



La revista de los  
Ingenieros de Caminos,  
Cañales y Puertos

**3576** MAYO 2016

REVISTA DE  
OBRAS PÚBLICAS

# ROP

#### INTERNACIONAL, PROFESIÓN Y EMPLEO

### Marruecos invierte las rentas de los fosfatos: oportunidad para las empresas españolas

- Acto entrega de diplomas a los titulados del curso 2014-15

#### COYUNTURA

- Cambio climático en España y sus consecuencias. 2ª parte. **Antonio Serrano**
- La cuestión nuclear, fríamente. **César Lanza**

#### CIENCIA Y TÉCNICA

- Nuevo árido reciclado de alto rendimiento para capas de asiento ferroviarias.  
**Miquel Morata Royes**



Together, we are

**SMARTER  
SAFER  
STRONGER**



**MÁS DE 25 AÑOS APORTANDO  
SOLUCIONES INNOVADORAS**

**WORLDWIDE HEAVY TRANSPORTATION AND LIFTING**

TEL: +34 91 8845403  
FAX: +34 91 8845840  
WWW.ALE-HEAVYLIFT.COM  
INFO@ALE-HEAVYLIFT.COM



@ALEHeavyLift



/ALEHeavyLift



/ALECorporate

**ALE**



SMARTER, SAFER, STRONGER



El Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, que ha celebrado elecciones nacionales en abril –durante otros cuatro años, seguirá a su frente la candidatura encabezada por Juan Antonio Santamera–, asiste con interés, no desprovisto de preocupación, al interminable proceso electoral en el Estado, que, tras la imposibilidad de formarse una mayoría de gobierno a partir de los resultados de las elecciones del 20 de diciembre, desembocará de momento en unas segundas elecciones que tendrán lugar el 26 de junio.

Como corresponde a uno de los países más desarrollados del mundo, nuestro sistema socioeconómico resiste sin conmocionarse este periodo de bien tasada provisionalidad, prevista constitucionalmente; de momento, no se ha visto sensiblemente afectado el potente crecimiento económico ni la consiguiente creación de empleo; sin embargo, razones de lógica prudencia aconsejan que la inestabilidad no se dilate más de lo imprescindible y que tras el 26J las fuerzas políticas realicen el debido ejercicio de negociación y pacto que permita la formación rápida de un nuevo gobierno, con la solidez y el impulso necesario para guiar a este país hacia los rumbos de progreso que hay que restituir cuanto antes tras la profunda crisis que venimos de experimentar.

Porque, aunque los datos macroeconómicos susciten tranquilidad, lo cierto es que este país tiene paralizados determinados designios como la inversión pública en nuevas infraestructuras y en conservación de las existentes, que requieren ponerse en marcha gracias al ímpetu que siempre acompaña a los arranques de una nueva legislatura. Y hay determinadas reformas pendientes, como la del sistema de pensiones para asegurar su sostenibilidad, que no admiten mayores aplazamientos si no se quiere acentuar su deterioro

y que sin embargo no pueden plantearse ni ejecutarse hasta que no se recupere del todo la normalidad institucional.

En este número ordinario de la Revista de Obras Públicas, publicamos la segunda parte del análisis que ha realizado Antonio Serrano del Acuerdo de la COP21 de Cambio Climático; en esta entrega, se reseñan los previsibles efectos que el calentamiento global tendrá para nuestro país y se enumeran las medidas más urgentes que habría que adoptar para paliarlos. César Lanza, por su parte, analiza las dos tendencias políticas que actualmente pugnan en lo referente a la energía nuclear en España: la partidaria de prorrogar la vida de las centrales y la que prefiere su clausura cuanto antes; el autor aporta elementos para clarificar este debate. Carlos Nárdiz escribe sobre la Ribeira Sacra: la propuesta de convertir este territorio gallego en Patrimonio de la Humanidad ha dado lugar a diversos estudios sectoriales, cuya visión transversal nos acerca el autor. Aurelio Acedo y José Luis Almazán nos ilustran con un trabajo sobre los corredores multimodales y el futuro del transporte marítimo en Europa.

Este número dedica un reportaje a la actividad de nuestras constructoras y empresas de ingeniería en Marruecos, país con el que mantenemos estrechos vínculos económicos y de toda índole. E incluye un reportaje sobre la sustitución del puente de Waterdale, en Canadá, obra comandada por Acciona.

Finalmente, publicamos por su relevante interés la intervención de Francisco Javier Martín Carrasco, director de la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid, en la entrega de diplomas a los titulados del curso 2014-2015, en la que pasa revista al liderazgo económico y social que desempeña la profesión en este país; examina los serios problemas de las carreras técnicas con la selección del profesorado –la experiencia profesional no sirve para lograr la cátedra–, ya que dichos centros se llenan de profesores investigadores mientras desaparecen los profesores ingenieros, que siempre han dado lustre y solidez a estas instituciones; y analiza el nuevo modelo educativo, con separación de grado y máster, para solicitar un máster integrado que puedan cursar quienes desde el principio aspiran a recorrer el itinerario completo. Finalmente, Martín Carrasco ofrece a los egresados unas interesantes pautas para el ejercicio de la profesión, que sin duda valdrán para orientar convenientemente a estos jóvenes que son la materia prima del futuro de este país.

# SUMARIO

La revista decana de la  
prensa española no diaria

**Director**

Antonio Papell

**Redactoras Jefe**

Paula Muñoz  
Diana Prieto

**Fotografía**

Juan Carlos Gárgoles

**Publicidad**

MM Mass Media  
Hermosilla 64 6ºB  
T. 91 431 08 39

**Imprime**

Gráficas 82

**Depósito legal**

M-156-1958

**ISSN**

0034-8619

**ISSN electrónico**

1695-4408

**ROP en internet**

<http://ropdigital.ciccp.es>

**Suscripciones**

[http://ropdigital.ciccp.es/  
suscripcion.php](http://ropdigital.ciccp.es/suscripcion.php)  
[suscripcionesrop@ciccp.es](mailto:suscripcionesrop@ciccp.es)  
T. 91 308 19 88

**Edita**

Colegio de Ingenieros de  
Caminos, Canales y Puertos  
Calle Almagro 42  
28010 - Madrid

## EDITORIAL

---

### COYUNTURA

---

- 7 **Cambio climático en España y sus consecuencias (segunda parte)**  
Antonio Serrano Rodríguez
- 
- 17 **La cuestión nuclear, fríamente**  
César Lanza
- 
- 29 **La Ribeira Sacra. Entre el arte, la naturaleza y la ingeniería**  
Carlos Nárdiz Ortiz
- 
- 41 **El futuro del transporte marítimo en Europa: corredores multimodales**  
Aurelio Acedo Aceña y José Luis Almazán Gárate
- 

### CIENCIA Y TÉCNICA

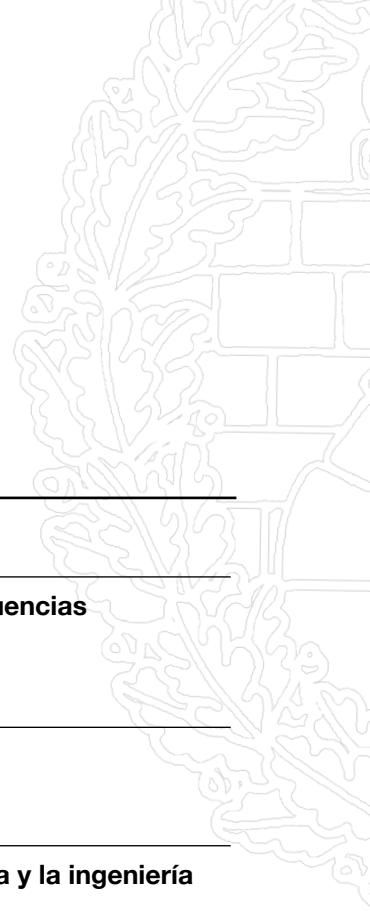
---

- 53 **Nuevo árido reciclado de alto rendimiento para capas de asiento ferroviarias**  
Miquel Morata Royes
- 
- 59 **Mecánica Elástica, por A. Peña Boeuf. Noventa años después**  
Josep María Pons
- 

### CONCURSO ROP

---

- 63 **Efecto de ondas concéntricas en la ciudad. El impacto de los túneles de la M-30 medido en el mercado inmobiliario limítrofe**  
Ignacio Ortiz de Andrés



---

## INTERNACIONAL, PROFESIÓN Y EMPLEO

---

- 69** **Marruecos invierte las rentas de los fosfatos:  
oportunidad para las empresas españolas**
- 

## NOTICIAS DE LAS OBRAS PÚBLICAS

---

- 81** **REPORTAJE**  
Ale completa las maniobras del arco principal para la  
sustitución del puente Walterdale
- 

- 84** **ESCUELAS**  
Escuela de Arquitectura, Ingeniería y Diseño de la  
Universidad Europea de Madrid
- 

Acto entrega de diplomas a los titulados del curso 2014-15

---

- 91** **LIBROS**  
Novedades editoriales

### Consejo de Administración

#### Presidente

Miguel Aguiló Alonso

#### Vocales

Juan A. Santamera Sánchez  
José Manuel Loureda Mantiñán  
José Javier Díez Roncero  
Juan Guillamón Álvarez  
Luis Berga Casafont  
Roque Gistau Gistau  
Benjamín Suárez Arroyo  
José Antonio Revilla Cortezón  
Francisco Martín Carrasco  
Ramiro Aurín Lopera

#### Comité Editorial

Pepa Cassinello Plaza  
Vicente Esteban Chapapriá  
Jesús Gómez Hermoso  
Conchita Lucas Serrano  
Antonio Serrano Rodríguez

#### Foto de portada

Infografía del proyecto  
Technopole Fom El Oued,  
a 18 kilómetros de Laayoune  
(Marruecos)



# MÁSTER INTERNACIONAL EN EMPRESA Y POLÍTICAS PÚBLICAS [ MIEPP ]

[www.miepp.eu](http://www.miepp.eu)

*Liderar el desarrollo global  
en los mercados de infraestructuras*

**DIPLOMA CONJUNTO**

**École des Ponts ParisTech**

**Universidad Internacional Menéndez Pelayo**

**Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos**

**CURSO ACADÉMICO 2016/17**

**FORMATO EXECUTIVE BILINGÜE ESPAÑOL-INGLÉS**

## DIRIGIDO A

Ingenieros que han de asumir responsabilidades como directores de grandes proyectos, sectores o áreas geográficas.

## OBJETIVOS

Reforzar **competencias en gestión (empresarial y de proyectos), habilidades comerciales**, conocimientos sobre **políticas públicas** (principal fuente de actividad en nuestro sector), habilidades transversales (**comunicación, negociación, liderazgo, trabajo en equipo...**).

## PROFESORADO

Expertos académicos en **economía, ciencia política, derecho, sociología y administración de empresas; líderes profesionales con experiencia en desarrollo de negocio y gestión de proyectos internacionales.**

## FORMATO

Un **año académico** a partir de octubre, **executive** (viernes completos y uno de cada tres sábados por la mañana).

Las clases, en **español e inglés**, se impartirán en Madrid, en horarios que permiten ida y vuelta en el día por AVE desde las principales ciudades.

**Ayudas de transporte** de la Fundación de hasta 1.500€ para alumnos que residen fuera de Madrid.

Se realizarán **3 viajes de estudios** por España y otro al extranjero para realizar un proyecto de fin de Máster.

## MATRÍCULA

10.900 € (condiciones especiales para ingenieros de Caminos colegiados).

**Plazo para presentar candidaturas: hasta el 25 de junio.** MIEPP



Con la colaboración de:



# Cambio climático en España y sus consecuencias (segunda parte)



## Antonio Serrano Rodríguez

Doctor ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Presidente de Fundicot y catedrático de Urbanística y Ordenación del Territorio

### Resumen

Tras una primera parte publicada en la ROP nº 3574, en la que se realizaba una breve síntesis de lo que significaba el Acuerdo de la COP21 de Cambio Climático, en este artículo se hace una primera referencia a los nuevos acontecimientos internacionales acaecidos desde la redacción del mismo, y se sintetizan los principales efectos previsibles para este país del calentamiento global, con su incidencia sobre incendios y sequías, sobre inundaciones y olas de calor; sobre cambios en la vulnerabilidad territorial, en los ecosistemas, en la biodiversidad, y en el riesgo de introducción y expansión de enfermedades y pandemias propias de zonas más meridionales, con los consiguientes efectos sobre la salud y la seguridad sanitaria. Igualmente se hace una aproximación, a la vista de los citados efectos, sobre las medidas más urgentes a establecer en este país, fundamentalmente en adaptación al cambio climático, tanto en el medio rural como urbano, con particular referencia al tema del agua, la energía y la costa. Y, en paralelo, se destaca cómo todos los cambios necesarios para mitigación y adaptación del cambio climático, son también una oportunidad de inversión y generación de nuevo valor añadido y empleos en campos específicos como las energías renovables, la economía verde o circular, o una I+D+i con importantes retornos a medio plazo.

### Palabras clave

Calentamiento global, cambio climático, riesgos para la población, temporales, inundaciones, sequías, pérdidas económicas

### Abstract

*Following the publication in ROP No. 3574 of the first part of the article on climate change, in which the author outlined the significance of the Paris Agreement (COP21) on Climate Change, the present article goes on to describe the new international scenario following the drafting of the agreement. The article summarises the main foreseeable effects of global warming for this country and its effects on fires and droughts, floods and heat waves, on changes in territorial vulnerability, in ecosystems, in biodiversity and on the risk of introduction and expansion of diseases and epidemics prevalent to more southerly climes, with all this implies to health and health security. In the light of these effects, the author also considers the most urgent measures to be established in Spain and fundamentally the adaptation to climate change in both the rural and urban environment, with particular reference to water, energy and cost. The author emphasizes that the changes necessary in this country for the mitigation and adaptation of climate change, also serve as an opportunity for investment and new valued-added generation and employment in specific fields such as renewable energy, the green or circular economy, or in R&D with important returns in the mid-term.*

### Keywords

*Global warming, climate change, population risks, storms, floods, droughts, economic loss*

## 1. Introducción

El 22 de abril, coincidiendo con el Día Mundial de la Tierra, 171 países de los 195 que llegaron al Acuerdo de la 21ª Conferencia de las Partes de la Convención Marco de Cambio Climático (COP21), celebrada en París en diciembre de 2015, firmaron dicho acuerdo, dando inicio al proceso de ratificación del mismo. Pero la entrada en vigor del acuerdo

señalado, al que nos referimos “in extenso” en el artículo anterior, sólo se producirá cuando 55 países (o partes, de las que la UE es una de ellas), que sumen un mínimo del 55 % de las emisiones globales, lo hayan ratificado.

Que 171 países se hayan reunido en la sede de Naciones Unidas para la firma del acuerdo ya es un hito extraordina-



rio. Pero es un hito que puede quedarse en papel mojado, como también se señalaba en el artículo anterior, si EE. UU. y China, fundamentalmente, no llegan a ratificar el acuerdo. Y, por desgracia, ya tenemos la experiencia del Protocolo de Kioto, inicialmente firmado por EE. UU., pero posteriormente no ratificado, ante el cambio de presidente de un partido demócrata a uno republicano, que se opuso frontalmente a un protocolo que sólo obligara a los países desarrollados. Donald Trump, entre otras muchas de sus salidas de tono, ya se ha opuesto a la ratificación del acuerdo. Hillary Clinton ha manifestado su apoyo, pero no precisamente haciendo del mismo una de sus líneas políticas básicas, como sí ha hecho hasta ahora Obama.

A lo que se añade que la India y China, ya en las reuniones de París, mantuvieron una fuerte postura crítica sobre la no consideración de los “compromisos diferenciales”; y pueden ser muy sensibles en sus comportamientos a cambios de posturas en EE. UU. De hecho, defendían que no puede

exigirse el mismo esfuerzo a los países desarrollados que a los que se encuentran en la senda del desarrollo, al margen de sus niveles de emisión de gases de efecto invernadero (China es el principal emisor mundial y la India el tercero), aduciendo los principios básicos ya establecidos al respecto en la propia constitución de las COP de Cambio Climático.

Mientras, las noticias de los últimos tres meses nos siguen hablando de cómo las sequías (las peores en los últimos 30 años, en palabras del secretario general de Naciones Unidas) o la intensificación de los procesos meteorológicos asociados a El Niño, se han llevado por delante las cosechas en Guatemala, Etiopía, Lesoto y otros países del África subtropical y austral (en muchas áreas de Angola, Botswana, Madagascar, Malawi, Mozambique, Namibia Sudáfrica, Zambia, Zimbabue, la actual temporada de lluvias ha sido la más seca de los últimos 35 años). Estas sequías están acabando con los cultivos de subsistencia de los que dependen buena parte de las más de tres cuartas partes de la población de



estos países dedicadas a la agricultura, generando nuevas hambrunas, tensiones migratorias y el resurgimiento de las tasas de mortalidad.

En paralelo, los últimos datos disponibles muestran que la concentración de CO<sub>2</sub> equivalente en la atmósfera ha experimentado el mayor aumento anual nunca registrado (+3,76 ppm, de febrero de 2015 a febrero de 2016). Y lo más preocupante es el ritmo de crecimiento en esa concentración responsable del calentamiento global, que nuevas investigaciones científicas parecen asociar a que son los cambios en los usos del suelo y la gestión agrícola y de residuos los que han alterado el flujo biogénico terrestre de emisiones de gases de efecto invernadero, produciéndose en la actualidad más emisiones que absorciones por parte de la propia tierra. Saldo emisor que sumado al asociado a las actividades antropogénicas cotidianas, es el que explica el fuerte incremento en las concentraciones totales encontradas, y la preocupante espiral acumulativa que la misma puede generar.

Desde otros informes de este primer trimestre de 2016 se señalaba que el hielo del Ártico ha alcanzado su mínimo invernal desde que se mide, con temperaturas registradas superiores en 16 °C a lo habitual; o la NASA señalaba que la temperatura media global del mes de febrero de 2016 ha superado en 1,35 °C la referencia respectiva de la segunda mitad del siglo XX, encontrándonos ya demasiado cerca de los 2 °C de incremento del calentamiento global respecto a 1870, previsto como objetivo del acuerdo para finales de este siglo.

Nada nuevo con respecto a lo que se señalaba en la primera parte de este artículo, donde las principales conclusiones y hacían referencia a que, al margen del comportamiento de la UE y de España, las posibilidades de que el calentamiento global se mantenga por debajo de los 2 °C de incremento respecto a los niveles preindustriales es muy reducida; y probablemente esta temperatura se alcance antes de 2030, siendo de desear que la dinámica de calentamiento no sea mayor. Porque lo primero que se señalaba es el fuerte incremento de riesgos que se asocian a progresivos incrementos de temperatura en el planeta. Riesgos importantes, pero básicamente locales y de afección individualizada a sistemas concretos amenazados (costas, espacios áridos, etc.) si la temperatura no supera los 2 °C; pero asociados a sucesos catastróficos de escala global, si la temperatura supera los 4 °C.

Y, como consecuencia de estos riesgos, se señalaba la importancia de diseñar urgentemente una política potente de adaptación al cambio climático en España, ante unas consecuencias que se irán registrando de forma creciente a medida que la temperatura media global se vaya incrementando progresivamente, tanto en los capítulos hídricos –sequías y áreas de inundación fluvial– como de productividad agraria, de sostenibilidad del medio rural y de los ecosistemas naturales, de afección al litoral –regresión de playas e incremento de los efectos de los temporales–, al turismo, a la salud –expansión de enfermedades tropicales y afecciones respiratorias en ciudades– y al confort ciudadano, sobre todo en áreas urbanas. Y todo ello con consecuencias económicas, incluso en los cálculos más favorables, muy significativas y muy superiores (según demuestran los Informes existentes a nivel global) al coste asociado a las medidas imprescindibles para adaptarse y prevenir los efectos más negativos del calentamiento global.

