencia y la sostenibilidad en la pesca.

En definitiva, Garat hace hincapié en que todo este proceso no es "fruto de la casualidad" sino de la aplicación de una serie de planes y de un enorme "sacrificio" del sector.

Y ¿cómo saber si las anchoas que te comes son sostenibles? Para garantizarlo, sellos de certificación pesquera como Marine Stewardship Council (MSC) velan por que el pescado que llega al plato ha pasado por un proceso bajo luz y taquígrafos. La directora de MSC España y Portugal, Laura Rodríguez Zugasti, explica a Estratos que en la actualidad cerca del 30% de las capturas (273.000 toneladas) cuenta con esta certificación, entre ellas algunas como

el bonito del norte, la anchoa del Cantábrico, el bacalao del Atlántico norte, el pulpo de Asturias o el atún rojo del Estrecho. "Realizamos una fortísima inversión para mejorar la selectividad de la pesca, evitar la pesca fantasma y las artes perdidas y abandonadas y una mejor trazabilidad y transparencia", también con la cadena comercial y los ciudadanos, para que valoren el compromiso con la sostenibilidad de los productores", concluye. ■

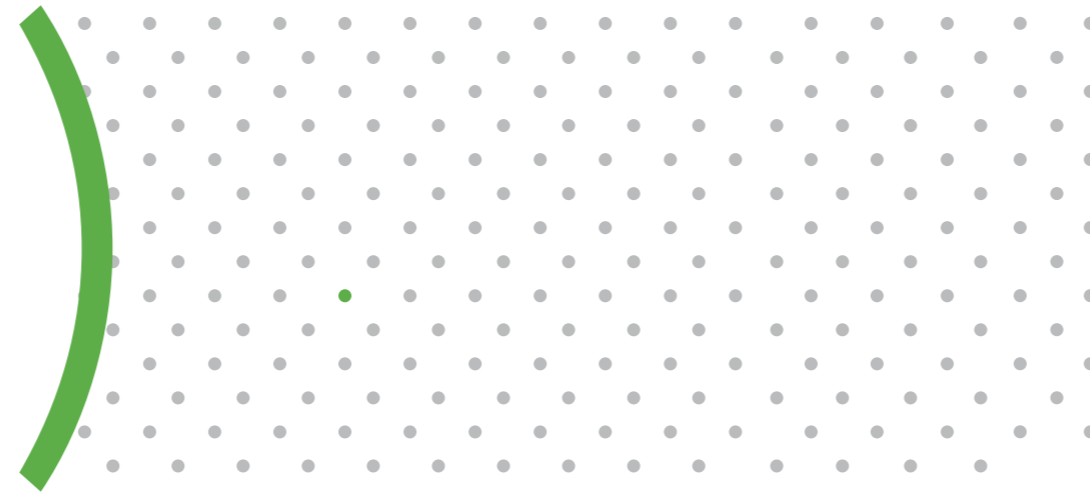


# EL SEXTO SENTIDO

Una exposición sobre **Protección Radiológica**

TEXTO: ANA ARROJO RUBIO

FOTOS: ANA ARROJO RUBIO; CULTURAL MEDIA DESIGN



La Sociedad Española de Protección Radiológica y Enresa se han unido para crear una nueva apuesta divulgativa en la Instalación Nuclear Vandellós I (Tarragona), que tiene la Protección Radiológica como eje. El que en su día fuera el edificio de ingeniería durante el funcionamiento de la central nuclear, alberga desde octubre un renovado espacio dedicado a los instrumentos que han servido para detectar, medir y controlar las radiaciones ionizantes a lo largo de la historia.

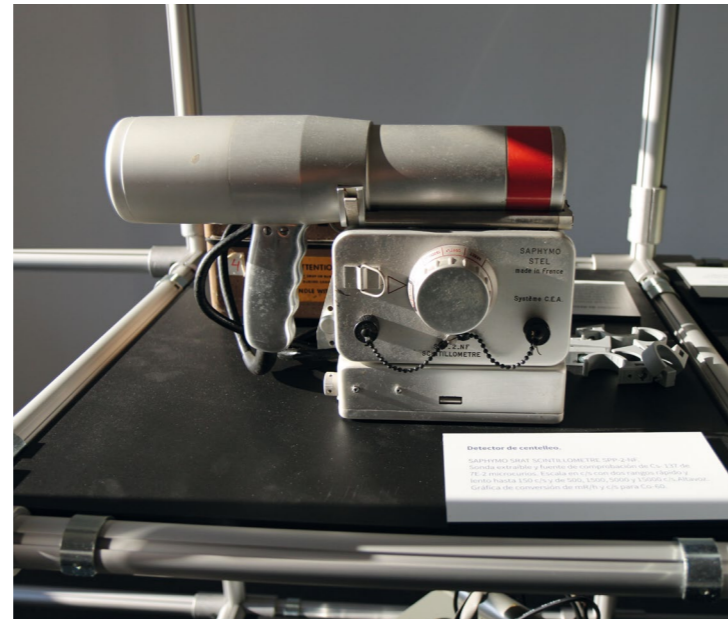
*Vista de las dos salas que componen la exposición sobre protección radiológica de Vandellós I.*



Todos los equipos de la muestra tuvieron su uso en instalaciones nucleares y radiactivas y, en su mayoría, han sido cedidos por miembros de la Sociedad Española de Protección Radiológica. Por citar algún ejemplo, la colección incluye equipos como un electrómetro conectado a cámaras de ionización Nuclear Enterprise Ionex 2500/3 utilizado en el servicio de oncología del Hospital Santa Creu i Sant Pau para tratamientos de radioterapia, o bien un radiómetro Graetz de tasa de dosis para la vigilancia de la radiación usado en el proyecto de acondicionamiento de las camisas de grafito de los silos de Vandellós I durante los años 90.

Aunque la puesta en escena es novedosa, lo cierto es que se trata de una reedición. El origen de la exposición actual se remonta unos 16 años atrás, cuando la SEPR y Enresa decidieron reunir los equipos de la exhibición primitiva con motivo del XI Congreso Nacional de la SEPR que se celebró en 2007 en el Palacio Ferial y de Congresos de Tarragona. Los congresos nacionales de la SEPR suponen una oportunidad para el encuentro de gran parte de sus socios y la cercanía de la Instalación nuclear Vandellós I la convirtió en el escenario perfecto para albergar la colección. Estas convenciones son también un foro idóneo para el intercambio de conocimientos y para la difusión de los principios de Protección Radiológica. Con este *leitmotiv* se reunieron las piezas de la exposición y éste sigue siendo el hilo conductor que inspira la nueva muestra.

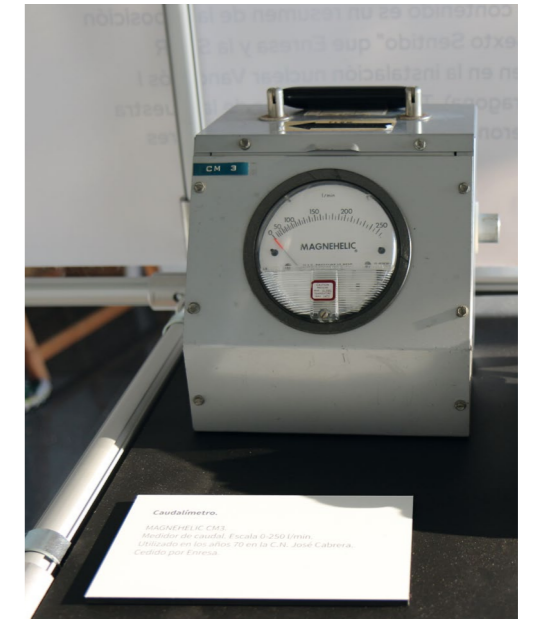
Dividida en 5 ámbitos, la nueva exhibición busca revalorizar las piezas expuestas mediante la construcción de un relato que contextualice su importancia y una nueva organización de los equipos basada en la tecnología que utilizan y en el tipo de radiación que detectan. Asimismo, una parte importante del espacio está dedicada a la seguridad, incidiendo en los principios y reglas básicas de la protección radiológica. Para ello, la muestra incluye equipos con los que las personas que trabajan con radiaciones ionizantes pueden controlar el tiempo de exposición, alejarse de la fuente de radiación o interponer barreras entre su cuerpo y el origen de la radiación.