## **2. Consecuencias previsibles del calentamiento global sobre España. Efectos territoriales y sectoriales**

Las consecuencias para España del calentamiento global y del subsiguiente cambio climático, están directamente asociadas a su creciente influencia en incendios y sequías, inundaciones y olas de calor; a deterioros en nuestras costas y playas y, por ende, del sector turístico; a la pérdida de confort urbano e incrementos en los consumos energéticos asociados a calefacción y refrigeración; a cambios en la vulnerabilidad territorial, en los ecosistemas y en la biodiversidad; a graves afecciones al sector primario y, en particular, a un sector agrario muy dependiente de la disponibilidad de agua. Y ello a la vez que el cambio climático incrementa la posibilidad de introducción y expansión de enfermedades y pandemias propias de zonas más meridionales, con los consiguientes riesgos sobre la salud, que van más allá de los tradicionales “golpes de calor”, de los efectos de la contaminación, y de los asociados a las desgracias humanas por inundaciones o sequías.

Y, además, no se puede olvidar que, indirectamente, el cambio climático tiene también una gran trascendencia en la presión inmigratoria sobre el país, como consecuencia del deterioro de las condiciones de subsistencia en África y Asia meridional. De hecho, se estima que, a medio plazo, entre 1,6 y 5,3 millones de personas se vean forzadas a emigrar por motivos asociados a la incapacidad de lograr la suficiencia alimentaria en el medio rural, y que mucha de esta emigración pretenda tener como destino la Unión Europea.

Las principales consecuencias económicas de todos estos factores se centran en una disminución de ingresos, por la merma de actividad económica en determinados sectores; con particular referencia al sector primario y a uno de los sectores capitales en el valor añadido de la economía española, en la actividad y en el empleo, como es el turismo. A lo que hay que añadir el incremento de las pérdidas materiales asociadas a los señalados procesos catastróficos (inundaciones, sequías, temporales, etc.), sobre la salud o sobre las pérdidas en servicios de los ecosistemas.

En todo caso, hay que destacar que el cambio climático afectará de forma singular al litoral y al medio rural, y debería obligar a una reflexión profunda sobre las transformaciones que ha registrado y está registrando nuestro territorio, sus tendencias si no se interviene para modificar el modelo territorial actual de desarrollo, y sobre la incidencia que este calentamiento global puede llegar a tener sobre la configuración de usos y actividades en el mismo.

### **3. La necesidad de otra política en el medio rural, que opte por un desarrollo rural sostenible**

La agricultura, en 2015, representaba el 2,3 % del PIB a precios de mercado español y del orden del 4 % de las personas empleadas, cuando en 1995 se situaba en el entorno del 4 % del PIB y por encima del 7 % en las personas empleadas. El medio rural asociado a este sector agrario (que aporta cantidades estatales marginales de empleo y valor añadido, que adicionalmente continúan descendiendo) representa, sin embargo, del orden del 80 % del país; y en él, los municipios que podemos considerar netamente rurales (menos de 2.000 habitantes), significan más del 72 % de los 8.125 municipios existentes a 1 de enero de 2016; aunque en ellos sólo reside del orden del 6 % de la población total (que está fuertemente envejecida), y muchos presentan densidades demográficas que geográficamente se consideran propias de los desiertos, porque la agricultura y la ganadería remanente se concentran espacial e intensivamente en un porcentaje muy reducido de todos estos municipios rurales; en los que, adicionalmente, la superficie abandonada por la actividad agraria en los últimos treinta años supera los tres millones de hectáreas, generando un proceso de transformación del paisaje no precisamente ordenado ni racional.

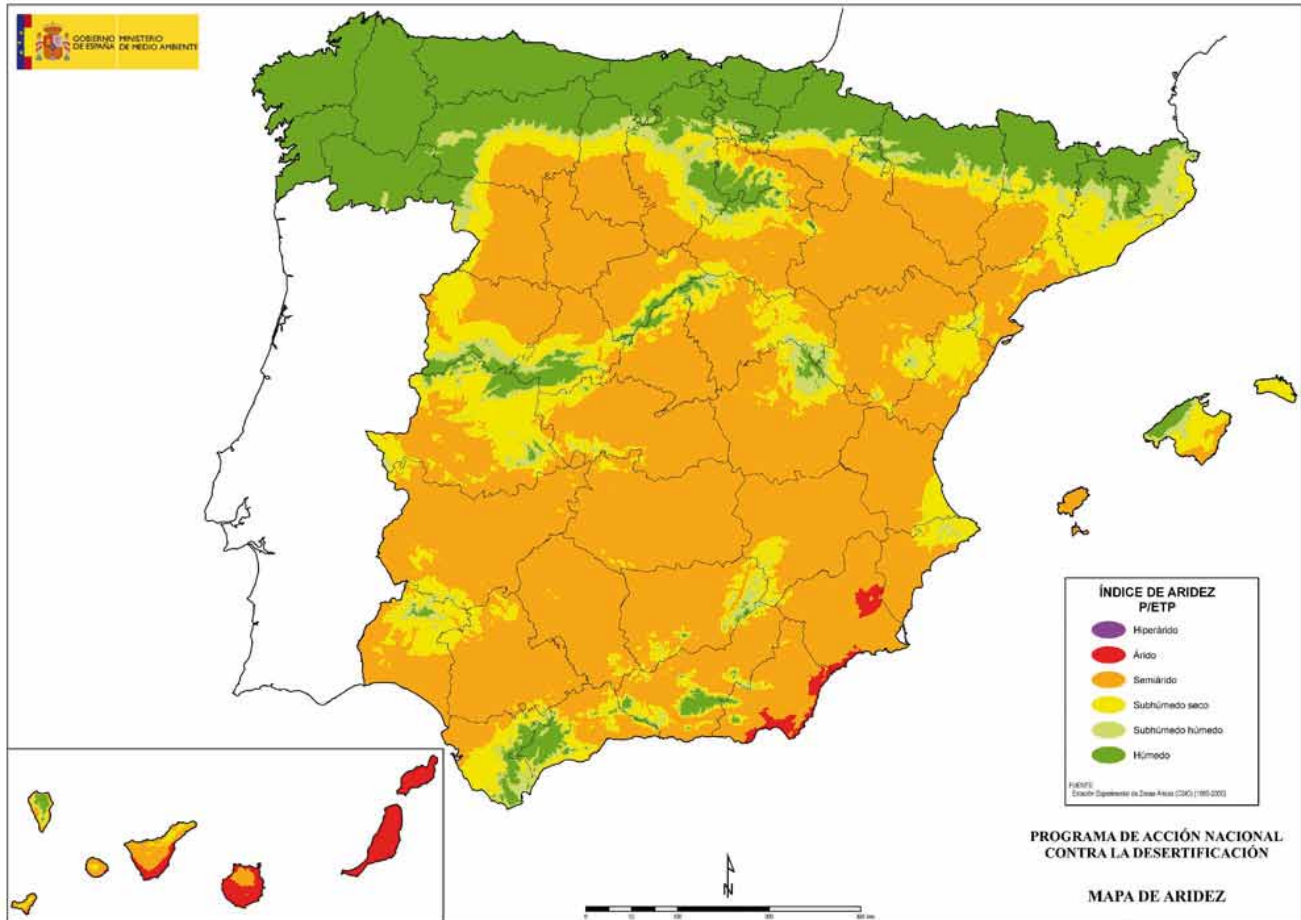
Adicionalmente, las previsiones de la incidencia del calentamiento global sobre la España árida (zonas áridas, semiáridas y húmedas secas), que afecta a cerca de 34 millones de hectáreas, lo que representa más del 67 % de la superficie

nacional, con particular incidencia en Murcia, Comunidad Valenciana, Canarias y Andalucía, son muy negativas; y se concretan en el riesgo de un proceso adicional de despoblamiento, desvertebración, vacío geográfico, y abandono social del medio rural más afectado. Abandono que también incide sobre los ecosistemas presentes en este medio y sus servicios a la población, sobre el paisaje y, por supuesto, sobre la biodiversidad de los mismos.

En este marco, y como parte de la necesaria Agenda 2030 de incorporación de los Objetivos para el Desarrollo Sostenible, asumidos por España en la Cumbre de Naciones Unidas de septiembre de 2015, y de los procesos de Adaptación al Cambio Climático imprescindibles para este país, así como del cumplimiento de los compromisos de Mitigación, también asumidos ante la UE y Naciones Unidas en la COP21 de París, es imprescindible una política territorial integral, que esté integrada con una política de desarrollo rural sostenible que sea coherente con la búsqueda de una resiliencia del sector primario español, que permita que los efectos del cambio climático no se traduzcan en mayores pérdidas, ni de rendimientos ni de un patrimonio natural y un paisaje tan caro a actividades del sector servicios de incidencia creciente en nuestro medio rural.

La Política Agraria Común Europea vigente (PAC) incluye como prioridad, desde una perspectiva coherente con el resto de políticas europeas, el garantizar la gestión sostenible de los recursos naturales en un contexto de incremento de un calentamiento global que previsiblemente terminará consolidando procesos de cambio climático<sup>2</sup>. Sin embargo, la experiencia española muestra que la preocupación por estos procesos se obvia, centrándose las políticas reales en el aseguramiento del acceso a las subvenciones asociadas, pero sin establecer cambios significativos en los comportamientos agrícolas tradicionales, ni de gestores ni de beneficiarios. El imprescindible avance hacia incrementos en la resiliencia del medio rural al cambio climático, brilla por su ausencia.

Sin embargo, la disminución de aportes hídricos, que es una de las principales consecuencias esperables para este país en esas zonas áridas, que ya es perceptible en las tendencias a largo plazo de la precipitación media registrada en ciertos territorios, va a tener una muy fuerte incidencia sobre el modelo agrario basado en el regadío, que se sigue expandiendo como política básica ministerial. Con más de 3,6 millones de hectáreas de regadío, según los últimos datos



extraídos de la Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos, en 2015, del MAGRAMA, que representan más del 7 % de la superficie nacional y del 21 % de la cultivada, la disminución de la disponibilidad estable de agua puede tener resultados catastróficos para el sector.

En los análisis sobre el sector asociados a las consecuencias del cambio climático se establece que nuestro país puede llegar a sufrir disminuciones en la productividad agrícola de hasta el 60 % en cultivos interiores de meseta, o en los de algunas zonas regables con necesidades de nuevas aportaciones hídricas, cuyo coste de acceso las haría inviables. El cambio climático va a favorecer la migración de determinados cultivos a zonas u orientaciones climáticas más adecuadas (ya se está produciendo esta migración en determinados tipos de vides, por ejemplo) pero la enorme inversión asociada a localizaciones agrarias intensivas

de regadío hace imposible tal migración; y puede implicar fuertes pérdidas en capital invertido si no se prevén ya en la actualidad los riesgos asociados a cada nueva inversión.

En la fachada Mediterránea (Almería, Murcia, Alicante, Valencia) y con menor intensidad en el resto de las cuencas del Guadalquivir, Guadiana, Segura, Ebro y Júcar, así como en las cuencas internas andaluzas y catalanas, el estrés térmico y las sequías irán haciendo más complicado y caro el acceso a nuevas disponibilidades hídricas para el riego, necesariamente asociadas a la desalación, o a pozos de mayor profundidad sobre acuíferos ya muy sobreexplotados y contaminados, que la administración pública tiene la obligación de restaurar. La migración de ciertos cultivos (por ejemplo cítricos) que ya se ha producido en muchas zonas por motivos de especulación inmobiliaria en sus localizaciones costeras, se acelerará al ser las zonas altas de



producción de agua las que irán siendo progresivamente más adecuadas para sustentar cultivos ahora propios de las llanuras y penillanuras costeras.

En este marco, los tradicionales conflictos político-territoriales en España asociados a sequías significativas (periodo de recurrencia del orden de 11 años) se incrementarán por las previsibles mayores sequías asociadas al calentamiento global. Y tendrán una incidencia creciente en ámbitos ya en la actualidad fuertemente conflictivos, con acuíferos sobreexplotados y contaminados, y de previsible incremento en su conflictividad: Cuenca del Segura y Almería; ámbito de Doñana, con incidencia sobre las cuencas del Guadiana y Guadalquivir; Cuenca del Júcar, en el ámbito de Albacete-Valencia; cuenca alta del Guadiana (parque nacional de las lagunas de Daimiel); Madrid y su incidencia en el trasvase del Tajo; y Delta del Ebro.

Por otra parte, el incremento de temperatura y la disminución de la humedad ambiente por la reducción de las aportacio-

nes hídricas (además con previsible fuerte incremento en la irregularidad de dichas aportaciones) aumentará el riesgo de incendios forestales. Riesgo acrecentado por los terrenos de uso agrario abandonados que se van incorporando al monte (como se ha señalado anteriormente más de 3 millones de hectáreas en los últimos 30 años) y por la insuficiencia de la gestión forestal existente en muchas comunidades autónomas, lo que previsiblemente, y aunque se aumente significativamente el gasto y la eficiencia en detección y extinción de incendios, llevará a incendios de magnitud creciente. Y también en este ámbito falta el necesario esfuerzo de adaptación, control y prevención exigible a una nueva política forestal, que debería ser incorporada a procesos de potenciación y valoración social de los servicios de los ecosistemas, e integrarse en una política ambiental asociada al desarrollo rural y a una ordenación integral del territorio.

De hecho, la necesaria adaptación a los procesos señalados hace imprescindible la consideración de procesos de

ordenación territorial a largo plazo, con la consideración de los Escenarios prospectivos que la investigación sobre los Escenarios de Cambio Climático vaya estableciendo para la evolución climática en las distintas zonas de nuestro territorio. Esta ordenación del territorio, que puede y debe ser un proceso de creación de riqueza, debe incluir acciones y perspectivas integradas, debe sustentar un nuevo enfoque de un desarrollo rural sostenible compatible con esos Escenarios de Cambio Climático, adaptar los instrumentos de apoyo a una política agraria resiliente frente al mismo, que sea conservadora del patrimonio natural y cultural, a la vez que garantista de las producciones, rendimientos y rentas del sector para asegurar su permanencia, así como su insustituible aportación al mantenimiento de los servicios globales de los ecosistemas.

Esta labor pública debe permitir que los agentes productivos y sociales del sector prevean y adopten las decisiones más adecuadas y con menor riesgo individual y colectivo, a medio-largo plazo.

#### **4. Consecuencias litorales del calentamiento global en España**

Las principales consecuencias que se asocian al calentamiento global con incidencia en el litoral son, en lo que afecta al medio marino y a la interface terrestre-marítima: la elevación del nivel del mar, la regresión de las playas, la subsidencia de deltas, la mayor frecuencia e intensidad de temporales, y el calentamiento y acidificación de los océanos, con la consiguiente afección a la biodiversidad y a la disponibilidad de recursos pesqueros.

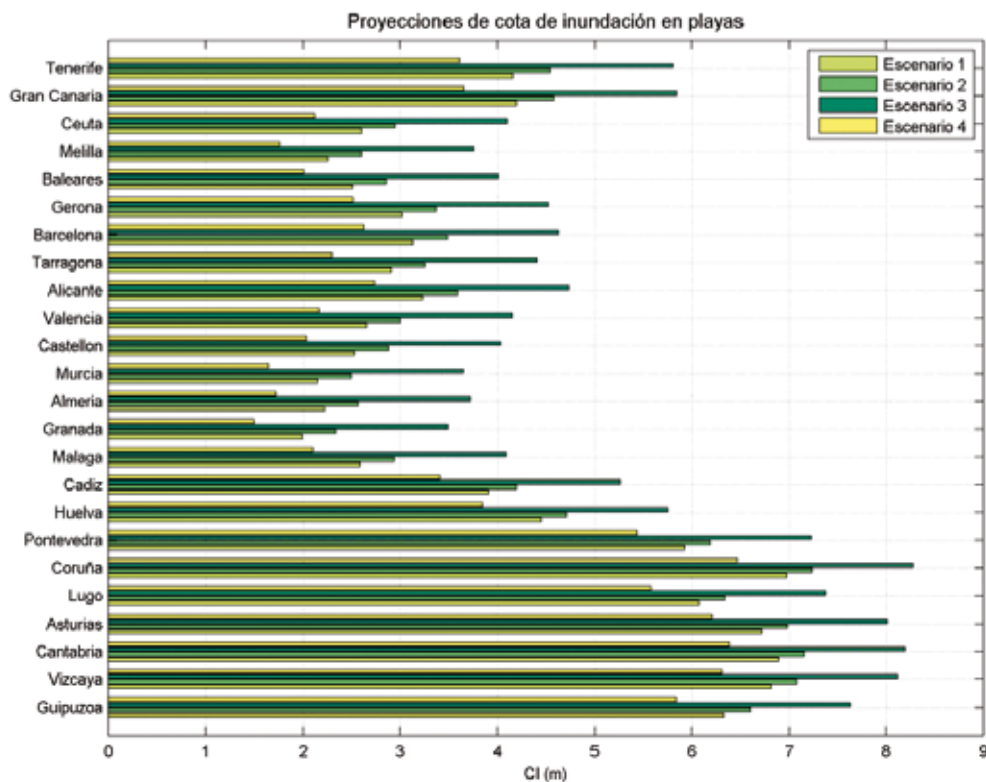
Los factores con incidencia más significativa en la transformación del litoral, con afección potencial a las actividades desarrolladas en el mismo, se destacan en el documento: “Cambio Climático en las Costas Españolas. 2014” realizado por el Instituto de Hidráulica Ambiental de Cantabria (IHAC) para el MAGRAMA. Y se pueden sintetizar en:

- Incremento del nivel del mar y aumento de la altura de ola significativa, con efectos estructurales sobre la pérdida de playas, afección a edificaciones e infraestructuras, intrusión marina y salinización de acuíferos, pérdida de humedales y pérdida de biodiversidad. Para España, el IHAC sitúa el incremento previsible del nivel del mar en 60-75 centímetros para finales de siglo (entre 1 y 3 mm/año, con fuertes desigualdades de costa a costa) con una mayor incidencia en el Cantábrico (también por aumento de la intensidad del

oleaje) y Canarias; pero también en los deltas porque en ellos está bajando, por subsidencia, el nivel de terreno. Pero estas cifras pueden llegar a ser muy superiores, como señala el propio documento y se destaca a nivel internacional, si se aceleran los procesos de deshielo del Ártico, o si se supera alguno de los “tipping points” definidos por los científicos que podrían contribuir de forma importante a elevar el citado nivel del mar. Elevación que los datos internacionales muestran que se está acelerando en los últimos años, aunque todavía dicho aumento se sitúa en cifras reducidas.

- El incremento en frecuencia e intensidad de tormentas y temporales, con las mismas afecciones que el incremento del nivel del mar, pero más puntuales y de efectos más catastróficos. En España cada vez son más frecuentes las afecciones a las playas por los temporales y más elevados los gastos necesarios para reponer y corregir sus efectos; y dicha afección se verá incrementada por la subida del nivel del mar. Los ámbitos más afectados, según el citado IHAC, están siendo amplias zonas del Mediterráneo y de Canarias, aunque la afección es creciente en el Cantábrico. El período de retorno de 50 años para las costas españolas sitúan sus efectos en elevaciones de la altura de ola de hasta 8,5 m en el Mar Cantábrico y Galicia; de 4 m en el Golfo de Cádiz; de 5,5 m en Fuerteventura; y de entre 2,5 m y 3 m en el Mediterráneo y la mayoría de las Islas Canarias. Y, a su vez, prevén que de seguir la tendencia registrada en los últimos años hasta el 2040, el período de retorno será menor (ocurrencia de los fenómenos cada menos años) y la cota de inundación por temporales aumentará una media del 8 % en la fachada norte de la costa española y el Mar de Alborán (unos 20 cm más de cota de inundación); del 6 % en el sur-sureste de las Islas Canarias; y entre un 2 y un 3 % en el Golfo de Cádiz y el resto del litoral Mediterráneo. El acaecimiento de “tipping points” con una potencial elevación normal del nivel del mar del orden de 2m, incrementaría muy sensiblemente la altura de inundación por temporales, situándolas, según el citado Instituto, en el Cantábrico en torno a los 9 m, y en el Golfo de Cádiz en torno a 6 m, lo que tendría efectos catastróficos para la población y las propias ciudades y territorios afectados. La Figura siguiente resume los Escenarios planteados por el trabajo citado:

- Desestabilización del equilibrio en las playas y deltas por la menor aportación de caudales de agua dulce al mar, condicionada por la menor precipitación esperable en España, y por la realización de embalses y derivaciones para regadíos aguas arriba de las desembocaduras, que han disminuido



**Cota de inundación asociada a 50 años de periodo de retorno para los distintos escenarios de cambio climático por provincias.**  
Fuente: IH Cantabria

radicalmente la aportación de caudales y de sedimentos a la costa. A lo que se une, en ciertos litorales, fenómenos de subsidencia de las llanuras costeras (especialmente en los deltas) que potencia la erosión asociada al aumento del nivel del mar, al disminuir la cota del terreno. En España el citado IHAC señala que las zonas con mayor subsidencia son el Delta del Ebro y la desembocadura del Guadalquivir.

- Aumento de la temperatura del mar en superficie, con afectación a los ecosistemas marinos y una mayor proliferación de algas y medusas, aunque a su vez se produzca una mayor adecuación para el baño en los ámbitos actualmente de aguas más frías. Este calentamiento, junto a la acidificación de los océanos, están teniendo consecuencias muy graves sobre las corrientes oceánicas, sobre la biodiversidad y sobre los recursos pesqueros. Y no hay que olvidar que la pesca, en España, tiene una gran trascendencia en el empleo y la producción de ciertas regiones, y en el consumo del conjunto del país.

En este marco es imprescindible tener en cuenta la incidencia de estos factores sobre un sector como el turístico, básicamente

centrado en el turismo de sol y playa en España, en el que estas últimas juegan un papel fundamental. En efecto, la última cuenta satélite del turismo en España, elaborada por el INE para 2012, situaba a este sector con un peso en el entorno del 11 % del PIB, del 12 % del empleo, y con una aportación neta a la balanza de pagos de 33.344 millones de euros.

Tras el bajón asociado a la crisis de 2008, el turismo en España ha registrado una clara mejora entre 2012 y 2015 (68,1 millones de turistas internacionales con 67.385 millones de € de gasto, en 2015) proporcionando al sector una posición privilegiada en lo que ha sido la recuperación macroeconómica y del empleo, aunque éste sea básicamente precario y temporal. Pero este turismo de sol y playa tiene multitud de competidores potenciales, algunos de ellos actualmente fuera de los mercados por la afición a la seguridad en sus territorios (primaveras árabes, conflictos migratorios, terrorismo,...) pero que van siendo ampliados por la generalización de los vuelos “low cost”. Y, en este marco, hay que situar claramente el hecho de que el cambio climático es una amenaza muy importante para el turismo en España,

tanto para el turismo en general (no sólo el de sol y playa), como para muchas de las infraestructuras litorales asociadas (puertos deportivos, resorts, etc.) que tendrán que adaptarse a los nuevos riesgos que inciden de manera desigual sobre las seis comunidades autónomas (Cataluña, Canarias, Baleares, Andalucía, Madrid y Comunidad Valenciana) más beneficiadas por la actividad turística, en las que todas salvo Madrid –y en menor proporción Cataluña- tiene un papel fundamental el turismo de sol y playa.

En 2015, el Índice de Competitividad de Viajes y Turismo 2015, del Foro Económico Mundial, situaba a España en la primera posición entre los 141 países considerados. Esta posición el Foro la asociaba a la valoración dada a los recursos culturales españoles (la mejor posición en el ranking mundial), la infraestructura (segundo puesto mundial), la adaptación a los nuevos consumos digitales (cuarto lugar), y al apoyo del Gobierno al sector (sexta posición). Sin embargo, con respecto a los recursos naturales, España quedaba en el puesto 14; y peor posicionada con respecto a la seguridad y adecuación de sus tecnologías de la información (puesto 31), salud e higiene (puesto 33), recursos humanos (puesto 34), política de precios (puesto 105) y ambiente empresarial (puesto 110), destacando las críticas del Informe a las dificultades burocráticas para establecer un negocio, las rígidas leyes laborales y las dificultades para obtener permisos de construcción. Críticas consistentes con la visión metodológica y los intereses implícitos a los indicadores de competitividad del Foro Económico Mundial.

En todo caso, y como se aprecia, salvo en lo que se refiere a los recursos naturales, el Foro no considera aspectos que puedan venir relacionados con el cambio climático salvo de una forma muy indirecta. Sin embargo, en estos ámbitos litorales, entre los problemas estructurales que los expertos asocian al sector, destaca el desarrollo de cambios en el urbanismo y ordenación territorial del litoral, con una ausencia muy importante de medidas de gestión integrada de zonas costeras y de prevención de riesgos futuros. La urbanización desmedida de ciertos espacios litorales –y en particular los anexos a las playas- han colaborado a romper los equilibrios generados por las brisas marinas, ayudando a la erosión costera; han destruido o degradado ecosistemas de gran valor, con infraestructuras de particular afección a la Posidonia, y han generado, mayoritariamente, una fuerte pérdida de calidad paisajística y empeoramiento de sus atractivos turísticos; a la vez que han incrementado de forma muy significativa los costes

de los temporales sobre el frente costero, fundamentalmente por infraestructuras y viviendas situadas en zonas que deberían estar declaradas como de dominio público marítimo-terrestre y exentas de este tipo de construcciones. Adicionalmente, la modificación de la ley de costas de 2013, ha postergado injustificadamente la posible solución de este problema, incrementando incomprensiblemente los efectos negativos esperables sobre el litoral.

De cumplirse las previsiones disponibles, en pocas décadas se reducirá sustancialmente la anchura de la mayor parte de nuestras playas, y varias urbanizaciones y numerosas edificaciones quedarán sometidas al efecto directo del oleaje, con prioridad en el Cantábrico, Canarias y en los deltas. Los expertos nos señalan que para el año 2050 se habrá producido un retroceso medio de 15 metros en el conjunto de las playas españolas, y valores de más del doble en algunas playas concretas. Los resultados de cada nueva investigación sobre el proceso tienden a agravar y acortar en el tiempo los efectos previsibles. Y en este sentido, aunque ya ha habido decisiones tomadas por Comunidades como Asturias, Cantabria o Cataluña, con 500 metros de prohibición de nueva construcción en la zona litoral, ésta política debería generalizarse, al menos puntualmente, porque en las próximas décadas las fachadas marítimas urbanas están expuestas a sufrir daños muy significativos y crecientes por la acción del mar. Y ya no se trata solo de cuidar una actividad –la turística- que exige calidad y sostenibilidad en el empleo y en la rentabilidad para mantenerse; o de ir corrigiendo la localización de las edificaciones sujetas a riesgo, sino también de impedir que se siga actuando con políticas urbanísticas y territoriales que agraven aún en mayor medida el problema, objetivos hacia los que las modificaciones en la regulación de costas de 2013 no van precisamente a colaborar.

## 5. Algunas consideraciones finales

En un artículo de dimensiones necesariamente reducidas es imposible abordar la complejidad de los riesgos para España de un calentamiento global difícilmente evitable, y las consecuentes medidas urgentes de adaptación a este calentamiento que precisa un país como España altamente vulnerable a sus efectos. Porque España, con su fuerte dependencia de los combustibles fósiles, la vulnerabilidad climática que le confiere su posición geográfica, la aridez de una gran parte de su territorio, y su litoral densamente ocupado (44 % de la población española más la masiva afluencia turística), necesita acometer estrategias de emergencia, sobre todo

en el campo de la adaptación, ante la constatación de que va a ser casi imposible evitar unos niveles de incremento de temperatura media por encima de los 2 °C.

Lo que requiere con urgencia, entre otros aspectos, iniciar los procesos de intervención que le permitan modificar su modelo territorial (configuración de usos y actividades) adaptándolo lo antes posible a los nuevos condicionantes climáticos. Es fundamental la elaboración generalizada de planes de ordenación del territorio y urbanísticos con programas de actuación en el próximo quinquenio, especialmente en los territorios de mayor vulnerabilidad (litoral, ciudades y medio rural de la España árida, servicios de los ecosistemas, etc.) dirigidos a evitar los mayores riesgos y conflictos previsibles. Y, obviamente, estas medidas deben formar parte de un todo que también considere las medidas precisas para cumplir los compromisos internacionales sobre Mitigación y otros de mayor complejidad y alcance como los asociados a la necesaria Agenda 2030 a elaborar.

Ha de haber un importante esfuerzo de diagnóstico, evaluación de medidas y reflexión estratégica que permita elaborar la Hoja de Ruta Española al 2030 (Agenda 2030) en la que se incorporen las medidas de adaptación y mitigación del Cambio Climático, antes de 2018, que deben ser compatibles con los objetivos de la Hoja de Ruta Europea de llegar a una economía sin carbono para 2070/2080.

Esta Hoja de Ruta española le debe permitir ir más allá de la contribución presentada en la COP21, de forma que pueda comunicar sus nuevos objetivos en 2017, para que en 2020 se integren en la primera revisión del Acuerdo de París. Y ello en paralelo a elaborar un nuevo y efectivo Plan Nacional de Cambio Climático que permitan seguir la senda establecida por la UE de reducción del 80 % de emisiones para el 2050, realizando cambios profundos y trascendentales en todo el conjunto del sistema productivo y de consumo español. Adicionalmente, esta Hoja de Ruta y Plan Nacional han de ser compatibles, concordantes y estar coordinados con la señalada Agenda 2030 con la que cumplir los compromisos internacionales asumidos por este país, para avanzar en la senda de los Objetivos de Desarrollo Sostenible acordados en la COP correspondiente de Naciones Unidas, en septiembre de 2015.

¿Será capaz de enfocar el nuevo Gobierno que resulte de las elecciones de junio de 2016 este proceso con coherencia y racionalidad? **ROP**



#### Notas

(1) Firmadas por 23 científicos en la Revista Nature 531, de 10 de marzo de 2016: "The terrestrial biosphere as a net source of greenhouse gases to the atmosphere"

(2) El primer pilar de PAC (pagos directos) incorpora pagos para el denominado "greening": prácticas para mejorar la sostenibilidad de la producción, desarrollo de áreas de interés ecológico, rotación de cultivos o mantenimiento de pastos permanentes, entre otras. En el segundo pilar, desarrollo rural sostenible, es prioritaria la lucha contra el cambio, tanto en su faceta de mitigación como de adaptación.



## La cuestión nuclear, fríamente



### César Lanza

Ingeniero de Caminos - Tecnova I&S

Pertenece a IEEE - Power and Energy Society y IAEE (International Association for Energy Economics)

#### Resumen

Uno de los asuntos de mayor envergadura que están a la vista en el curso de la política energética de España es la decisión que tomen las autoridades sobre el futuro de la generación nuclear. Las preferencias declaradas por los partidos políticos en sus programas electorales y sus tomas de posición en el interregno desde las Elecciones Generales del pasado diciembre revelan dos bloques enfrentados: los partidarios de prorrogar en determinadas condiciones la autorización de las centrales más allá del límite inicialmente prescrito de cuarenta años y quienes, oponiéndose a tal posibilidad, son partidarios de su cierre a término. Este artículo expone, en primer lugar, algunos hechos sobre la tecnología nuclear de generación eléctrica que afectan a su futuro en Europa e incluso a escala más global. Adicionalmente, se plantean ciertas consideraciones locales que, en opinión del autor, deberían valorar desapasionadamente quienes tengan la responsabilidad de decidir sobre el futuro a largo plazo de las plantas nucleares que operan en España.

#### Palabras clave

Sistema eléctrico, política energética, cambio climático, energía nuclear, Unión Europea, innovación, desarrollo tecnológico

#### Abstract

*One of the most far-reaching questions currently affecting energy policy in Spain is the decision to be taken by the authorities regarding the future of nuclear power. The preferences declared by political parties in their electoral programmes and the standpoints taken during the political impasse following the General Elections last December, reveal two clearly opposing blocks: those in favour of extending, under certain conditions, the life of nuclear power plants beyond their initially conceived design life of forty years; and, those opposing the same and in favour of their closure. This article starts out by detailing certain aspects regarding nuclear technology for electricity generation that affect its future both in Europe and on a more global scale. The article also raises certain local considerations that the author feels should be open-mindedly assessed by those deciding upon the long-term future of nuclear power plants operating in Spain.*

#### Keywords

*Power grid, energy policy, climate change, nuclear power, European Union, research, innovation*

A principios del pasado mes de marzo presentaba su dimisión el director financiero de EDF, el gran grupo energético francés<sup>1</sup>. La razón que dio pie a esa decisión fue su disconformidad con la postura del gigante galo en relación con el proyecto denominado Hinkley Point C. Se trata de la tercera fase de un complejo nuclear en Somerset (Reino Unido) que está previsto ampliar próximamente con la construcción de dos nuevos grupos equipados con sistemas EPR<sup>2</sup> (*European Pressurized Reactor*), añadiendo a esa instalación una potencia de 3.200 MWe. El nuevo desarrollo nuclear de Hinkley Point C, aprobado por el gobierno británico en 2008 y adjudicado a EDF, es objeto de controversia desde hace tiempo. El proyecto está valorado, a fecha de hoy, en 18.000 millones de libras esterlinas (23.400

millones de euros, es decir una inversión estimada de 7,3 M€/MWe); pero la decisión no ha estado exenta de dudas por ambos lados y el último episodio recogido por la prensa expone a los ojos del público un obstáculo serio que afecta a la más reciente tecnología nuclear europea: el riesgo de construcción y licenciamiento de las futuras centrales en coste y plazo. Especialmente áspero está resultando para el fabricante del reactor y demás equipos de la isla nuclear (Areva, actualmente propiedad de EDF) el tránsito de su tecnología EPR (tercera generación avanzada, Gen. III+) desde los gabinetes y laboratorios hasta la realidad operativa de su explotación comercial, aún por iniciarse. Según informan los medios del sector, dos de las cuatro plantas europeas actualmente en construcción que están



**Rendering de la futura central nuclear de Hinkley Point C, en Somerset (Reino Unido)**

equipadas con esa tecnología sufren irritantes desajustes en relación con los planes previstos: Flamanville, en Francia (6 años de retraso y un coste final por encima del 300 % del inicialmente aprobado) y Olkiluoto-3, en Finlandia (entre 8 y 10 años de retraso previsto y una desviación de 5.000 millones de euros sobre el precio ofertado de 3.000 millones).

Los hechos anteriores llevarían a pensar que, al menos en Europa, el papel de la energía nuclear en el futuro de la producción industrial de electricidad se encuentra en cuestión, no solo por los habituales problemas de rechazo del sector antinuclear de la opinión pública, exacerbados por el último y grave accidente de Fukushima Daiichi, sino por algo aún más básico como es la viabilidad técnico-económica de esta clase de instalaciones. Anticiparemos aquí mismo que tal veredicto no debe proclamarse a la ligera; bien sabemos desde los tiempos de Laplace que no es posible extraer conclusiones generales de una situación particular por llamativa que esta sea. Aún así, y dejando de lado la manida cuestión sobre el “lado oscuro” de esta tecnología de producción de electricidad que la vincula con riesgos potenciales de proliferación de armas nucleares y los todavía más indeseables de terrorismo, la duda no puede calificarse de insustancial o carente de fundamento. En uno u otro sentido, la valoración global de la energía

nuclear y sus perspectivas de futuro merecen una mirada amplia y fría, tan desapasionada como se pueda y con alcance temporal suficiente.

Ciertamente no se conoce ningún plan sobre construcción de nuevas centrales nucleares en España y por esa razón nuestro país se encuentra aparentemente libre de incurrir a medio plazo en riesgos como los que afectan a los proyectos antes mencionados en el Reino Unido, Francia y Finlandia. Sin embargo, las plantas que operan desde hace aproximadamente tres décadas en territorio español afrontarán en breve la expiración de su licencia de operación, otorgada por un plazo de cuarenta años tras la autorización inicial. La posible extensión de su vida útil, sujeta a las debidas condiciones de seguridad y otros factores relevantes como pueden ser los económicos o de interés público, es una cuestión que arrastra polémica desde la parada provisional y desconexión de la C.N. de Sta. María de Garoña (previa al cierre) en diciembre de 2012. La prórroga o en su caso la clausura a término de las restantes plantas nucleares españolas ha adquirido aún mayor visibilidad con motivo de las Elecciones Generales del pasado diciembre y el tema se encuentra en la agenda a corto plazo de los partidos políticos. Quien gobierne próximamente España deberá decidir sobre el futuro de siete centrales en total,

con una potencia instalada de casi 7.400 MWe y una producción que representa actualmente algo más del 20 % de la demanda nacional. Palabras mayores, sin duda.

### **El futuro de la tecnología nuclear en la industria eléctrica**

Hace no demasiados años, concretamente en 2008, la Asamblea General de la Power and Energy Society del IEEE (la asociación profesional de los ingenieros eléctricos más representativa a escala mundial) presentaba el asunto del “renacimiento nuclear” –*The Nuclear Renaissance*– como uno de los temas-estrella de la reunión. Reconocía con ello la comunidad técnica el renovado interés en una especialidad que avanzaba entonces en aspectos relevantes (seguridad de operación y capacidad de las centrales, esencialmente) y que al ser neutral frente al clima, constituye actualmente una alternativa seria a otras formas de generación termoeléctrica productoras de gases de efecto invernadero. De hecho, en aquellos momentos, las perspectivas que se consideraban dentro del sector no podían ser más halagüeñas pues la Agencia Internacional de la Energía (IEA) estimaba probable que entre 2008 y 2030 se diese un aumento del 80 % en la capacidad nuclear instalada globalmente. Ello supondría que, como media, veintinco nuevos reactores se construirían en el mundo cada uno de esos veintidos años.

Sin embargo dos acontecimientos inesperados, primero la crisis económico-financiera que disparó globalmente la quiebra del banco Lehman Brothers en septiembre de aquel año 2008, y en marzo de 2011 el grave accidente causado en la costa oriental del Japón por la nunca previsible y en aquel caso extrema actividad sísmica, sacudieron violentamente las bases del optimismo pronuclear de la industria eléctrica. Al enfriamiento natural que ambas catástrofes ejercieron sobre lo que parecía un renovado fervor se han unido más tarde otras circunstancias desfavorables, especialmente en el contexto europeo. Hoy día, un renacimiento nuclear, al menos en los términos vigorosos que se esperaba en 2008, se considera poco probable a corto plazo por muchos expertos<sup>3</sup>, aunque desde las instituciones, en particular la Comisión Europea, no se renuncia definitivamente a la idea<sup>4</sup>.