Detector de centelleo Saphymo Scintilometre SPP-2-NF.



Escintilómetro procedente de la Antigua Fábrica de Uranio de Andújar.



Caudalímetro utilizado en los años 70 en la C.N. José Cabrera.



Antesala de la exposición con equipo antiguo de rayos X.

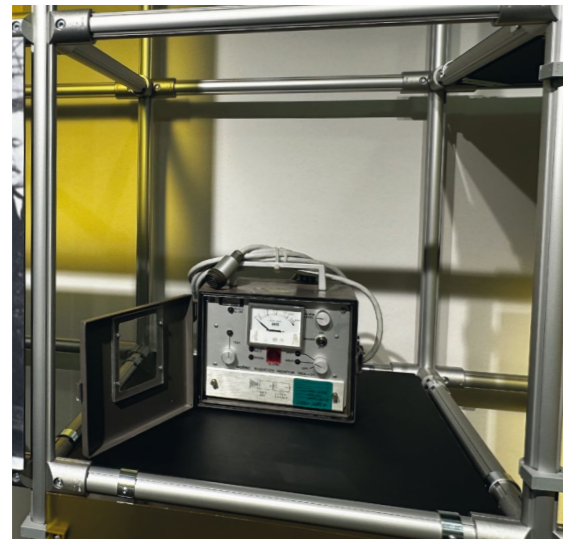


Área de la muestra dedicada al descubrimiento de la radiactividad.



Vista parcial de la sala principal de la exposición, con el módulo de medidas y barreras en primer término.

Monitor portátil de radiación Alnor RDA-31. Utilizado en el nivel I de desmantelamiento de la antigua C.N. Vandellós I



### Un sexto sentido tecnológico

El recorrido arranca con una explicación somera de las características de las radiaciones ionizantes, su presencia en el entorno y la necesidad, a raíz del uso de radioisótopos en múltiples aplicaciones de nuestra vida cotidiana, de contar con equipos que nos permitan detectar la presencia de dichas radiaciones ionizantes y controlar nuestra exposición a ellas.

Aunque no se pueden percibir, las radiaciones ionizantes se pueden medir. Todos los detectores cuentan con un sistema compuesto por una sonda que, de un modo similar a cómo captan información nuestros sentidos, recoge la información y una electrónica que, como el cerebro, la analiza y la transforma en datos cuantificables.

La interacción de la radiación con la materia puede producir distintos efectos: ionización y excitación de átomos, emisión de luz, reacciones químicas o cambios de temperatura, entre otros. Partiendo de esta base, en la actualidad contamos con tres principios básicos de detección: la semiconducción, la ionización de gases y el centelleo. Hay otros parámetros a tener en cuenta para seleccionar correctamente un equipo, como el tipo de radiación que se quiere detectar, los rangos energéticos detectables y sus eficiencias o los tiempos de respuesta. Sobre el terreno y en situaciones determinadas, son también importantes factores como la ergonomía en el manejo y la versatilidad de configuración.

### Las reglas de la protección radiológica

Además de la detección y el control, un aspecto esencial de la Protección Radiológica es limitar la exposición para conseguir que las personas y el medio ambiente reciban la dosis más baja posible de radiación. Esta idea se recoge en el principio ALARA (As Low As Reasonably Achievable), una norma básica de seguridad radiológica que establece tres principios básicos para la protección: distancia, tiempo y blindaje. Son varios los equipos expuestos en la muestra que ilustran estos tres principios.

Un peto de plomo y un equipo de CS-AM de uso industrial detectado por Enresa a la entrada de una acería son muestras de cómo al situar material absorbente entre la fuente de energía y la persona, reducimos la intensidad de la dosis recibida. Limitar el tiempo de permanencia en un campo de radiación es otra manera de disminuir la dosis recibida durante la exposición. Los dosímetros son instrumentos de medida personal imprescindibles para el personal expuesto. Se trata de detectores de pequeño tamaño que proporcionan un valor fiable de la dosis recibida.

Aumentar la distancia con la fuente de radiación es la forma más efectiva de reducir la exposición y por ello pértigas como este radiómetro extensible con detector Geiger-Müller Automess 6112 son instrumentos habituales de los profesionales de la protección radiológica. Para la protección individual ante la posible radiación

Teledetector Automess 6112 B. utilizado durante la operación de la C.N. Vandellós I.



contamos con equipos adaptados a cada situación, que abarcan instrumental como máscaras, trajes protectores y detectores de beta débiles como el Nardeux E227, que cuenta con sondas adaptables para manos y pies y que funcionó en la C.N. Vandellós I para el control de la contaminación a la salida de zona controlada.

Con el descubrimiento de los rayos X y, poco después, de la radiactividad, los científicos de finales del siglo XIX y principios del XX abrieron un nuevo mundo de posibilidades. Los rayos X

Vista, en segundo término, de algunos de los equipos de protección individual más utilizados por los profesionales de la Protección Radiológica



y las propiedades de la radiación fueron rápidamente aplicados a la Medicina, si bien los primeros equipos de detección como el electrómetro de cuadrante o el cuarzo piezoeléctrico surgieron como elementos necesarios para la investigación.

El desarrollo de equipos de medición y detección centrados en la seguridad radiológica comienza cuando se toma consciencia de los efectos de las radiaciones sobre las personas y el medio ambiente. Hoy en día, están presentes en todas las labores que impliquen radiaciones ionizantes, en todas las actividades de Enresa y, muy especialmente, en las tareas de retirada de residuos y fuentes radiactivas que realiza la Unidad Técnica de Protección Radiológica de Enresa, que siempre presta sus servicios para proteger y controlar la seguridad de los operarios y el entorno. ■

### AMPLIFICAR LA DIFUSIÓN DE LA MUESTRA

El proyecto de renovación que acaba de culminar no sólo busca exponer la labor de los profesionales en materia de protección radiológica, sino también ofrecer un valor añadido a la colección. Para ello, el proyecto incluye novedades que potenciarán su difusión: un módulo itinerante y una exposición virtual alojada en la página web de Enresa.

La exposición itinerante está concebida como una muestra resumida de la alojada en la instalación. Se compone de dos módulos expositivos en los que se alternan, de manera reducida, paneles explicativos y equipos históricos semejantes a los de la exposición principal. Está preparada para viajar al resto de los espacios de Enresa y otros lugares pertinentes, como el congreso nacional celebrado en 2007 por la Sociedad Española de Protección Radiológica para el que se decidió reunir esta colección.

Además, la muestra estará permanentemente al alcance de cualquier espectador a través de un paseo virtual. Una ventana desde la página web de Enresa con una vista privilegiada de todas las piezas y paneles explicativos presentes en la muestra. Además, y con el objeto de expandir todo lo posible el rango de acción de la exhibición, tanto la exposición permanente como su paseo virtual están disponibles en tres idiomas: español, inglés y catalán.

# LA IMPRESIÓN EN TRES DIMENSIONES Y SUS DIVERSAS APLICACIONES

## ¿La próxima revolución industrial?

TEXTO: ALEJANDRO CABANILLAS; FOTOS: AGENCIAS, SHUTTERSTOCK

El sector de la impresión 3D tiene una tasa de crecimiento anual del 22% debido a los beneficios potenciales y a las décadas de investigación e innovaciones que se le han dedicado en todo el mundo. Se calcula que en 2025 será un mercado con un valor de mil millones de euros.

El primer teléfono móvil de la historia se presentó en 1973. Era el Motorola DynaTAC 8000X, que, por supuesto, sólo servía para hacer llamadas, pues eso, de teléfono y además pesaba alrededor de 2 kilos. Hoy, 50 años después,

podemos constatar que el avance de la telefonía móvil ha sido de tal magnitud que ha revolucionado, literalmente, el mundo.