Según datos de la World Nuclear Association<sup>5</sup>, organización raíz de la Sociedad Nuclear Española, actualmente existen 437 centrales nucleares en operación en el mundo y 60 más en construcción. Parece evidente por tanto que, desde un punto de vista global, no puede decirse que la tecnología

nuclear se encuentre en decadencia. Una buena parte de las plantas actualmente en construcción corresponden a China (22) mientras que la actividad es menor en los otros dos grandes países: Rusia (7) y EE. UU. (3). A Europa le corresponden cuatro plantas: aparte de las mencionadas de Flammanville (Francia) y Olkiluoto (Finlandia), las de Mochovce (Eslovaquia) y Cernavoda (Rumanía). Las nuevas centrales nucleares europeas, una vez que entren en servicio, añadirán 4,4 GW a la capacidad total de generación eléctrica hoy disponible en la Unión Europea (1.030 GW considerando el total de instalaciones y tipos de tecnologías de producción). A la vista de estos datos se puede concluir que el ritmo de crecimiento de la tecnología nuclear en Europa es, a fecha de hoy, relativamente bajo. No debe ignorarse, sin embargo, que en varios países europeos y concretamente en el nuestro, la capacidad de producción nuclear ha venido creciendo durante los últimos años por la vía del aumento de potencia de las plantas existentes. En ese sentido, hay que recordar que en España la potencia electro-nuclear ha crecido un 11 % en los últimos años (810 MWe) mediante este procedimiento, menos llamativo pero más eficaz en términos de coste y plazo de ejecución que la construcción de nuevas centrales, aunque ciertamente de alcance más limitado.

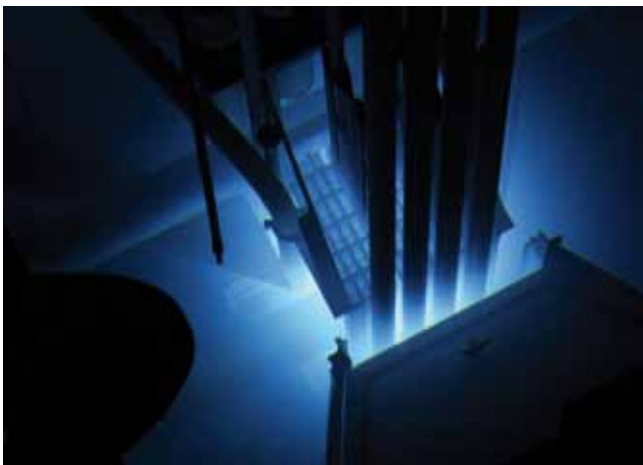
Hacer vaticinios en materia de política energética supone exponerse a un riesgo evidente, por razones históricamente constatables. Por tanto, lo que aquí se diga sobre el futuro nuclear debería tomarse en un sentido tendencial, partien-



**La central nuclear de Olkiluoto (Finlandia),  
actualmente en construcción**

do de hipótesis que los expertos consideran razonables a la hora de formarse un juicio sobre este tema, siempre controvertido. Desde el punto de vista de este artículo conviene referirse a la viabilidad futura de la energía nuclear considerando dos marcos de referencia, uno endógeno y otro exógeno. El primero sería su propia evolución técnico-económica, es decir los hechos que afectan al estado del arte de esta tecnología de generación de electricidad. La cuestión a considerar es si serán suficientemente competitivas y seguras las centrales post-Fukushima, en comparación con otros tipos de instalaciones de producción industrial de energía eléctrica. El segundo de ellos se refiere al contexto regulatorio y de mercado en que operan las empresas eléctricas. ¿Resultará atractiva a los agentes económicos del sector eléctrico (*utilities*), empresas cotizadas y expuestas a los mercados financieros, la inversión en activos de elevado coste de capital y riesgo incierto, cuya rentabilidad exige controlar el proceso de construcción más una estabilidad a largo plazo en la explotación nada fácil de garantizar a priori?

Casi desde el origen de esta tecnología de generación de electricidad (el discurso ‘*Atoms for Peace*’ del presidente Eisenhower en la ONU en el año 1953 y la subsecuente Conferencia Internacional Sobre el Uso Pacífico de la Energía Atómica celebrada en Ginebra dos años más tarde) existe controversia sobre los costes reales de la energía nuclear. Tales costes, *overnight* e IDC o financieros, deben contemplar no solo la construcción sino el ciclo de vida completo de las instalaciones (EPC+OM+desmantelamiento) y del combustible nuclear (incluyendo almacenamiento a largo plazo de los residuos), separados de las subvenciones di-



Núcleo del reactor experimental PULSAR (Gen. IV)

rectas e indirectas que pueda recibir esta tecnología. La cuestión de los costes nucleares se plantea en un contexto en el cual el rigor del análisis y la imparcialidad de juicio exigibles a cualquier estudioso independiente se encuentra con los problemas nada desdeñables de la dificultad de acceso a una información fidedigna y realmente relevante sobre el particular, que raramente es de dominio público, y de la propensión contextual al sesgo de los informes que circulan sobre el tema. Esta última se advierte en un buen número de ocasiones y surge de la habitual confrontación entre posturas contrarias que tienden a orientar el sentido del juicio del lector. Por un lado, consecuencia de la sensibilidad antinuclear predominante en determinados ámbitos de la política y movimientos sociales<sup>6</sup>, y en el lado contrario, en razón de los intereses de las empresas que han invertido y explotan económicamente este tipo de instalaciones<sup>7</sup>.

Las circunstancias por las que pasan los proyectos nucleares más importantes actualmente en construcción dentro de la UE y también alguno de los nuevos en cartera, como el de Hinkley Point que se ha mencionado en el preámbulo del artículo, son desde luego motivo de inquietud. Puede pensarse que los problemas asociados a la novedad de una tecnología extremadamente compleja por razones de seguridad, la de los reactores EPR de la denominada Generación III+, podrían ser superables y asumibles dentro de la curva de aprendizaje del fabricante. Aunque la experiencia acumulada y la excelencia tecnológica que el sector nuclear acredita desde su origen llevarían a considerar probable que eso sucediese, no puede, sin embargo, descartarse totalmente que surjan nuevos inconvenientes de solución incierta. La división de pareceres que recogen los medios especializados obliga a no descartar por prudencia ninguna de esas dos hipótesis.

Dos informes recientes sobre la evolución “realista” que cabría esperar sobre los costes de las futuras centrales en función de lo que parece su tendencia histórica, ofrecen algunas conclusiones de interés. Ambos han sido elaborados por instituciones académicas de investigación sin relación directa de dependencia con el sector pero tampoco próximas a la militancia antinuclear. El estudio de Lévêque y Escobar-Rangel, de CERNA –*Centre for Industrial Economics*–, MINES ParisTech<sup>8</sup>, constata el alza temporal de los costes producida a lo largo del programa nuclear francés, en apariencia como consecuencia del aumento de tamaño (potencia), la mayor complejidad y requisitos de seguridad de las centrales actuales en relación con las plantas de generaciones anteriores. Ello apuntaría a la existencia de deseconomías de

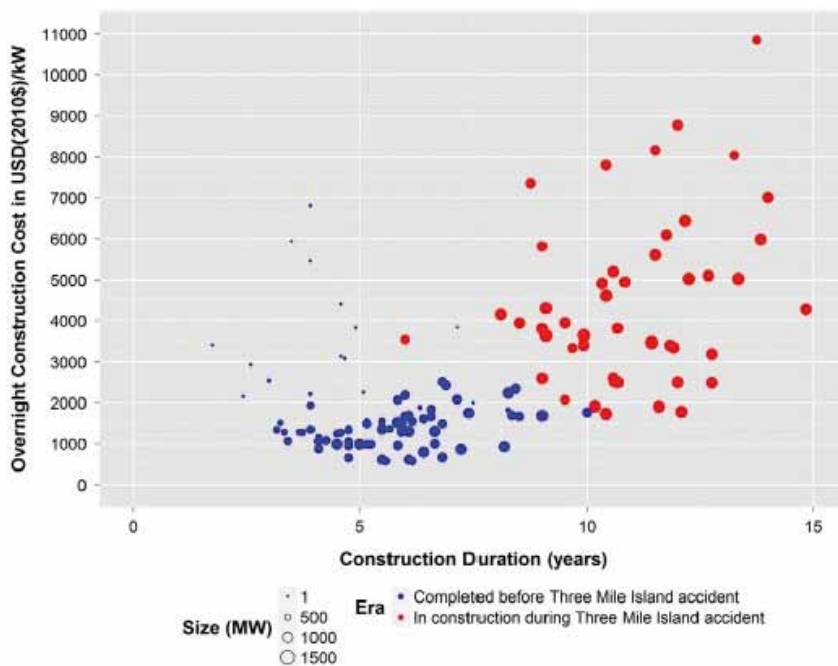


Fig. 1. Evolución histórica de plazo y coste de las centrales nucleares norteamericanas

escala en la tecnología nuclear y a pensar que los esfuerzos en los nuevos desarrollos deberían dirigirse hacia reactores más pequeños y modulares, en los que las restrictivas condiciones de seguridad post-Fukushima sean implantables con menores dificultades técnicas y coste. En relación con la curva de aprendizaje, el informe mencionado arroja alguna duda sobre el sentido del efecto de la experiencia acumulada (conocimiento) sobre la evolución de los costes de construcción y licenciamiento de las centrales, que en el caso francés sería en todo caso menos observable que el beneficio obtenido por ese país a través de la estandarización en serie de los equipos. Puede recordarse, en comparación con Francia, que la variedad tecnológica nuclear española es sorprendente, dado el número de plantas construidas.

El efecto de la curva de aprendizaje en los costes de la industria nuclear, es decir la deseable mejora asociada al conocimiento, la evolución tecnológica y la experiencia que atesora la industria en el transcurso del tiempo, es uno de los puntos centrales que contempla el segundo estudio de referencia, elaborado por Lovering, Yip y Nordhaus. Se trata de un proyecto conjunto de investigación entre el Department of Engineering and Public Policy de Carnegie Mellon University y The Breakthrough Institute<sup>9</sup>. Este informe comprende un número amplio de reactores (349, el 58 % a escala mundial) instalados en siete países, entre ellos los EE. UU. y Fran-

cia. El trabajo presenta conclusiones dispares según cual haya sido la época de construcción, el país concreto y su experiencia industrial en la materia, aunque en lo relativo a aquellas dos naciones, las más nuclearizadas, concluye que el paso del tiempo conlleva aumentos del coste de las nuevas centrales nucleares en lugar de disminución. De manera muy apreciable en el caso norteamericano (figura 1) y menos pronunciada pero también creciente en el francés (figura 2). Las razones que en el primer caso explicarían la sorprendente negatividad de la learning curve derivan según los autores de los requisitos de seguridad exigidos al parque nuclear de los EE. UU. a partir del accidente de Three Mile Island (1979) y la subsiguiente acción firme de la NRC en materia de especificaciones, control de construcción, licenciamiento y supervisión de las centrales.

En cuanto al futuro a más largo plazo a escala global, la cuestión a dilucidar es si afrontarán los nuevos diseños de reactores (la denominada Gen. IV, actualmente en fase de estudio y experimentación) los problemas de coste y plazo de manera más satisfactoria. De momento lo que existe es un esfuerzo coordinado de investigación (Technology Roadmap) para el desarrollo de nuevos sistemas en cual participan trece países con intereses industriales en el sector, entre ellos los EE. UU., China, Rusia, India, Francia y Japón<sup>10</sup>. La cuarta generación nuclear en camino comprende

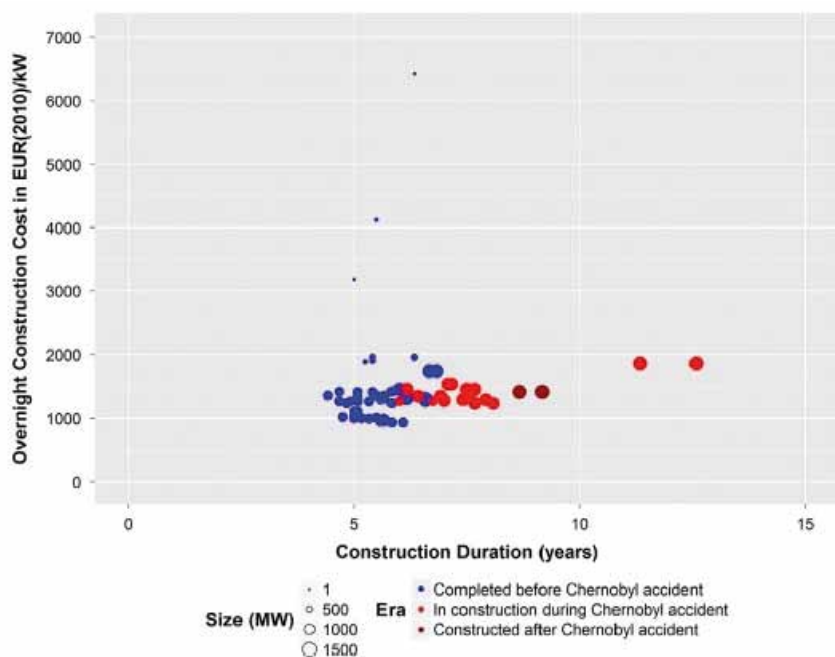


Fig. 2. Evolución histórica de plazo y coste de las centrales nucleares francesas

por el momento seis tecnologías diferentes: reactor rápido refrigerado con gas (GFR); reactor rápido enfriado con plomo (LFR); reactor de sales fundidas (MSR); reactor rápido con sodio (SFR); reactor supercrítico refrigerado con agua (SCWR); y reactor a muy alta temperatura (VHTR). Ninguno de los proyectos en curso ha alcanzado aún la fase de demostración, ni está previsto que tal hecho suceda antes del año 2030. Los desarrollos se encuentran en fase de análisis de viabilidad (desarrollo y prueba de conceptos básicos) o prototipado a pequeña escala. Los objetivos que se plantean en el contexto de la Gen. IV son esencialmente los de mejora de la sostenibilidad, seguridad y fiabilidad, competitividad económica, resistencia a la proliferación nuclear y protección física de las instalaciones nucleares. Algunos de estos proyectos, por ejemplo los que llevan a cabo las empresas TerraPower y Transatomic, parece que afrontan el futuro con posibilidades razonables y de hecho están siendo financiados por el mercado mediante instrumentos de capital riesgo. Aún así, la participación significativa de la Gen. IV en escenarios de producción masiva de electricidad de fuente nuclear se encuentra lejana, previsiblemente dos o más décadas a la vista.

Las perspectivas de futuro de la energía nuclear en Europa son igualmente objeto de discusiones y puede constatarse un estado de opinión que no es unánime. El reciente informe

de la Comisión mencionado al comienzo de este apartado (doc. referencia nº4), indica que para cumplir el objetivo de mantener en Europa la producción nuclear de electricidad en términos equiparables a los actuales, la inversión requerida en nuevas centrales hasta el año 2050 podría situarse en el rango de 250-350 mM€. A esa cifra habría que añadir otros 50 mM€ para la extensión del ciclo de vida de las instalaciones en operación (LTO) y 250 mM€ más en concepto de cierre de plantas obsoletas y costes de almacenamiento y tratamiento de los residuos. Sin embargo, FORATOM, organismo que une a la industria nuclear europea, estimaba en un informe de posición publicado a finales del año pasado que la inversión necesaria en Europa para la construcción de nuevas plantas nucleares estaría entre 500-800 mM€, aproximadamente el doble de las previsiones de la Comisión. Por otra parte, la industria advierte en ese informe que la recuperación de las inversiones no podría obtenerse exclusivamente de los consumidores a través de los precios de la energía vendida en los mercados de electricidad, sino que sería preciso subvencionar la producción nuclear.

### El caso español

La relación de las centrales nucleares en funcionamiento en España, con sus fechas de inicio y fin de operación comercial según la autorización vigente, se recoge en la tabla 1. La antinomia entre una posible prórroga del plazo por veinte años

**Las centrales nucleares operativas en España**

C.N.	Potencia (MWe)	Fecha de inicio de operación	Expiración de su licencia
<b>Total</b>	<b>7.398,7</b>		
Almaraz I	1.049,4	may-81	2021
Almaraz II	1.044,5	oct-83	2023
Ascó I	1.032,5	dic-84	2024
Cofrentes	1.092,0	mar-85	2025
Ascó II	1.027,2	mar-86	2026
Vandellós II	1.087,1	mar-88	2028
Trillo	1.066,0	jun-88	2028

**TABLA 1**

Relación de centrales y sus fechas

Fuente: Foro de la Industria Nuclear Española

adicionales como piden las empresas del sector (operación a largo plazo o LTO, Long Term Operation) o contrariamente la clausura sucesiva al término de la licencia de cada instalación, posee implicaciones diversas y quienes decidan habrán de tenerlas en cuenta. Sea cual sea la decisión, el proceso se encuentra ya a la vista dado que el año 2021 expirará la autorización del primer grupo de la C.N. de Almaraz y en el 2028 la de la C.N. de Trillo, última que entró en funcionamiento.

La primera y desde luego fundamental condición es que el informe que emita sobre la situación de cada central el Consejo de Seguridad Nuclear sea positivo. Otra circunstancia a tener en cuenta es la razón climática, que eludiremos aquí suponiendo de antemano la neutralidad (o cuasi-neutralidad) en términos de emisiones de una posible sustitución de la tecnología nuclear por otra alternativa. Si no fuera así, habría que tener en cuenta el efecto ambiental del nuevo *mix* de generación. Tampoco debe ignorarse la repercusión industrial de la decisión, en doble sentido. Valorando en primer lugar los efectos negativos del cierre de las centrales sobre la cadena de valor del sector nuclear español (7.300 empleos directos y aproximadamente el doble inducidos) aunque contemplando en contraposición el valor que crearía la sustitución de la capacidad nuclear cesante por otras tecnologías de generación (habría que considerar en cualquier caso cuáles serían apropiadas, cuestión que no es trivial).

Las problemáticas de seguridad, ambiental e industrial requieren un análisis particularizado que va más allá de lo que pretende este artículo, por tanto no se tratan aquí. Nos limitaremos en lo que sigue a considerar dos aspectos concretos de la decisión que afectan al funcionamiento técnico-económico del sistema eléctrico:

1) Las consecuencias económicas de una posible desnuclearización de la planta de generación de electricidad que por una u otra vía podrían trasladarse al consumidor si prevaleciera el *modus operandi* del *pass-through*, habitual en muchas decisiones de la política energética.

2) Los efectos de un cierre nuclear sobre el funcionamiento del sistema eléctrico y el mercado mayorista, en un contexto de referencia que por las fechas podría estar más próximo a la futura idea europea de Unión de la Energía que a las realidades física y económica del sistema que conocemos, apegado a la geografía y la política españolas.

A continuación se exponen algunos datos y consideraciones sobre estos puntos, que como bien se comprende son en sí mismos complejos, involucran variables de difícil precisión y bien merecerían un estudio y debate en profundidad que ilumine la decisión política. Para abordar debidamente los temas anteriores será preciso no solo conocer la situación actual del sistema eléctrico español, sino proyectar hacia el futuro las tendencias que se advierten en materia de regulación, mercado, diseño institucional, tecnología y transformación estructural del modelo energético a escala nacional y europea. Conviene por otra parte valorar las experiencias habidas en cabeza ajena, siendo la más representativa la desnuclearización en curso de Alemania (uno de los ejes de su transición energética o *Energiewende*) e igualmente conocer los términos en que se plantea el debate público abierto en otros países sobre la cuestión del envejecimiento del parque nuclear y la posible extensión del ciclo de vida de las plantas (por ejemplo, Suecia).

La clausura de los siete grupos nucleares españoles al término de sus cuarenta años de operación regular significaría probablemente una pérdida de eficiencia económica desde el punto de vista global del sistema. Los costes de producción de este tipo de instalaciones en centrales longevas son sensiblemente inferiores al precio que alcanza la energía en el mercado mayorista y también a los costes de otras tecnologías de generación, exceptuando quizá la hidráulica. Se trata del efecto conocido como *windfall*

*profit* que produce el mercado *spot* para las tecnologías de costes marginales más bajos. El precio medio de la energía casada por OMIE (operador del mercado eléctrico) durante el año 2015 se situaba en 62,7 euros/MWh, mientras que el coste de producción de las centrales nucleares parece ser sensiblemente inferior. A falta de datos contrastados sobre el coste nuclear en nuestro país, puede tomarse como aproximación de referencia el de las centrales francesas<sup>11</sup>, que se situaba ese año en un valor medio de 22 euros/MWh. Aún aplicando a esa cifra el *markup* que corresponda para reflejar la distancia industrial con Francia y demás diferencias entre ambos países, la comparación de precio y coste seguiría arrojando un valor atractivo.

¿Cómo se repartiría esa posible pérdida de eficiencia económica en caso de cierre? En torno a esta cuestión hay tres actores económicos a tener en cuenta, sujetos distintos: las empresas eléctricas, la Hacienda Pública y los consumidores. Una merma del beneficio de las empresas por extinción legal del plazo de autorización administrativa de las centrales nucleares, que en las fechas previstas deberían haber cumplido satisfactoriamente las expectativas de su plan de negocio, no habría de tener repercusiones directas por la vía regulatoria para los consumidores que en tal sentido resultarían legalmente indemnes. No estamos frente a una recidiva de la obligada moratoria nuclear de hace treinta años ni habría perjuicios significativos de los cuales resarcir a las empresas propietarias de las centrales. Las consecuencias económicas de una clausura sucesiva de las centrales nucleares al término de su autorización inicial, distribuida temporalmente a lo largo de un período de siete años (2021-2028), no serían directamente deducibles de un simple traslado de la minoración del beneficio de las empresas a los consumidores, sino que vendrían posiblemente por otros caminos.

Entre los efectos inducidos por la clausura nuclear habría que considerar los que puedan afectar al precio de mercado de la energía y a los costes regulados del sistema. Si el funcionamiento del *pool* eléctrico se viera afectado significativamente por el cierre de las plantas, lo reflejaría probablemente el precio de casación. Por otra parte, habría que considerar el coste extra que para la parte regulada de la factura eléctrica pudiera suponer una posible sustitución de la producción nuclear por energías subvencionadas, como la eólica, la solar fotovoltaica o la termosolar, suponiendo que fuesen aptas para reemplazar a la nuclear en el suministro regular de energía base. El sobrecoste en primas de lo que sería una

simple sustitución de la producción nuclear del año 2015 por renovables, valorada según la prima media ponderada con que se retribuyó a las RES ese mismo año, supondría un añadido de 4.400 millones de euros a los costes regulados del sistema eléctrico. Es improbable, sin embargo, que por razones técnicas y económicas esa posibilidad se convierta en un hecho real, al menos en los términos indicados.

Si como consecuencia de lo anterior los precios mayoristas subiesen y los costes regulados también lo hicieran, es evidente que el consumidor se vería afectado en su factura. Pero no necesariamente tiene que suceder así y menos aún se puede afirmar en qué medida. Es cierto sin embargo que habría que considerar la merma en la recaudación fiscal por los impuestos especiales dejados de devengar por la energía nuclear (Ley 15/2012), de la cual las Administraciones seguramente tratarían de resarcirse por alguna vía impositiva. La tabla 2 muestra algunos datos al respecto.

Los efectos para el consumidor de un posible cierre nuclear dependerían de diversas circunstancias de evolución incierta en el horizonte considerado y su valoración no

### La energía nuclear en España Variables agregadas, año 2015

#### Indicadores técnicos

Potencia instalada (MWe) 7.399

Producción de electricidad (GWh) 54.755

#### Indicadores económicos (mill. Euros)

Valor de la producción en el mercado mayorista 3.432

Impuestos devengados por producción 240

Gestión de residuos 315

Impuestos por combustible y residuos 166

#### Indicadores sociales

Empleo directo (nº de puestos) 7.340

#### TABLA 2

Indicadores de la producción nuclear

Fuentes: REE, OMIE, Agencia Tributaria y Foro Nuclear





Rendering de una posible central de la Gen. IV equipada con reactor Transatomic

puede desde luego hacerse taxativamente y a vuelapluma. Algunos factores a tener en cuenta:

- La evolución de demanda y oferta, en particular la relación entre consumo y capacidad de producción del sistema eléctrico. Desde hace diez años se aprecia un estancamiento de la demanda, regresivo hasta el año pasado (en el 2015 fue de magnitud similar a la del 2005), aunque ahora el consumo crece de nuevo, ligeramente. En el lado de la oferta es bien sabido que en España se dispone de una sobrecapacidad notable de la planta de generación: 102,6 GW de potencia instalada en 2015, para servir a un sistema con 40,7 GW de punta instantánea y 28,3 GWh de demanda media horaria. Aproximadamente 30 GW de la potencia total corresponde actualmente a tecnologías renovables que no pueden considerarse firmes, sino intermitentes y estocásticas en distinto grado.

- El ritmo de descarbonización del transporte y electrificación de los vehículos automóviles. Es un hecho hasta ahora cuantitativamente irrelevante, pero quién sabe lo que significará dentro de diez o veinte años en términos de demanda eléctrica.

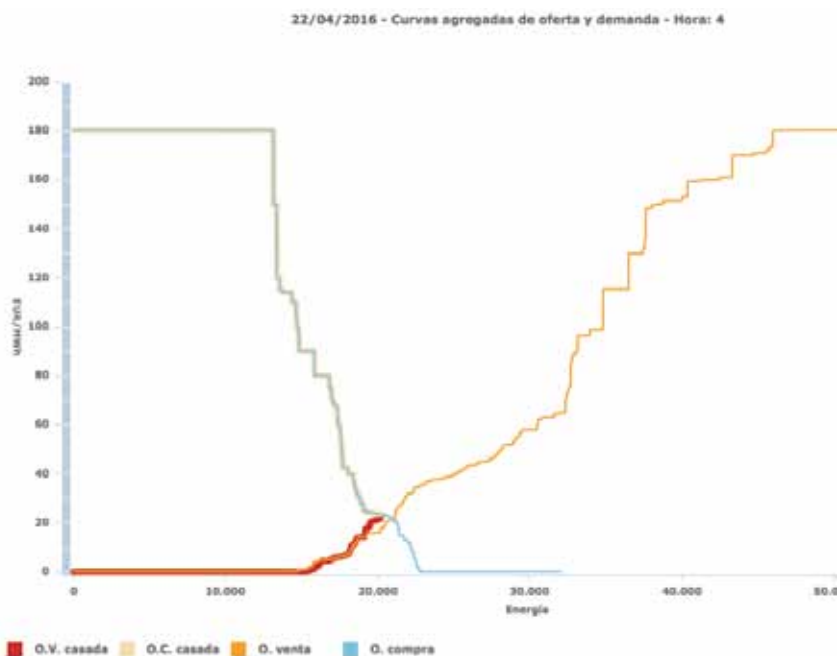
- La evolución de los fenómenos de la energía distribuida, el autoconsumo y otras formas no centralizadas de producir y usar la electricidad, que pueden afectar a la demanda neta del sistema en barras de central. La magnitud y ritmo en que se desarrollen estos temas dependerán del marco

regulatorio, actualmente muy restrictivo, el comportamiento de los consumidores y los avances que se produzcan en la tecnología y coste de los equipos.

- La disponibilidad y coste de alternativas limpias de producción de electricidad que puedan sustituir funcionalmente (potencia firme + disponibilidad continua) y en la cantidad requerida a las centrales nucleares dentro del *mix* de generación. En ello influirá la innovación tecnológica y los avances de la ingeniería energética.

- La capacidad de almacenamiento disponible en el sistema eléctrico nacional, actualmente 6.500 MW en centrales hidráulicas reversibles. Este factor podría jugar un efecto positivo en la interacción oferta-demanda, acumulando excedentes temporales de producción RES y modulando su despacho en función de las necesidades del sistema<sup>12</sup>, pero no se conoce la existencia de compromisos a corto plazo de las empresas del sector en este tipo de instalaciones. La última CHR que entró en servicio fue la de La Muela II, con 840 MW, conectada al sistema eléctrico en diciembre de 2015.

- La capacidad de conexión internacional del sistema eléctrico español, especialmente con Francia. Actualmente se dispone de 2.800 MW, con el objetivo de alcanzar 8.000 MW en el año 2030. El saldo anual de la interconexión en 2015 fue de aproximadamente 7.000 GWh (importación desde el sistema francés). Téngase en cuenta que el precio medio de la electricidad en Francia (mercado mayorista EPEX) se



situaba en 2015 alrededor de 38 euros/MWh, lo que supone un 60 % del precio *spot* en España ese mismo año.

- La evolución del Mercado Interior de la Energía en Europa y la efectividad del mecanismo PCR de acoplamiento interregional de precios en relación con el punto anterior (disponibilidad de interconexiones).

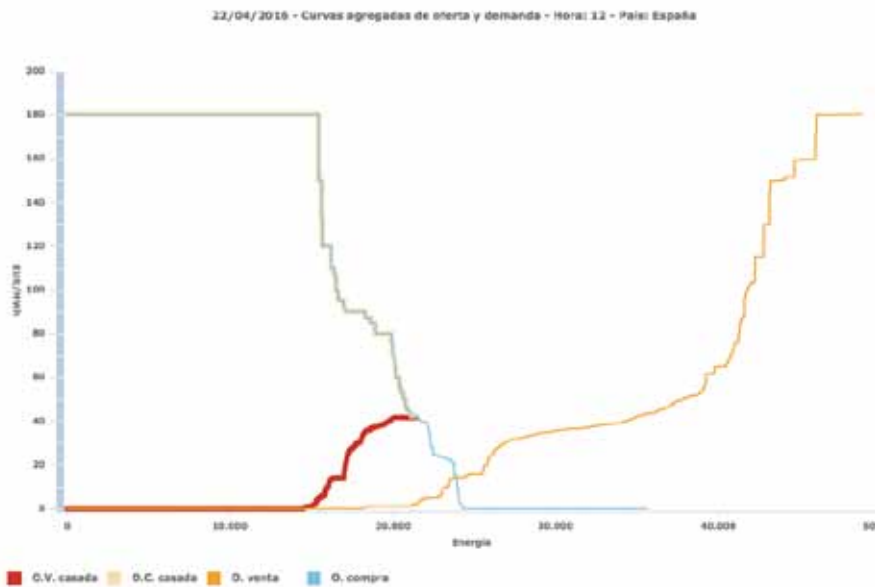
- La propia evolución del marco regulatorio del sector eléctrico en España, actualmente contestado por todos los partidos políticos menos el que detenta el gobierno en funciones.

Sobre cada una de estas cuestiones se puede argumentar largo y tendido, pero lo cierto es que nadie sabe en estos momentos, con un grado de plausibilidad determinante a efectos decisorios, en qué situación nos encontraremos en el año 2021 y menos aún en el 2028. Todas ellas son relevantes y con los atributos de incertidumbre que les corresponden deberían entrar en la formulación del modelo de decisión correspondiente.

Los efectos que pueda causar un cierre nuclear paulatino (como hemos visto, se trata de 7.400 MW de potencia firme y energía base, entre los años 2021 y 2028) sobre el funcionamiento técnico del sistema eléctrico español no deberían

suponer graves problemas al operador del sistema, Red Eléctrica de España, si se prevé esa circunstancia como sería debido. En primer lugar porque de producirse sería dentro de cinco años y a lo largo de un plazo de siete más, con un promedio de reducción o sustitución de aproximadamente 1 GW/año sobre una planta total que cuenta con más de 100 GW instalados y una demanda de potencia al sistema (en punta y en promedio) ahora muy inferior. Téngase en cuenta que el operador técnico del sistema eléctrico ha sido capaz de gestionar eficazmente y sin dificultades extraordinarias la incorporación entre los años 2007 y 2012 de algo más del doble de la potencia nuclear (15.400 MW) en nuevas instalaciones renovables.

En lo que se refiere a las consecuencias que pueda suponer el cierre de las centrales nucleares para el mercado mayorista y el precio de casación de la energía en el *pool* eléctrico, pueden hacerse algunas consideraciones en parte apuntadas en los párrafos anteriores. Ese mercado posee como es sabido una estructura *sui generis* y un modo de funcionamiento peculiar. El *pool* no determina el precio final de la electricidad que paga el consumidor en su factura, sino que se trata de un precio de transacción entre productores y comercializadores de energía. El precio *spot* constituye en promedio una tercera parte del precio final doméstico (sin impuestos). El funcionamiento del *pool* eléctrico se aleja de



**Fig. 4. Curvas de oferta y demanda en el mercado spot horario (hora punta: 12 p.m., viernes 22 de abril de 2016)**

los patrones habituales de los mercados competitivos, en parte debido a las características peculiares de la electricidad (producción y consumo se deben equilibrar instantáneamente en cada momento) y también por razones de estructura e imperfecciones de la competencia, difíciles de erradicar. Por otra parte, no toda la energía que demanda el sistema eléctrico se negocia en los mercados mayoristas (diario e intradiario) ya que existen otro tipo de transacciones (bilaterales, contratos a plazo, etc.) que se negocian al margen. Como puede observarse en las figuras 3 y 4, las curvas de oferta de venta, demanda de compra y energía casada en el mercado diario (datos del viernes 22 de abril, hora valle y punta) muestran que una fracción muy alta (en torno al 70 %) de la oferta y la demanda son precio aceptantes, es decir no compiten en precio. La tabla 3 recoge algunos datos adicionales sobre esta cuestión.

El exceso de potencia disponible actualmente en el sistema eléctrico español, en particular la existencia de excedentes notables en la tecnología de ciclos combinados de gas natural, permite suponer que el efecto de una retirada progresiva de la producción nuclear en el mercado mayorista no sería traumática en términos de abastecimiento y precio de la energía, aunque ni el coste variable ni la emisión de GEI serían equivalentes en un hipotético reemplazo de la nuclear por gas. Es cierto que en el caso de utilización de

**El mercado spot: oferta, demanda y casación (22-4-2016) (mercado diario - horario)**

	Hora valle 4 h.	Hora punta 12 h.
<b>Total</b>		
Energía casada en el pool (MWh)	20.213	21.169
Demanda horaria del sistema (MWh)	22.892	32.362
% nuclear	31%	22%
Precio de casación (€/MWh)	23,6	42,5
Oferta a precio 0 €/MWh	15.150	14.817
Demanda a precio 180,3 €/MWh	13.056	15.491
% oferta precio-aceptante	75%	70%
% demanda precio-aceptante	65%	73%

**TABLA 3**  
 Mercado spot de electricidad 22-4-2016  
 Fuentes: OMIE, REE

las CCGN habría que tener en cuenta la decomisión de las centrales térmicas de carbón, con un calendario previsto, que podría minorar la utilización de esta tecnología como sustituta de la generación nuclear. Pero el sistema cuenta con otras posibilidades de reemplazo o adición de nueva

capacidad de producción si la evolución de la demanda lo hiciera necesario. También sería posible aumentar el almacenamiento de energía dentro del sistema eléctrico mediante ampliaciones de las centrales hidráulicas reversibles o promoviendo el desarrollo de nuevos aprovechamientos de este tipo donde sea factible. Finalmente, no debería olvidarse el efecto (suponemos positivo) que vaya creando en el tiempo la realización del Mercado Interior de la Energía si se cumplen los objetivos de interconexión física del sistema eléctrico peninsular con el resto de Europa, que en promedio produce energía a un coste sensiblemente más bajo que el del mercado español.

### Conclusión

La decisión sobre el futuro de las centrales nucleares españolas, sea su operación a largo plazo más allá del ciclo de vida previsto de cuarenta años o la clausura al término de su autorización inicial, no es baladí ni debería tomarse sin que antes afloren estudios rigurosos y debates en la sociedad sobre las cuestiones que se han ido esbozando en este artículo. La preferencia ideológica de quien gobierne no debería ser razón suficiente para motivar un curso de acción que sin duda tendrá consecuencias en uno u otro sentido. Las condiciones de seguridad que compete enjuiciar al CSN serán prioritarias, y desde luego también relevantes los posibles efectos sobre la descarbonización de la planta energética, el funcionamiento técnico del sistema eléctrico y la eficiencia económica de los mercados. El modelo de decisión debería incorporar todas estas variables que de momento se echan en falta en los discursos sobre la cuestión que provienen de la esfera política.

Entre todo lo mencionado hay algunos temas que el dilema sobre el futuro nuclear debería poner en relieve. El primero de ellos se refiere a la capacidad de interconexión del sistema eléctrico español con el resto de Europa, vinculada a la seguridad de suministro, la competencia en el mercado y la capacidad nacional de interactuar en el Mercado Interior de la Energía. De continuar el ritmo planificado y los elevados costes de ejecución en que incurren los proyectos en curso, se corre el riesgo de que las interconexiones lleguen tarde para producir los efectos deseados. En segundo lugar, el papel que podría desempeñar en la evolución futura de nuestra propia planta energética el almacenamiento hidráulico a gran escala en asociación con la gestión técnica del sistema eléctrico, si esta posibilidad se desarrollase con entidad suficiente y perspectiva estratégica más allá de lo que hoy significa el negocio del arbitraje.

Finalmente, una consideración más a tener en cuenta. No solo los costes de las decisiones de política energética han de trasladarse a los consumidores, también deberían hacerlo los beneficios extraordinarios cuando los haya. Las ventajas que pudieran derivarse de la operación a largo plazo de las centrales nucleares actuales, ¿no habrían de repartirse con un sentido de equidad entre ambas partes? Extender el ciclo de vida de las centrales nucleares si es técnica y económicamente factible, bien podría repercutir positivamente en los precios finales de la energía.

Los argumentos profesionales y el debate cívico, no solo el dirigismo político y la ideología, han contar en la decisión sobre las cuestiones tratadas que afectan al futuro de la energía nuclear. Que quien haya de decidir lo tenga en cuenta. **ROP**

### Notas

- (1) "EDF finance chief quits over decision to push on with Hinkley Point". *Financial Times*, 7 de marzo, 2016.
- (2) EPR: *European Pressurized Reactor o Evolutionary Power Reactor*. Sobre sus características técnicas véase *The EPR reactor: Evolution to Gen. III+ based on proven technology*. Andrew Teller, AREVA, 2010.
- (3) *Renaissance in Reverse: Competition Pushes Aging U.S. Nuclear Reactors to the Brink of Economic Abandonment*. Mark Cooper, Institute for Energy and the Environment, Vermont Law School, 2013.
- (4) *Nuclear Illustrative Programme. Communication from the Commission, Staff Working Document, COM(2016) 177 final*, abril 2016.
- (5) *Nuclear Power in the World Today*. World Nuclear Association, enero 2016.
- (6) *Nuclear Power Cost*. Union of Concerned Scientists, Massachusetts, 2011.
- (7) Operación a largo plazo de las centrales nucleares españolas. Foro Nuclear, Madrid, abril 2016.
- (8) "Revisiting the Cost Escalation Curse of Nuclear Power: New Lessons from the French Experience", Lina Escobar-Rangel y François Lévêque. *Economics of Energy and Environmental Policy*, Vol. 4, No. 2, IAEE, 2015.
- (9) "Historical construction costs of global nuclear power reactors". Jessica R. Lovering, Arthur Yip y Ted Nordhaus. *Energy Policy*, No. 91, Elsevier, 2016.
- (10) *Technology Roadmap Update for Generation IV Nuclear Energy Systems*. Gen. IV International Forum, 2014.
- (11) *The Costs of the Nuclear Power Sector. Cour des comptes*, République Française, 2012.
- (12) "El valor de la hidroelectricidad en el Mercado Interior de la Energía. El caso de España". César Lanza, *Revista de Obras Públicas*, N° 3565, mayo 2015.