En consonancia, los avances que predicen los expertos que se van

a producir, que ya se están produciendo, en el ámbito de la impresión en tres dimensiones (3D), prometen un cambio tan radical en nuestras vidas como el que hemos vivido a través de nuestros teléfonos móviles.

### Los inicios

Tenemos que remontarnos a 1983 para asistir a la impresión de la primera pieza en tres dimensiones. Fue Charles W. Hull, más conocido como Chuck Hull, quien fabricó la primera pieza con impresión 3D y no podía imaginar hasta donde iba a llegar su invento 40 años más tarde. De hecho, algunos expertos afirman que esta tecnología impulsará una nueva revolución industrial.

Hull, considerado como el padre de la impresión 3D, trabajaba por aquel entonces en una empresa que utilizaba la luz ultravioleta para adherir unas finas capas de resina sobre mesas y muebles.

Aplicando aquella técnica, se le ocurrió que superponiendo múltiples capas de un fotopolímero líquido (una sustancia sintética que sufre un cambio en sus propiedades por acción de la luz) y tratándolas con luz ultravioleta

podría darles forma y convertirlas en un objeto con tres dimensiones, trabajándolo capa a capa. Había nacido lo que el propio Hull bautizó como estereolitografía, y que hoy en día ha resultado en lo que se conoce como fabricación aditiva o impresión 3D. Hull obtuvo la primera patente de esta tecnología en 1988.

Ese fue el primer sistema de impresión 3D, el de polímero líquido como material principal de impresión, pero en años sucesivos se incorporarían dos sustancias más para realizar este tipo de tarea: el polvo de resina y el filamento fundido; cada una de ellas con sus ventajas e inconvenientes según el objetivo final. Por su parte, las máquinas de impresión, es decir, las impresoras 3D también han ido evolucionando y abaratando su precio y, hoy día, es posible tener en casa un aparato de impresión 3D por no demasiado dinero.

### Aplicaciones

Durante los años 90, la fabricación aditiva pasó de ser una mera posibilidad de creación de materiales útiles a conformarse como una opción real y práctica en la fabricación de objetos de uso habitual, es en ese momento cuando la impresión 3D llega a sectores como la odontología, la fabricación de prótesis o la medicina. Es más, a finales de la década, varios científicos del Instituto de Medicina de Wake Forest, lograron crear por primera vez un órgano funcional en laboratorio mediante la regeneración del tejido con sus propias células, lo que fue el primer paso para la bioimpresión 3D, un prometedor campo en el área de la Medicina que puede salvar muchas vidas mediante la 'producción' de órganos humanos funcionales y que no deja de avanzar.

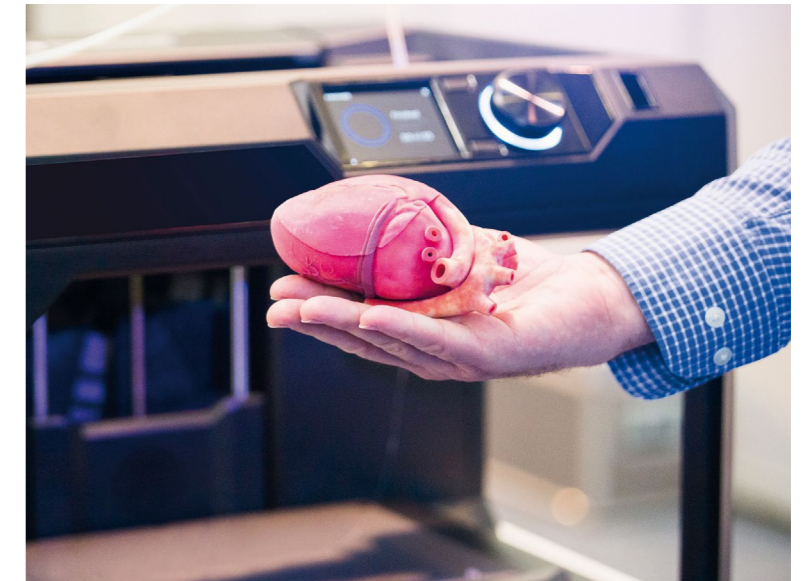
Nieves Cubo, una investigadora e ingeniera española, es una pionera en el campo de la impresión de los

tejidos humanos en 3D que ha desarrollado una impresora de bajo coste capaz de generar tejido humano válido para ser implantado. Además, está avanzando mucho en la impresión de cartílagos, huesos y otros tejidos humanos, lo cual no sólo puede llegar a acabar con las prótesis metálicas o artificiales, también podría acabar con los ensayos animales puesto que, si se puede desarrollar piel humana, las pruebas cosméticas, por ejemplo, serían mucho más efectivas y realistas sobre este material que sobre piel animal.