# La Ribeira Sacra. Entre el arte, la naturaleza y la ingeniería



**Carlos Nárdiz Ortiz**

Doctor ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

## Resumen

La apuesta por convertir la Ribeira Sacra en Galicia en Patrimonio de la Humanidad, ha derivado en una serie de estudios sectoriales, en los que ha participado el autor, como el estudio del Patrimonio Industrial y de las Obras Públicas que se resume en este artículo con una visión transversal en coordinación con otros estudios sobre el arte, la economía, la sociedad, la geografía, el paisaje, los suelos, que están sirviendo en estos momentos para redactar el informe definitivo de acuerdo a las guías de la Unesco.

A la singularidad el paisaje derivado del encajonamiento del Miño y el Sil en estas tierras, se une la huella de la ocupación monástica, con una presencia de monasterios e iglesias, a la que se debe el nombre de Ribeira Sacra, la transformación de las laderas de los ríos para el cultivo de la vid, los caminos, carreteras, puentes, y líneas de ferrocarril que han permitido superar los condicionantes geográficos, y las presas para el aprovechamiento hidroeléctrico construidas entre finales de los años 40 y comienzos de los 60, que han modificado las condiciones de los cauces, pero que por el encajonamiento de los ríos, guarda todavía la lámina de agua una relación paisajística con la ladera de los mismos, convirtiéndose todo ello en un paisaje cultural excepcional.

## Palabras clave

Paisaje Cultural, Patrimonio de la Obra Pública, Patrimonio hidráulico

## Abstract

*The inclusion of the region of Ribeira Sacra in Galicia as part of the tentative list for nomination as a World Heritage Site has led to a series of sectorial studies. These studies include aspects such as the Industrial Heritage and Public Works of the region, as outlined in this article and contributed to by the author. These studies have been made with a cross-disciplinary approach in conjunction with other studies on the art, economy, society, geography, landscape and soils of the region and are all currently serving for the drafting of the final report in accordance with Unesco guidelines.*

*In addition to the uniqueness of the natural landscape, carved by the Miño and Sil Rivers, the region is noted for its spiritual landscape and the presence of monasteries and churches, which lend the region its name of Ribeira Sacra or "sacred shore". The landscape has been further transformed by the terracing of the valley sides for the planting of vineyards, the introduction of paths, roads, bridges and railway lines that have overcome the geographical constraints and by hydroelectric dams, built between the latter part of the 1940s and the start of the 60s. These dams, while modifying the condition of the river courses, still retain the visual relationship between the surface of the rivers and their encompassing escarpments. The natural landscape and all these transformations have contributed to the formation of an exceptional cultural landscape.*

## Keywords

*Cultural Landscape, Public Works Heritage, Waterworks Heritage*

## 1. Introducción

El nombre de la Ribeira Sacra (Rivoira Sacrata), fue divulgado en la segunda mitad del siglo XVII por el Padre Flórez en su "España Sagrada", para referirse a los monasterios que se asentaban en las riberas del tramo encajonado del Sil, extendiéndolo después a la ribera del Miño. Las características, sin embargo, de estas riberas, van más allá de los asentamientos monásticos, que se remiten incluso al siglo VI después de Cristo, aunque el auge del monacato se producirá a partir de los siglos XI y XII con las orden benedictina, dependiente

de Cluny, que buscará en estas tierras un lugar de refugio. Es la acción del hombre, a través fundamentalmente del aprovechamiento de las laderas del Miño y el Sil, para el cultivo de la vid, y de la naturaleza, con los paisajes dominados por la verticalidad derivados de la acción del agua y la geomorfología, lo que caracteriza el paisaje de las riberas de estos ríos. A ello se unen las condiciones climáticas de estas laderas, diferente de las penillanuras que las rodean, que son las que permiten la explotación de las diferentes variedades del vino.



Fig. 1. Ribeira Sacra del Sil. Foto C.N.



Fig. 2. Ribeira Sacra del Miño. Foto C.N.

Tanto por parte del arte, con el patrimonio cultural ligado a las iglesias y monasterios, como por parte de la naturaleza, por el valor paisajístico de los cañones del Miño y el Sil, con desniveles superiores a los 500 m entre el fondo de los ríos y la penillanura de las márgenes, y la ingeniería, con la acción del hombre transformando con bancales las laderas para el cultivo de la vid y represando los ríos, la Ribeira Sacra ha sido reconocida con su inclusión en la lista Indicativa de Paisajes Culturales de la UNESCO, merecedora de formar parte del Patrimonio Mundial. El pequeño resumen que se presenta en este artículo, es parte del estudio del Patrimonio Industrial y de las Obras Públicas realizado por el autor, dentro del documento que se está elaborando para la declaración de la Ribeira Sacra como Patrimonio de la Humanidad, por parte de un equipo más amplio de la Universidad de Santiago de Compostela, coordinado por el Valedor do Pobo de Galicia.

El estudio previo que sirvió de base a un primer reconocimiento fue realizado en 1991 por parte de la Consellería de Cultura de la Xunta de Galicia con el nombre de “Estudio Piloto previo a proposta de recuperación e rehabilitación da Ribeira Sacra”, en el que se llegó a un diagnóstico que establecía como ámbito de delimitación del territorio de la Ribeira Sacra los tramos encajonados del Miño y el Sil, junto con los tramos del Cabe y el Lor próximos a sus desembocaduras en el Sil, y como unidad territorial el territorio completo de las parroquias que lindan con ambos ríos.

La delimitación propuesta en estos momentos es aún más restrictiva debido a la apuesta por convertir la Ribeira Sacra

en Patrimonio Mundial, y se anulan parroquias del tramo Norte del Miño, pertenecientes al municipio de Portomarín, y del tramo Este del Sil, pertenecientes a los municipios de Quiroga y Larouco. Igualmente en la confluencia de los dos ríos Sil y Miño, se limita al entorno de Os Peares.

En este ámbito más restrictivo de la delimitación, se apuesta por limitarlo a los paisajes del Miño y el Sil dominadas por la verticalidad, en los que las condiciones climáticas son muy diferentes del resto, y en los que el paisaje de las laderas aparece caracterizado por el cultivo de la vid, extendiéndolo a las bocarribas en las que se asientan las aldeas.

Parte de este territorio aparece protegido dentro de la Red Natura 2000, aunque afecta solamente a los tramos encajonados del río Sil. La ampliación de la protección a los tramos del Miño, viene justificada además, por su inclusión en la Lista indicativa del Patrimonio Mundial, y por haber sido ya declarados en el año 2004 como “Itinerario Cultural Europeo”.

La “Convención sobre la protección del patrimonio mundial, cultural y natural” de las Naciones Unidas, aprobada en 1972, define los lugares (término equivalente al de Paisajes Culturales) como obras del hombre, u obras conjuntas del hombre y la naturaleza, así como las zonas, incluidos los lugares arqueológicos que tengan un valor universal excepcional desde el punto de vista histórico, estético, etnológico o antropológico. La Ribeira Sacra no puede entenderse independiente de la población que remodeló ese espacio, que fue construyendo las laderas para el cultivo de la vid, y localizándose en sus



Fig. 3. Monasterio de Santo Estevo De Sil. Foto C.N.

márgenes por medio de la arquitectura e ingeniería popular que caracteriza sus asentamientos y sus relaciones de accesibilidad.

Siendo éstos los elementos de identificación de este territorio, con el soporte de la geografía, estos espacios han sido remodelados por nuevas construcciones, bien viviendas e industrias ligadas al cultivo de la vid en la proximidad de los núcleos rurales y de las propias laderas, o bien por nuevas vías de comunicación que sustituyeron a los antiguos caminos, fundamentalmente a partir de la segunda mitad del siglo XIX y, sobre todo, por los aprovechamientos hidroeléctricos a partir de finales de los años 40 del siglo XX, que transformaron el cauce de sus ríos, inundando también los tramos inferiores de los bancales que servían al cultivo y algunos núcleos.

Para que estos espacios sean declarados Patrimonio de la Humanidad, tienen que adaptarse a una serie de criterios que establece la Unesco y sus órganos consultivos (el ICCROM, el ICOMOS y la UICN), cumpliendo el Centro del Patrimonio Mundial de la Unesco el papel decisor apoyado en unas Directrices Prácticas publicadas con el nombre de “Guía para la elaboración de Proyectos de Inscripción en la lista del Patrimonio Mundial”, cuya 2ª edición es del 2011.

El elemento fundamental para poder inscribir un bien como Patrimonio Mundial, es demostrar el “Valor Universal Excepcional de ese bien”, que debe reunir las condiciones de integridad y/o autenticidad, y contar con un sistema de protección y gestión adecuado para garantizar la salvaguarda.

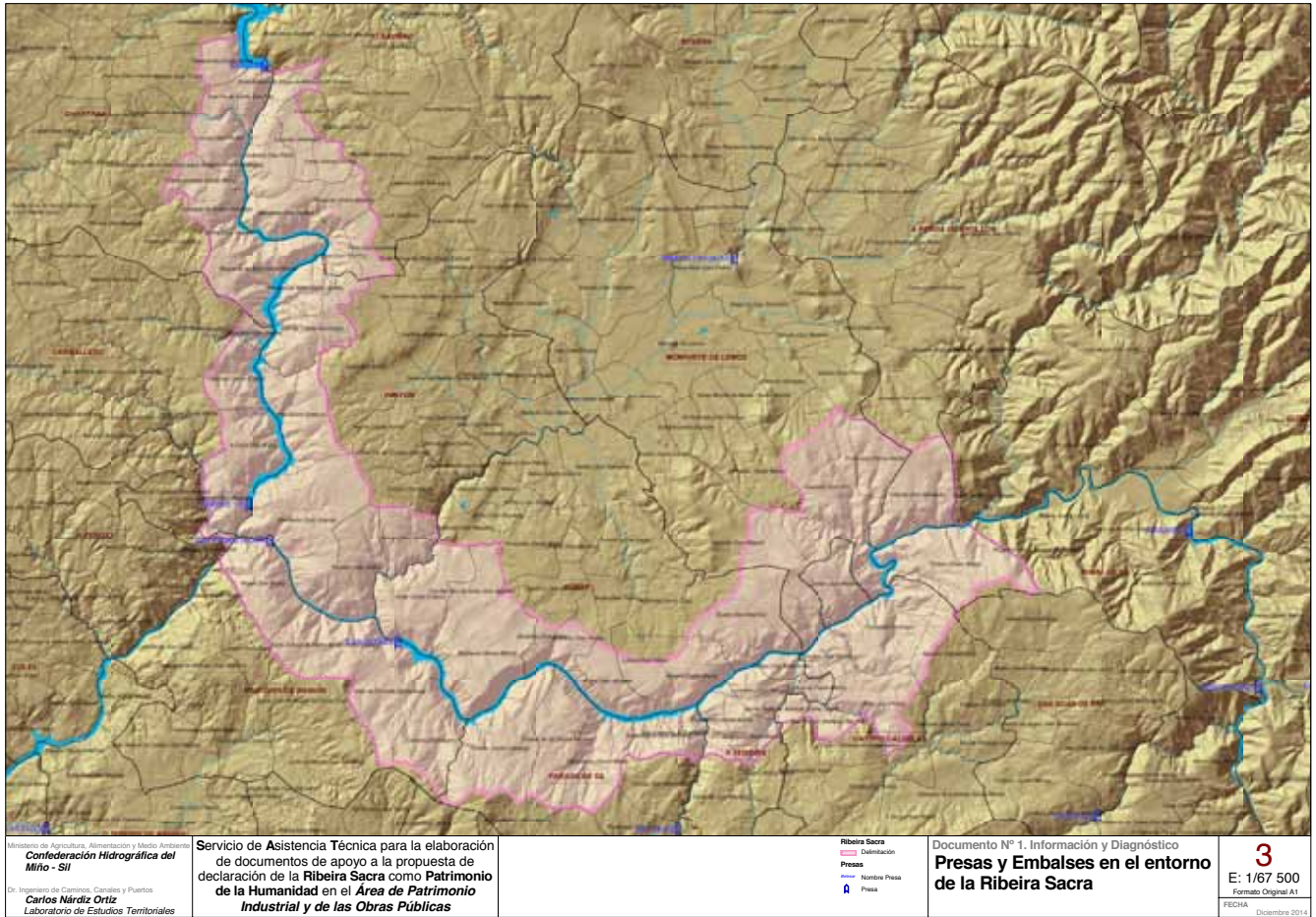


Fig. 4. Monasterio de Santa Cristina. Foto C.N.

Santo Estevo, de Miño y de Sil, Santa Cristina, San Paio de Diamondi, San Pedro de Roca, Santa María de Montederramo, son la mejor expresión de la huella monástica de la Ribeira Sacra, que podríamos asimilar al arte. Pero también son arte en la naturaleza, como artificios transformadores de las condiciones naturales, los socacos de las laderas del Miño y el Sil, construidos con el tiempo para el cultivo de la vid, por sus especiales condiciones climáticas, los caminos y sendas que recorren las laderas, algunos terminando en vistas privilegiadas con forma de miradores sobre las formas encajonadas de los ríos, las carreteras y vías de ferrocarril, que junto con las presas adaptadas a las formas de las cerradas, forman parte del patrimonio industrial y a las obras públicas, que tendremos que circunscribir a una época para identificar su valor patrimonial.

## 2. El patrimonio industrial y de las obras públicas

Las características geográficas de los tramos del Miño y del Sil incluidos en la delimitación de la Ribeira Sacra, con un fuerte encajonamiento de las laderas, fuertes pendientes y abundantes lluvias, determinará que en la primera mitad de los años 40, sociedades como las “Fuerza Eléctrica del Noroeste S. A. (Fenosa)” y “Saltos del Sil, S.A.”, soliciten la concesión del aprovechamiento integral de sus cuencas, para la explotación hidroeléctrica de los ríos principales y sus afluentes, de acuerdo con la práctica que se venía produciendo desde las primeras décadas del siglo XX, en que el binomio agua y energía se hacía progresivamente dominante en el pensamiento hidráulico, después de haber coexistido el del agua y el regadío. Ello se acentuará de forma clara después de la guerra civil, en donde



**Plano. Presas y embalses en el entorno de la Ribeira Sacra.**

los ríos que desembocan en la vertiente cantábrica y en la vertiente atlántica (llegando a los tramos fronterizos con Portugal) escalarán sus saltos para aprovechar la energía hidráulica del agua por parte de los distintos agentes privados que obtendrán la concesión de los cauces.

Aunque los antecedentes habría que situarlos en la primera década del siglo, con los intentos de aprovechamiento hidroeléctrico del Guadalquivir desde Córdoba a Sevilla, compatibilizados con la navegación y el riego, será en la segunda década cuando se comenzarán a construir en España las primeras centrales hidroeléctricas, el salto de Bolarque para la Unión Eléctrica Madrileña (1912), el Chorro para la Sociedad Hidroeléctrica del Chorro (1921), Montejaque para la Compañía Sevillana de Electricidad (1924), Alsa-Torinapara Eléctrica de Viesgo, Alloz para la Sociedad hidroeléctrica de Alloz (1930), o

Ricobayo (1934), con la que se comenzó el aprovechamiento del tramo internacional del Duero.

Las presas que determinaban los saltos eran fundamentalmente de gravedad, con planta recta o curva, y excepto Ricobayo que tenía 95 m de altura, y que determinará la construcción de un gran embalse que obligará a la ocupación de tierras y pueblos, con el traslado incluso de la iglesia visigoda a San Pedro de Nave, los aprovechamientos hidroeléctricos hasta el año 30 tenían una escala limitada. El salto de escala se producirá en la posguerra, en donde las presas fueron aumentando de altura, sustituyendo de forma progresiva las presas bóvedas a las de gravedad apoyándose en las mejores “cerradas”, y ocupando progresivamente mayores extensiones de tierras y valles, limitadas por la forma de las laderas (como ocurrió en el Miño y el Sil)





**Fig. 5** Presa de Santo Estevo en el Sil. Foto C.N.

**Fig. 6.** Presa de Os Peares en el Miño. Foto C.N.

**Fig. 7.** Presa de Belesar en el Miño. Foto C.N.

o por la presencia de líneas de ferrocarril que no admitían la inundación condicionando la altura de las presas, como ocurrió también en el Sil.

Es en este contexto histórico en el que hay que inscribir la construcción de la presa de gravedad de Santo Estevo por parte de “Saltos del Sil”, de 115 m de altura, terminada en 1955, que inundó la riberas bajas de este río destinadas a la explotación de los viñedos, o las presas de Os Peares (1955) y Belesar en el Miño, por parte de FENOSA, en un contexto ligado en esos momentos a la producción de energía eléctrica al servicio de la industrialización del país, al solo existir la alternativa de las centrales térmicas. No es anecdótico, que el desarrollo industrial de Galicia comience en la segunda mitad de los años 50, coincidiendo con la terminación de estas presas, a partir de la construcción de los polígonos industriales

en la periferia de ciudades como A Coruña, Vigo o Santiago. Los proyectistas, como en el caso del ingeniero de Caminos Luciano Yordi (proyectista de la presa de Belesar para Fenosa), creían entonces, como escribía ya a mediados de los 50 (ROP, 1954), que las posibilidades industriales de Galicia debían pasar por la explotación de sus grandes recursos “la hulla blanca”, y que la base de la riqueza, no solo industrial, sino económica de un país en general, era la abundancia y economía de la energía o fuerza motriz disponible.

Situar históricamente la transformación de los cauces de los ríos Miño y Sil, en el tramo delimitado de la Ribeira Sacra, es importante para localizarlo en un contexto determinado que ya no es reversible y que caracteriza hoy este paisaje cultural, como acción del hombre y la naturaleza, aunque a una escala distinta del aprovechamiento de las márgenes para los viñe-



Fig. 8. Cruce de la carretera y el ferrocarril por Os Peares. Foto C.N.

dos, o los pequeños núcleos de población que se han situado también históricamente huyendo de las fuertes laderas.

La ampliación reciente del aprovechamiento de Santo Estevo, y de la pequeña presa aguas abajo de San Pedro (presa de compuertas), para aumentar la potencia eléctrica, se está realizando por medio de centrales subterráneas en la ladera izquierda de aguas abajo de las presas, sin afectar al paisaje de la Ribeira Sacra. Lo mismo ocurre con las nuevas ampliaciones previstas para San Esteban II y San Pedro II cuyos estudios de Impacto Ambiental de marzo y noviembre del 2007, presentados por Iberdrola ya fueron aprobados. En el caso de los aprovechamientos del Belesar y Os Peares, están previstos también nuevas ampliaciones (Peares III y Belesar III), cuyos estudios de impacto ambiental, redactados en julio del 2010 por Gas Natural Fenosa, con un bombeo puro desde el embalse de Santo Estevo a un nuevo depósito en la zona alta en el ámbito delimitado de la Ribeira Sacra, plantean, mayores problemas ambientales y paisajísticos.

Las laderas del Miño y el Sil en la Ribeira Sacra, aparecen afectadas también por la presencia de obras públicas construidas en el siglo XIX, como el ferrocarril de Ourense a Monforte, que cruza el Miño en Os Peares (en donde la estación se ha dedicado a Museo de Ferrocarril) después de seguir la margen derecha de este río desde Ourense, para ascender por el Sil y el Cabe hasta la depresión de Monforte. O como la propia carretera también del siglo XIX de Monforte a Ourense, con el puente metálico para el cruce del Sil, que recogíamos en el libro de "Pontes Históricas de Galicia" (Alvarado, S, Durán, M. y Nárdiz, C. 1989). De Monforte irradiaban también caminos desde el



Fig. 9. Camiño de invierno en su descenso a Belesar. Foto C.N.

Medieval, reconvertidos a partir del siglo XVI en caminos reales, como los que comunicaban Monforte con Ourense y Castro Caldelas, o el que atravesaba el Miño en Belesar, heredero del trazado anterior de una vía romana. Incluso paralelos al Sil, por la margen izquierda, podemos identificar la traza de anteriores caminos (previos a la construcción de las carreteras a partir del siglo XIX) como el Camino Real hoy señalizado entre Os Peares, Santo Estevo y Santa Cristina.

Los caminos, como elementos estructuradores del territorio, de las relaciones entre asentamientos rurales, herederos en el caso de los caminos reales de los caminos que servían a los monasterios, pueden soportar actividades turísticas en las márgenes de la Ribeira Sacra, al igual que lo hacen hoy los recorridos en barco por los cañones del Sil y del Miño, sobre las aguas embalsadas por las presas. Algunos de estos caminos señalizados como Rutas de Senderismo, ofrecen enormes posibilidades para ponernos en contacto con los valores patrimoniales y paisajísticos de la Ribeira Sacra.

El valor de los caminos históricos se ha ido potenciando de forma progresiva a partir de la protección y difusión que se ha venido realizando de los Caminos de Santiago, que en este caso afectan al Camino Francés por Portomarín y al camino que proveniente de Monforte atravesaba el Miño en Belesar en dirección a Chantada, enlazando con el Camino entre Ourense y Santiago. Este camino, conocido hoy como "Camiño de Inverno" después de atravesar el Miño por un puente histórico cuyas pilas se encuentran bajo el puente actual, ascendía con gran pendiente a Chantada, por los llamados codos de Belesar.



Fig. 10. Presa de Proserpina, con el entorno rehabilitado. Foto C.N.

La valoración, sin embargo, de los elementos patrimoniales y paisajísticos asociados a la traza de un camino histórico, o de una carretera del siglo XVIII o XIX, incluyen la estructura rural y urbana de los núcleos que atraviesa, los cierres, los pavimentos, la vegetación, el paisaje visto a través del recorrido de los caminos. Todo un patrimonio natural y cultural que se hace visible a través del recorrido de la propia traza, y que se puede convertir en un recurso turístico de primer término para la valoración del paisaje cultural de la Ribeira Sacra, asociado, por otra parte, a la serie de miradores existentes para relacionarse desde la altura con el paisaje de los cañones de los ríos Sil y Miño.

### 3. La valoración estética y paisajística del patrimonio de las presas y embalses

Como decía Norman de A.F. Smith en su libro sobre “The Heritage of Spanish Dams” (1970), España tiene una historia de construcción de presas, más larga, más continua y más importante que cualquier otro país. El patrimonio histórico ligado a las presas fue reconocido ya en 1912 al declarar las presas romanas de Proserpina y Cornalvo, construidas para el abastecimiento de agua a Mérida, como monumentos históricos nacionales, al mismo tiempo que los acueductos de los Milagros y San Lázaro, también en Mérida. Proserpina y Cornalvo se utilizan hoy para el riego (habiendo sido rehabilitadas), mientras que otras presas romanas como Alcantarilla, con las que se abastecía de agua a Toledo desde una distancia de 20 km, aparecen hoy en ruinas, y el paisaje de la presa, es el de los restos de los muros caídos y el aterramiento del cauce anterior. Lo mismo ocurre con otras presas posteriores Almonacid (S. XII), Ontígola (S. XVI), Gascos (S. XVIII), Puentes (S. XVIII), etc. Otras, sin embargo, construidas para el riego, conservan su



Fig. 11. Presa de Alloz. Foto C.N.

fábrica original con su embalse de agua disminuido por los aterramientos, que como en la presa de Tibi (finales del X. XVI) fue durante 300 años la presa más alta del mundo.

A lo largo de los cauces de los ríos, existen otras presas menores que van desde las presas vizcaínas que seguían en el siglo XVIII y XIX los modelos de Bernardo Villareal, a las represas de los ríos cántabros, asturianos, gallegos y levantinos, que jalonan el cauce de los mismos, constituyendo un patrimonio hidráulico ligado al de los propios molinos y fábricas hidráulicas para el aprovechamiento de la fuerza motriz del agua. La valoración estética y paisajística del patrimonio de estas presas, tiene que ver con su integración en los paisajes naturales o rurales que contribuyeron a transformar. Hay una herencia cultural detrás de las presas históricas, como se pone de manifiesto en el “Catálogo de noventa presas y azudes españoles a 1900”, (1984) dirigido por José A. Fernández Ordóñez, y esta herencia parece hoy plenamente aceptada.

Menor aceptación, sin embargo, tienen las presas construidas a partir de la segunda mitad del siglo XIX, primero para el abastecimiento a las poblaciones, como la presa del Pontón de la Oliva (1850) para el abastecimiento de agua a Madrid en el Canal de Isabel II, o la presa del Villar (1882) para la ampliación del Canal, junto con una serie de presas que se hicieron para el riego en piedra, a finales del XIX, para dar paso ya en el siglo XX a las presas de hormigón, al principio con paramento aguas abajo revestidos de piedra y cuidando la coronación como elementos vistos de las presas, frente a la cara de aguas arriba cubierta por las aguas. La relación del volumen de la presa con las rocas de las márgenes en las que se encaja, ha contri-



Fig. 12. Presa de Aldeadávila. Foto C.N.

buido a naturalizar estas obras de ingeniería de principios de siglo, derivado de la menor capacidad del embalse, incluso en presas de hormigón, como la de Alloz (1930), cuyo acueducto de distribución proyectado por Eduardo Torroja, junto con la inteligencia de la localización de la presa en la cerrada, ha contribuido a revalorizar todo un patrimonio construido, derivado del aprovechamiento del agua.

La imagen, sin embargo, hoy de las presas construidas a partir de los años 40 del siglo XX en hormigón, no es la que existía en España (y en general en el mundo en los años 60 y 70), en donde un ingeniero de Caminos como Santiago Castro, profesor de “Arte y Estética de la Ingeniería” en la Escuela de Ingenieros de Caminos de Madrid y constructor de los Saltos del Sil (incluida la presa de Santo Estevo), razonaba en un artículo en la ROP, de mayo de 1970, sobre el “Valor artístico de las presas”, hablando de ellas como “grandes macroesculturas que se encajan en el mazo de un paisaje, transformando positivamente su estética y convirtiéndose ellas mismas en un acento estético del paisaje”. Como apoyo a su teoría recogía 18 fotografías de presas que se habían incluido como apéndice de la exposición del Museo de Arte Moderno de Nueva York, en el que figuraban presas como Santo Estevo, Chandrexa, Santa Baia, construidas en los Saltos del Sil.

La consideración del valor estético y artístico de las presas, lo ampliaba con otro artículo de la ROP (junio 1973) sobre “Estética de presas. Arte y Naturaleza”, en el que defendía que la presa y el embalse, deberían ser “arte en la naturaleza”, poniendo como ejemplo a los artistas del “Land Art”, y considerando que la creación de obras de arte en el “Land Art” está muy cerca de

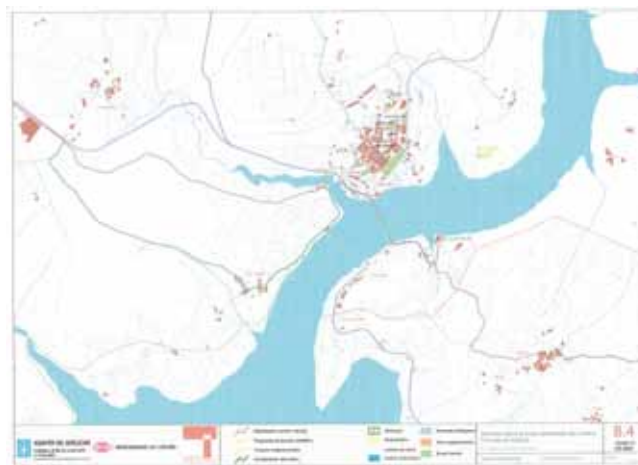


Fig. 13. Plano. Pueblo de Portomarín, traslado por el embalse de Belesar y paso del Camino Francés

la que se produce cuando se proyecta o construye una presa. La relación con la lámina del embalse, ha tenido incluso momentos de glorificación como el artículo que escribió Ángel del Campo y Francés en la ROP (abril 1964), en el que consideraba que la contemplación estética de la lámina de agua, llevaba al olvido de la presa responsable del embalse. Una reflexión más actual es la que aporta Miguel Aguiló (2002), en la que dice que en las últimas décadas se ha producido un cambio en la retórica positiva que se producía por la presencia de embalses en el paisaje. Las presas y los embalses suponen un cambio radical en el paisaje, modificando la escala, el carácter y la significación del lugar, trastocando los usos habitados de la comarca.

La reacción contra la construcción de nuevas presas y embalses (de no ser al servicio de necesidades como el abastecimiento de agua), parece hoy aceptada por los efectos ambientales, paisajísticos y sociales. El propio Ministerio de Medio Ambiente recogía en una publicación de 1996 titulada “Embalses y Medio Ambiente” estos efectos, resultantes de los estudios de impacto ambiental que se habían realizado durante una década a partir de la Directiva de Evaluación Ambiental de 1986. Entre ellos diferenciaba entre los directos, sobre el ecosistema fluvial, con la destrucción de la fauna y la vegetación, y los efectos sociales derivados del traslado de la población y la reposición de las infraestructuras viarias anteriores, y los efectos indirectos, como el cambio de los caudales de los ríos aguas abajo, la fluctuación de los caudales de las aguas, e incluso problemas derivados de la propia explotación de los embalses para el aprovechamiento hidroeléctrico, derivados de la inestabilidad del río en las puntas, y de la apertura de los desagües de fondo.



**Fig. 14. Ortofoto del embalse de Santo Estevo en el tramo delimitado de la Ribeira Sacra**

El estudio reflejaba también los efectos de compensación que producía la existencia de los embalses. Tal es el caso de los humedales que se forman, que son susceptibles de ser ocupados por hábitat acuáticos o las ventajas socioeconómicas que se derivan para los regadíos de nuevas tierras, para el desarrollo de nuevas industrias, para la reforestación de las márgenes, e incluso para actividades recreativas ligadas al baño, la navegación y la pesca. Son este tipo de acciones las que hay que poner en valor para mejorar la imagen social de las presas y los embalses, aparte de aquellas que tienen que ver con la recuperación del patrimonio histórico próximo cuando se construyeron las presas. Incluso la Ley de Aguas del año 2001, recogía la necesidad de desarrollar “Planes de Restitución Territorial” en aquellos proyectos que se constatasen importantes efectos sociales, con el objetivo de servir de base al desarrollo socioeconómico de la comarca afectada.

Aunque en el caso de las presas del Miño y del Sil partimos de una situación consolidada desde que en los años 50 y 60 se construyeron las presas, no hay duda de que esta reflexión actual sobre los efectos de las presas y los embalses, pueden servir de guía para analizar y tratar de paliar con un plan de gestión adecuado las afecciones de las presas y embalses en el espacio delimitado de la Ribeira Sacra.

Por tanto, no se trata de poner en valor el patrimonio de las presas, sino enmarcarlas en la geografía, el paisaje, el uso del suelo de las laderas para viñedos, el patrimonio arqueológico e histórico del espacio delimitado, para tratar de mostrar que la situación actual, derivada de un contexto histórico, ofrece



**Fig. 15. Poblado de Santo Estevo. Foto C.N.**

también oportunidades a la lectura diferente y actual del Paisaje Cultural de la Ribeira Sacra.

Los aprovechamientos hidroeléctricos del Miño y el Sil construidos en los años 50 y 60, en el tramo delimitado de la Ribeira Sacra, responden al tipo de “Saltos de pie de presa”, en los que el desnivel del salto se produce entre el nivel de agua en el embalse que crea la presa, y la central eléctrica situada al pie de la misma. En el caso de la explotación de los afluentes del Sil, fuera de la Ribeira Sacra, nos encontramos con todas las tipologías de saltos, desde saltos en derivación con presas de embalse o con todas sus conducciones a presión, centrales subterráneas, con o sin grupos reversibles.

La reivindicación del patrimonio industrial de las presas, se ha centrado fundamentalmente en las propias presas, con sus estructuras de fábrica y aliviaderos, respondiendo a distintas tipologías, o en los edificios de las centrales eléctricas, reivindicando incluso su arquitectura relacionada con el Movimiento Moderno. Los embalses se han entendido negativamente (más allá de su utilización para actividades deportivas) y lo mismo ha ocurrido con los parques de transformación y las redes eléctricas de alta tensión, por su difícil encaje en el paisaje del entorno de las presas.

Aunque las fábricas han constituido el grueso del patrimonio industrial, ligándolo fundamentalmente a la ingeniería, la visión arquitectónica de las edificaciones e incluso de las presas relacionadas con los aprovechamientos hidroeléctricos, se remonta a finales del siglo XIX, cuando se construyeron las primeras



Fig. 16. Mirador da Columna. Foto C.N.

sociedades para la producción de la energía eléctrica, con edificios para las centrales y, a partir del siglo XX, para los poblados construidos con las presas.

Las presas, para producir los saltos en sus centrales eléctricas, implican otra escala y su situación aislada en entornos anteriormente naturales, empezarán a tener una primera atención formal a través de los dibujos de Tony Garnier a principios del siglo XX, con su “Cité Industrial”, en la que la gran fábrica en el valle ligada al puerto al servicio de la nueva ciudad industrial, necesitaba de la gran presa en el alto para producir la energía eléctrica para la fábrica, en la que trabajarán los nuevos habitantes de la ciudad industrial.

Las centrales hidroeléctricas que siguen en funcionamiento, van a mantener sus concesiones en el futuro durante décadas, y aunque el debate de la demolición de presas para restituir los cauces de los ríos, e incluso para la aportación de sedimentos al mar se ha planteado en determinados territorios, es impracticable en el caso de los aprovechamientos de la Ribeira Sacra (y en general en todos los aprovechamientos construidos en esa época) que además están incrementando su potencia con nuevas ampliaciones.

El camino tiene que venir de la aceptación de la realidad de un territorio construido, en el que la escala de las transformaciones que determinan las presas y los embalses, es limitada en relación a los valores geográficos y paisajísticos en territorios como la Ribeira Sacra, en el que las formas encajonadas de los ríos, y los tramos de los valles que se mantienen con



Fig. 17. Descenso al Miño por la carretera de Belesar. Foto C.N.

cultivos de vid parecen predominantes sobre la escala de los valles transformados a partir de los años 40 con la construcción de las presas.

En el territorio delimitado de la Ribeira Sacra podemos relacionarnos también con pequeños aprovechamientos hidroeléctricos, pero los efectos paisajísticos de los mismos son menores que aquellos que afectan a los grandes aprovechamientos y a sus ampliaciones.

#### 4. La aproximación al paisaje a través de la red de miradores y vías de comunicación.

El agua y la tierra, con las laderas del Miño y el Sil arboladas o transformadas para el cultivo de la vid, se mezclan con el territorio de la Ribeira Sacra, en el que el tercer elemento es el cielo en el que se proyecta el perfil de las montañas que bordean los tramos encajonados de ambos ríos y en los que desaguan también sus principales afluentes, prolongando las laderas, como en el Cabe y el Lor, más allá de los ríos principales.

La red de miradores (o miradoiros), que se han ido localizando en el borde de los tramos encajonados en las zonas altas, son una primera aproximación al paisaje de la Ribeira Sacra, con sus laderas con fuertes pendientes, en las que discurren el Miño y el Sil regulados por las presas, que no dejan ver más que en las cabeceras y aguas abajo las rocas de los ríos por las que discurría su cauce. Desde los miradores, se ve, por tanto, la naturaleza transformada por el hombre, a través del cultivo de las laderas, de la vegetación que ha ido cambiando



Fig. 18. Señalización ruta de senderismo desde Santo Estevo Do Miño



Fig. 19. Línea de ferrocarril de Monforte a Ourense por el Sil. Foto C.N.



Fig. 20. Embarcadero fluvial en el Sil. Foto C.N.

y las aldeas situadas a distintas alturas sobre el nivel de las aguas. Son, además, elementos de señalización y de identificación del territorio de la Ribeira Sacra, con acceso principal desde las carreteras y caminos que recorren el borde superior de las laderas de ambos ríos, y desde los que se obtiene una primera imagen del paisaje de la Ribeira Sacra, que por su carácter panorámico, es el que más suele impresionar a los que la visitan.

Penetrar en este paisaje, implica recorrer en primer término las carreteras que lo bordean desde la altura, descendiendo a los ríos Miño y Sil por cruces determinados y escasos con sus correspondientes puentes, recorriendo aquellas que también lo bordean por la parte baja, cercanos al contacto de las aguas, con los tramos que comunican núcleos, o, aún de forma más profunda, recorrer las numerosas rutas de senderismo, algunas heredadas de caminos históricos, que bien siguiendo recorridos desde la altura, o descendiendo a los ríos para cruzarlos por caminos históricos (como en Belesar) nos ponen en contacto con un territorio más cercano (incluida la visita a los monasterios) que es el que realmente nos relaciona de una manera más profunda con el paisaje de la Ribeira Sacra.

Las carreteras y los puentes construidos desde mediados del siglo XIX, para atravesar las márgenes de ambos ríos encajonados, apoyados en las laderas abiertas por los afluentes, como por ejemplo en las comunicaciones con Castro Caldelas, Os Peares, o Belesar, y transformadas recientemente (sobre todo a partir de los años 70 del siglo

XX) con nuevas carreteras que sustituyeron a los cruces anteriores, dándoles a veces continuidad por el fondo de los valles, son también, junto con las sendas y caminos históricos, una forma de recorrer (en coche, en bicicleta, o andando) los paisajes de la Ribeira Sacra. Cuando estas carreteras se quieren transformar en autovía, como ocurre con los proyectos que se están redactando de la A-72 y A-76, con nuevos cruces de los ríos Miño y Sil, pueden convertirse en afecciones paisajísticas incompatibles con la propuesta de la declaración de la Ribeira Sacra como Patrimonio de la Humanidad.

La línea de ferrocarril de Palencia a A Coruña, que penetran en Galicia por el Sil, y se desvía hacia la depresión de Monforte por el Lor (afluente del Sil), no afecta al territorio en estos momentos delimitado de la Ribeira Sacra del Sil. Otra cosa ocurre con la desviación de esta línea en dirección al puerto de Vigo, en el tramo entre Monforte y Ourense, construido como la anterior a finales del siglo XIX, que después de descender por el Cabe hasta las márgenes del Sil, recorre un tramo de la Ribeira Sacra por la margen derecha de este río, desde la estación de Santo Estevo hasta Os Peares, que hoy aparece integrado en el paisaje de la Ribeira Sacra.

Finalmente las rutas fluviales que se explotan hoy mediante catamaranes, que siguen las rutas del Sil, y el Miño dentro del territorio de la Ribeira Sacra, y que para algunos se ha convertido en uno de los principales reclamos turísticos para relacionarse desde el fondo de los valles con la forma de las laderas, hoy solo posible por la modificación del nivel de las aguas de los ríos que supusieron los embalses de los años 50 y 60.