Las prótesis ortopédicas impresas en 3D son una alternativa a los modelos tradicionales, fabricadas en varias piezas móviles, siendo impresas en una misma compleja estructura sin ningún tipo de montaje.

También en el ámbito médico, la impresión de medicamentos es otra de las posibilidades de esta técnica que facilitaría el acceso a diferentes preparados y abarataría su coste; pero la industria farmacéutica está altamente regulada y se deben cumplir numerosos requisitos para colocarla en el mercado, lo cual, de momento, frena la expansión de esta alternativa a la farmacia tradicional.

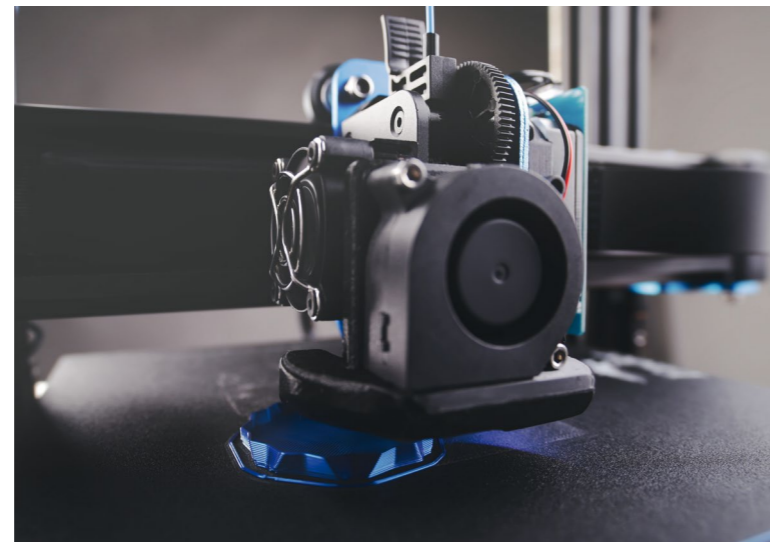
Otro hito en el avance de la fabricación aditiva fue el proyecto RepRap de Adrian Bowyer, quien creó una impresora 3D con la capacidad de autoreplicarse, es decir, de crear las piezas para construir otra impresora idéntica, con lo que las posibilidades de uso doméstico o escolar, por ejemplo, se vieron multiplicadas al ofrecer la posibilidad de que, a partir de una única máquina, se pudiera crear otra a un coste mucho menor. Este proyecto surgió en 2005 y a partir de 2008 comenzó a expandirse por todo el mundo a través de Internet.



La impresión 3D es una realidad en el ámbito médico, con diversas aplicaciones en odontología, fabricación de prótesis y hasta tejidos humanos.



El primer sistema de impresión 3D, creado por Charles W. Hull, utilizaba el polímero líquido como material principal de impresión. Más tarde se utilizarían el polvo de resina y el filamento termoplástico, como el de las bobinas de colores de la imagen de la izquierda.



De hecho, y para demostrar el alcance que la impresión 3D iba logrando, en 2013 un prototipo de pistola (plenamente operativa) susceptible de imprimirse en 3D apareció en Internet y en solo dos días tuvo más de 100.000 descargas: una pistola de material plástico y por lo tanto indetectable en aeropuertos y otros lugares 'seguros' era un peligro que no podía obviarse y, como era de esperar, el Gobierno de Estados Unidos exigió a los creadores que retiraran el archivo de su sitio web.

Hoy día existen miles de páginas web desde las que se pueden descargar numerosos archivos para imprimir en casa: desde joyas hasta herramientas, pasando por moda o arte: para ello sólo hay que tener una impresora 3D y los materiales necesarios para fabricar el objeto.

Ejemplos de la aplicación de la tecnología de impresión 3D a la construcción.



Otro de los grandes avances en los que la fabricación aditiva va a tener mucho que decir en un futuro no muy lejano es en la construcción de viviendas. Mediante impresoras móviles 3D con un brazo mecánico tipo grúa que permite girar 360° se pueden construir viviendas perfectamente funcionales con materiales ecológicos y en un tiempo récord, siendo, además, más baratas que las de construcción tradicional.

La impresión de una casa se lleva a cabo en el mismo lugar donde se va a emplazar de manera definitiva y no requiere de mucho personal para su impresión y puesta en marcha definitiva. Los elementos que se utilizan van desde el tradicional cemento y fibra de vidrio, hasta geopolímeros que funcionan muy bien a casi cualquier temperatura. Se trata de una alternativa muy competitiva para las tradicionales casas prefabricadas.

También la industria automovilística y aeronáutica tienen ya un pie en la impresión 3D. De hecho, en 2011 se imprimió la primera carrocería mediante la fabricación aditiva y hay numerosas piezas y componentes de vehículos que se pueden diseñar y fabricar a distancia para abaratar costes de producción y transportes.

También en 2011 se imprimió el primer avión no tripulado con una característica bastante especial: alas de forma elíptica, una característica normalmente cara que ayuda a mejorar la eficiencia aerodinámica y reduce al mínimo la resistencia inducida.

Pero quizá el sector en el que mejor se pueda destacar en el futuro la impresión 3D sea el alimenticio. Es evidente el enorme impacto ecológico que las grandes ganaderías en el medio ambiente y, por ello, se están buscando constan-

temente alternativas y soluciones que permitan reducir o minimizar ese impacto. Pues bien, la empresa Novameat, con sede en Barcelona, ha sido capaz de crear e imprimir en 3D un filete de 'carne' hecho a base de proteínas vegetales que, al parecer, se asemeja mucho en sabor y textura a la carne real y tiene las mismas propiedades alimenticias con los mismos niveles de proteínas, aminoácidos, vitaminas y minerales contenidos en la carne roja, pero proveniente de ingredientes naturales a base de plantas. Estos ingredientes se formulan en una pasta que se alimenta a través de la impresora para crear el producto final que, incluso visualmente, tiene un aspecto muy parecido a un filete.

En principio, se antoja difícil que el consumidor de carne habitual se preste a comer esta carne vegetal, pero, sin duda, es una alternativa muy aceptable para la comunidad vegetariana o vegana, al alza en

todo el mundo, y para llevar nutrientes a zonas desfavorecidas o en riesgo de hambrunas de manera rápida y barata.

La impresión 3D de alimentos se empezó a utilizar pensando en las salidas al espacio de los astronautas ya que siempre ha sido un problema para los ingenieros crear porciones de comida saludable y nutritiva en pequeño tamaño: con las impresoras de comida se solventan muchos de esos inconvenientes. También es cierto que se lleva utilizando la impresión 3D en cocina normal desde hace tiempo, pero más bien dedicada al uso ornamental y efectista por parte de chefs creativos que, utilizando diversos materiales comestibles, crean platos muy llamativos visualmente o imitaciones de objetos que se pueden comer.

Y estos no son todos los usos que se le puede dar a la impresión

3D, ni mucho menos: el espectro se amplía cada vez más y puede que llegue el día en que, al igual que ahora tenemos un horno mi-

croondas o un televisor, otro de los electrodomésticos indispensables del hogar sea una impresora 3D. ■

Tecnología aditiva, o de impresión 3D, aplicada a la fabricación de viviendas y a la producción de alimentos.





# CONECTADOS

SIGUE A ENRESA EN REDES SOCIALES



INSTAGRAM

ACTUALIDAD

@ENRESAOFICIAL

**Imágenes, vídeos y textos sobre nuestra actividad en tan solo un clic**

Actualidad y divulgación de las actividades que realizamos de una manera visual y dinámica. Trasladamos la realidad sobre la gestión de los residuos radiactivos y el desmantelamiento de centrales nucleares en España aunando imágenes, vídeos y textos en solo un clic.



CHARLAS CHEC

ENTREVISTAS

ENRESA

**Charlas divulgativas con personas que, por su trayectoria, comparten reflexiones sobre nuestra actividad**

Realizadas desde el centro de almacenamiento de El Cabril con el objeto de que los entrevistados nos den su opinión sobre el mismo. Podrás verlas en nuestra página web y redes sociales. ¡No te las pierdas!



LINKEDIN

PERFIL PROFESIONAL

ENRESA

**Perfil corporativo en la comunidad profesional más conectada de la red**

Centrada en contenidos laborales y profesionales. Al ser una red social con objetivos reputacionales, se trata de compartir la misión, los valores, las políticas y la actualidad de los proyectos de la empresa.



TWITTER

NOTICIAS Y NOVEDADES

@ENRESA

**El pulso a la actualidad de Enresa a golpe de 'tuit'**

Divulgación relacionada con la gestión de residuos radiactivos y el desmantelamiento de centrales nucleares con total transparencia. Puedes resolver tus dudas sobre información institucional, organizativa, normativa o económica siguiendo nuestro perfil de Twitter. Te esperamos.



YOUTUBE

VÍDEOS CORPORATIVOS

ENRESA

**Piezas audiovisuales para acercarte nuestros proyectos de la forma más cómoda y didáctica**

Desarrollamos vídeos técnicos y divulgativos donde explicamos nuestros proyectos para que puedas conocernos y visualizar las soluciones que Enresa desarrolla.



FLICKR

FOTOGRAFÍAS

ENRESA

**Una galería de fotos que ayuda a entender la actividad de Enresa**

Podrás ver imágenes técnicas y representativas de lo que hacemos. Desde preciosas vistas de la naturaleza hasta procesos industriales que detallan, por ejemplo, el desmantelamiento de una central nuclear: para quienes quieren conocer, investigar y descubrir.

# SUSCRIPCIÓN

Estratos lleva más de tres décadas ofreciendo información sobre la gestión de los residuos radiactivos, el desmantelamiento de instalaciones nucleares y otros temas de interés científico, técnico y ambiental



Si desea suscribirse gratuitamente a Estratos envíenos un e-mail a [registro@enresa.es](mailto:registro@enresa.es) con los siguientes datos: nombre y apellidos, calle, domicilio, población, código postal, provincia, país y correo electrónico. Le enviaremos la revista a la dirección aportada. También puede consultar todos los números de Estratos en [www.enresa.es](http://www.enresa.es)

De conformidad con la normativa vigente en materia de protección de datos personales, consiento que mis datos sean incorporados a un fichero que será tratado por la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos, S.A., S.M.E. (Enresa), con CIF A78056124, con la finalidad de gestionar la suscripción a la publicación Estratos. La base jurídica del tratamiento de los datos del interesado es el consentimiento prestado por Ud. al remitirnos sus datos en su solicitud de suscripción. Sus datos se conservarán mientras Ud. desee recibir nuestra publicación y no nos comunique lo contrario, y siempre durante los plazos de prescripción previstos para las medidas que resultasen de aplicación. Le informamos de la posibilidad de ejercer los derechos de acceso, rectificación, supresión, portabilidad, limitación y oposición mediante solicitud dirigida a Enresa acompañada de copia de documento oficial que le identifique, bien por escrito en el domicilio calle Emilio Vargas, nº 7, 28043 Madrid, o bien mediante mensaje a la dirección de correo electrónico [registro@enresa.es](mailto:registro@enresa.es). Le informamos igualmente que en cualquier momento Ud. podrá retirar el consentimiento prestado por medio del procedimiento anteriormente especificado, así como ejercer su derecho a presentar una reclamación ante la Autoridad de Control, Agencia Española de Protección de Datos ([www.aepd.es](http://www.aepd.es)).



# ESTRATOS



GOBIERNO DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA  
TERCERA DEL GOBIERNO  
MINISTERIO  
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA  
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



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