Las posibilidades turísticas que tiene este territorio, y la posibilidad de recorrerlo en coche, en barco, andando, o incluso en ferrocarril, se ha convertido en uno de sus principales atractivos, junto con la posibilidad de relacionarse con las laderas transformadas para el cultivo de la vid, con las aguas reguladas por los embalses, para relacionarse con los tramos encajonados de los ríos, con el patrimonio histórico y etnográfico de sus laderas, y con los valores naturales y patrimoniales de este territorio en el que todavía se pueden mostrar las dos variables que soportan su declaración como Patrimonio de la Humanidad, su integridad y autenticidad, como paisaje cultural transformado por el hombre. **ROP**

#### Referencias

- AGUILÓ, Miguel. "La Enjundia de las Presas Españolas". ACS, 2002.
- CHÁVARRI, Susana. "La construcción de los saltos del Sil 1945-1965". Diputación de Ourense. Colegio de Ingenieros de Caminos, 2010.
- COLEGIO DE INGENIEROS DE CAMINOS, C. Y P. "Las Presas en España". Madrid 2008.
- FERNÁNDEZ ORDÓÑEZ, José A. (direc.) "Catálogo de noventa Presas y Azudes Españoles anteriores a 1900". CEHOPU. Madrid 1984.
- LOZANO BARTOLOZZI, Mª del Mar y MÉNDEZ HERNÁN, Vicente (coord. y ed.) "Paisajes modelados por el agua: entre el arte y la ingeniería". Gobierno de Extremadura. Cáceres 2012.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. "Embalses y medio ambiente". Centro de Publicaciones. Madrid 1996.
- NÁRDIZ ORTIZ, Carlos y GARCÍA MAYO, Ana. "Luciano Yordi, un ingeniero coruñés que proyectó para Galicia". Revista de Obras Públicas. Nº3520, Año 158. Abril 2011.
- SMITH, Norman A. F. "The Heritage of Spanish Dams" (1ª ed. Madrid 1970). Colegio de Ingenieros de Caminos, 1992.



# El futuro del transporte marítimo en Europa: corredores multimodales



## Aurelio Acedo Aceña

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Investigador de E.T.S. Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la UPM. Grupo de Investigación en Ingeniería Portuaria.



## José Luis Almazán Gárate

Profesor doctor ingeniero de Caminos, Canales y Puertos y licenciado en CC. Económicas y Empresariales. Director del Grupo de Investigación en Ingeniería Marítima y Portuaria. Universidad Politécnica de Madrid.

### Resumen

El transporte marítimo ha sufrido una evolución en su concepto y tipología de servicio ofertado desde su aparición en 1992 del Transporte Marítimo de Corta Distancia, pasando por las Autopistas del Mar (desde 2001), hasta el reciente planteamiento de los corredores multimodales. Todos ellos mantienen el mismo objetivo, el libre desplazamiento de personas y mercancías en toda la UE, y para ello es necesario disponer de un sistema de transporte europeo eficiente y sostenible, y eso únicamente podría conseguirse con la integración de manera inteligente de todos los modos de transporte a nuestro alcance para optimizar ese objetivo.

Por tanto, el concepto de corredor multimodal tendrá un papel importante en el transporte y en las inversiones en infraestructura que se producirán en Europa en los próximos años, con una diferenciación en tres niveles en función de la importancia sobre la Red TEN-T: la *core network*, o red principal; la *comprehensive network*, o red secundaria; y la red radial.

### Palabras clave

Transporte Marítimo de Corta Distancia, Autopista del Mar, corredor multimodal, *core network*, *comprehensive network*

### Abstract

*Maritime transport has conceptually evolved, as well as the offered service. It has gone from the Short Sea Shipping inception in 1992, the Motorways of the Sea since 2001 to the recent approach of Multimodal Corridors. They all have the same objective, which is the free movement of people and freight throughout the EU. Therefore, it is necessary to have an efficient and sustainable European transport that can only be achieved by the smart integration of all transport modes in our power.*

*Consequently, the Multimodal Corridor concept will play an important role in transport and infrastructure investments in Europe in the next years, with a differentiation in three levels depending on the importance of the TEN-T Network: Core Network or main network, the Comprehensive Network or secondary network and the radial network.*

### Keywords

*Short Sea Shipping, Motorway of the Sea, Multimodal Corridor, Core Network, Comprehensive Network*

## 1. Antecedentes

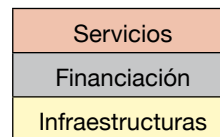
El transporte es una de las primeras políticas comunes de la Unión Europea y se encuentra regulado por el Título VI (artículos 90 a 100 del Tratado Fundacional de la Comunidad Económica Europea). Sus grandes ejes pretenden completar el mercado interior, garantizar el desarrollo sostenible, desarrollar las grandes redes en Europa, reforzar la seguridad y desarrollar la cooperación internacional. Para entender adecuadamente cómo se desarrolla el transporte en Europa, hay que estudiarlo desde cuatro perspectivas:

- Políticas que le afectan, tanto generales como específicas.

- Servicios que se demandan y estudio de su viabilidad.
- Infraestructuras necesarias a corto, medio o largo plazo, atendiendo a su sostenibilidad.
- Financiación.

El siguiente cuadro resume las etapas más importantes en la evolución de la Política Europea de Transportes desde 1990 al 2020, definidas por la Comisión Europea, y que nos aporta un marco de referencia:

1990	MAFF 1990-1995
1992	1º Libro Blanco del Transporte 1992-2000 - SSS
1995	MAFF 1996-2000
1996	1º Plan TEN-T 15 : 1996-1999
2000	MAFF 2000-2006
2000	2º Plan TEN-T 25 : 2000-2006
2001	2º Libro Blanco del Transporte 2001-2010 - MOS
2007	MAFF 2007-2013
2007	3º Plan TEN-T 27 : 2007-2013
2011	3º Libro Blanco del Transporte 2011-2020 - MC
2014	MAFF 2014-2020
2014	4º Plan TEN-T 28 2014-2020 - CNC
2020	4º Libro Blanco del Transporte 2020 - 2030



**SSS**      *Short Sea Shipping*  
**MOS**      *Motorways of the Sea*  
**MAFF**     *Multi Annual Financial Framework*  
**TEN-T**     *Trans European Transport Network*

La perspectiva del transporte marítimo también ha sufrido en los últimos años una evolución en su concepto y en la tipología del servicio prestado:

- Con el 1º Libro Blanco del Transporte de 1992 aparece el concepto *Short Sea Shipping* (SSS), o Transporte Marítimo de Corta Distancia (TMCD) en español, como un servicio de transporte marítimo puerto a puerto, en distancias cortas de entre 500 y 1.000 km, tiempos de servicio de 24 a 48 horas respectivamente, a velocidades comerciales de 22-25 nudos. Durante esa década, la Comisión Europea financió cerca de 500 proyectos dedicados a aclarar los aspectos técnicos, logísticos, comerciales y de otras características de los servicios de SSS que reclamaban para si todas las navieras y los 1.239 puertos marítimos europeos, tuviesen o no mercancía suficiente para que el servicio fuese sostenible.

- Con la aparición del 2º Libro Blanco del Transporte en 2001 se definen por primera vez las Autopistas del Mar (MOS –*Motorways of the Sea*–). Hay que entender que tanto el concepto como la financiación de las Autopistas del Mar han sido definidos por la Comisión Europea, y es un término relacionado mayoritariamente con transporte y logística, de modo que, dependerá del contexto europeo del momento:

- La Dirección General de Transportes y Energía definió en 2002 la Autopista del Mar como un servicio logísti-

co puerta a puerta, de transporte intermodal, con tres tramos bien diferenciados: un tramo en tierra (carretera, FFCC o fluvial), un tramo en mar (pudiendo ser un servicio existente de SSS) y otro tramo en tierra (similar al primero). En ese sentido, la Autopista del Mar trata de coordinar los distintos modos de transporte para facilitar la concentración de flujos de carga y de ofrecer una mayor frecuencia. Si el servicio SSS es semanal, el MOS debe ser diario.



Fig. 1. Regiones MOS europeas

En 2003, el excomisario Van Miert presentó un plan de desarrollo de 4 regiones MOS en Europa: Báltico, Atlántico, Mediterráneo Occidental y oriental.

- En 2004, la Dirección General de las Regiones, que maneja los fondos de cohesión, desarrollo regional, marítimo pesquero y de formación, decide apoyar ciertas propuestas de Autopistas del Mar como instrumento de desarrollo industrial y de creación de puestos de trabajos, sin tener demasiado en cuenta los objetivos de transporte.

- La Dirección General de Medioambiente, que tiene un presupuesto propio, vio la oportunidad en 2007 de desarrollar sus políticas medioambientales a través del apoyo a servicios de Autopistas del Mar y de un concepto emergente: el *green corridor* (o corredor verde), un sistema complejo de transportes operado con criterios medioambientales de baja contaminación. Esta línea de trabajo conecta las MOS con la eficiencia energética, y redefine la actual política de transportes.

En la década 2001-2011, la UE dedicó otros 500 proyectos para estudiar todos los aspectos de las MOS y sucede lo mismo que con el SSS, todos los puertos y navieras quieren optar a este nuevo concepto.

• En 2011 se publica el 3º Libro Blanco del Transporte, y junto con la Dirección General de Movilidad se retoma el concepto de Autopista del Mar, redefiniéndolo como

infraestructura y como servicio. Introduce el nuevo concepto de corredor multimodal, el cual incluye servicios de carretera, FFCC, fluviales, y de SSS o MOS en los tramos marítimos. Se proponen dos redes de transporte: la *core network* (o red principal) y la *comprehensive network* (o red secundaria). Dentro de la primera se definen 10 corredores multimodales, que conectan 280 nodos logísticos principales.

Hasta 2011 era correcto definir una Autopista del Mar como un servicio de transporte intermodal, el transporte de mercancías en varios modos de transporte. Desde 2011 en adelante, este servicio se denomina multimodal e incluye a pasajeros, y el término intermodal se reserva solo a carga contenedorizada.

En 2013 se redefinen en 9 corredores alineados con la red ferroviaria RFC, y con 527 nodos logísticos. Se mantienen las 4 regiones MOS, como la dimensión marítima de la Red TEN-T.

## 2. Definición de corredor

El corredor es un sistema complejo para el transporte de mercancías y pasajeros entre regiones de un mismo país o países de uno o dos continentes.

El corredor nace en una zona geográfica que facilita el movimiento de personas y mercancías (río, cuenca, valle, costa...) de manera regular, continua y sostenida.

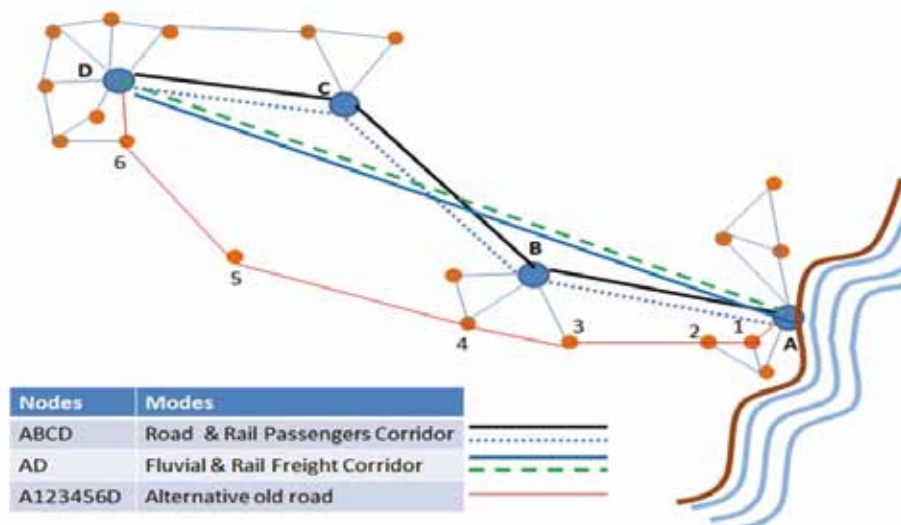
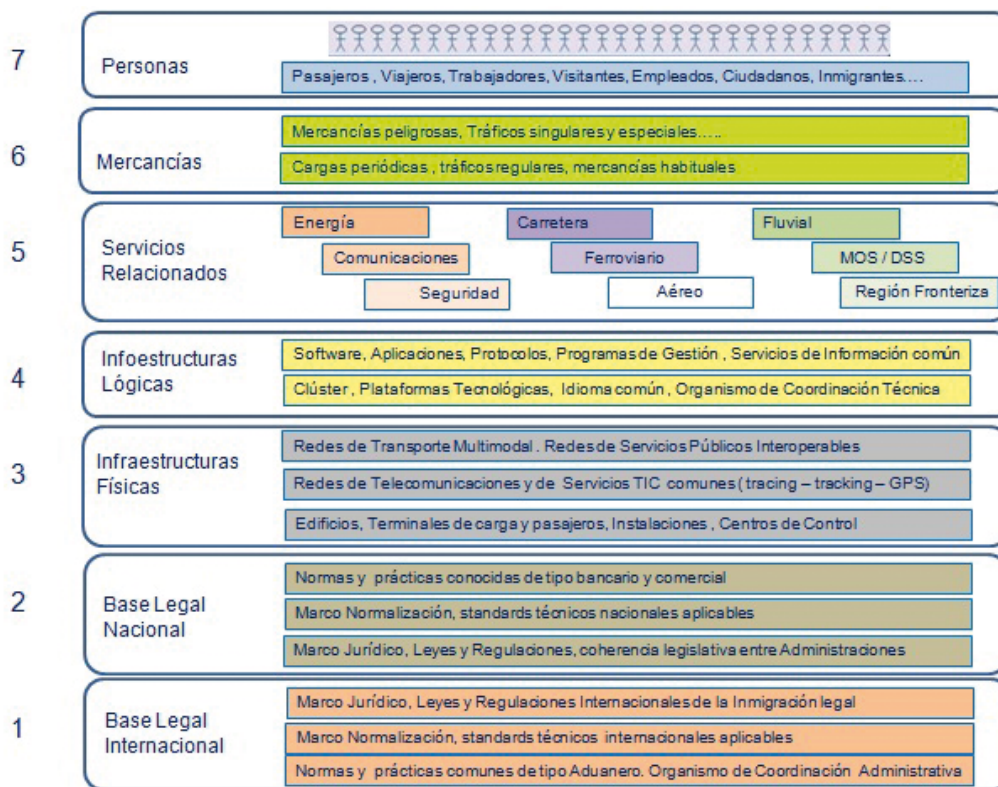


Fig. 2. Topología de un corredor



**Fig. 3. Los 7 niveles que muestran el corte transversal de un corredor multimodal**

El corredor se fundamenta en los servicios de una infraestructura de transportes, pero además necesita un conjunto de reglas comunes en temas como seguridad, medioambiente, comunicaciones y prácticas comunes en materias comerciales, financieras y aduaneras.

Con los corredores multimodales en Europa se ha establecido una nueva generación de transporte basado en 7 niveles (o 6 niveles si se diera en un único país), que se pueden resumir en la figura 3.

### 2.1. Corredores logísticos y políticos

Dependiendo de la vertiente que los crea, los corredores pueden clasificarse en logísticos o políticos, y su definición podría ser la siguiente:

- **Logísticos:** son corredores que se han creado a lo largo de los años mediante el intercambio económico entre dos o más mercados, por entidades públicas y privadas, siguiendo criterios industriales de eficacia y eficiencia. Por ejemplo, se podría citar: Boston-Washington (USA), Chongqing-Shanghái (PRC), Seúl-Jeju (Corea), Sao Paulo-Santos (Brasil).

- **Políticos:** son Corredores definidos y subvencionados por una Autoridad pública en base a criterios políticos, económicos, industriales, sociales, estratégicos, medioambientales, etc. Algunos ejemplos podrían ser: *core network* (EU), Traceca (Cáucaso), rail network europe, european rail traffic management...

Existe una subdivisión dentro de los corredores logísticos, según los modos de transporte a los que afecte, tales como:

1. **Corredor terrestre (carretera-ferroviario):** es un corredor que conecta regiones interiores en países grandes (Estados Unidos, China o Rusia) o entre continentes (por ejemplo, corredor Traceca que conecta por carretera y ferrocarril 2 países de Europa y 12 de Asia Central a través del Cáucaso).
2. **Corredor fluvial:** es un corredor basado en uno o más ríos y canales. También se da en países con grandes cuencas fluviales como Canadá, Estados Unidos o China. En este último caso, destaca el corredor Chongqing-Shanghái



Fig. 4. Ejemplo de  
corredor fluvial del río  
Yang-Tsé

en el Río Yang Tsé con 1.700 km de vías navegables y 11 millones de pasajeros al año.

3. Corredor aéreo: es un corredor o pasillo aéreo que conecta dos ciudades grandes que tienen un flujo permanente de viajeros. El principal es Seúl-Jeku (Corea) con 10 millones de pasajeros al año, seguido por los corredores Sao Paulo-Santos (Brasil) y Tokio-Osaka (Japón) con 8 millones de pasajeros al año cada uno. En Europa, el principal es Madrid-Barcelona con 3,5 millones de pasajeros al año.

4. Corredor marítimo: es un corredor que conecta puertos entre continentes o islas, con un flujo continuo de personas (por ejemplo, en Grecia, el puerto del Pireo se conecta diariamente con las islas Cícladas y mueve 12 millones de pasajeros al año).

A los cuatro corredores logísticos anteriores pueden añadirse otros tres corredores especiales:

5. Corredor multimodal: es un corredor que combina dos o más modos de transporte de los ya descritos, y que atiende a mercancías y pasajeros. Hay dos casos principales: corredor en un solo país, es decir, con un solo marco regulatorio, y corredor que transcurre entre 2 o más países, en cuyo caso hay diferentes regulaciones que deben ser coordinadas y armonizadas para que funcione adecuadamente.

6. Corredor de mercancías (*freight corridor*): es un corredor exclusivamente para cargas y mercancías. Suelen ser ferroviarios o marítimos, que son los dos modos masivos más baratos para mercancías, usualmente secas, a granel o en contenedor, aunque también se da para minerales de alto consumo como el carbón térmico.

7. Corredor verde (*green corridor*): cualquiera de los 6 corredores anteriores, gestionado con criterios medioambientales, con vehículos con baja emisión de gases de efecto invernadero, baja contaminación en general, uso de GNL o biocombustibles, uso de energías renovables y medidas compensatorias como el Ecobono.

Del mismo modo, los corredores políticos también pueden ofrecer una subdivisión de los mismos. En este caso, una Autoridad Política Nacional o Internacional define los nodos logísticos que se conectarán mediante un corredor, con múltiples criterios de selección (por ejemplo, desarrollo de zonas deprimidas, conexión de capitales de estado, cooperación internacional, fuerte desarrollo económico, etc.). Pueden ser:

1. Corredor TEN-T (multimodal): los definirá la Comisión Europea, dentro del Programa de la Red TransEuropea de Transporte, en las dos subredes que tiene previsto completar para el 2050. Serán 9 corredores de la *core network*, y los que se definan más adelante para la *comprehensive network*.

2. Corredor *core network* (multimodal): son 9 corredores que la Comisión Europea definió en 2011, en base a los anteriores proyectos prioritarios del Programa de la Red TransEuropea del Transporte. Conectarán 250 nodos logísticos incluyendo puertos, aeropuertos, ciudades y puestos de control fronterizo, ya que será para personas y cargas.

3. Corredores europeos (ferroviarios): son 3 iniciativas paralelas que se desarrollan en Europa, y que desde 2014 deben integrarse en una sola, con el fin de potenciar el reducido tráfico ferroviario europeo. Son las siguientes:

+ desarrollo sostenible

# Más que agua

Talento, conocimiento y compromiso.  
Aportamos respuestas adecuadas  
para una gestión más eficiente.  
Compartimos conocimiento  
y generamos innovación.  
Trabajamos por un futuro basado  
en el compromiso y la cooperación.

[www.aqualogy.net](http://www.aqualogy.net)



**AQVALOGY**  
Where Water Lives

SOLUCIONES INTEGRADAS  
DEL AGUA PARA UN  
DESARROLLO SOSTENIBLE

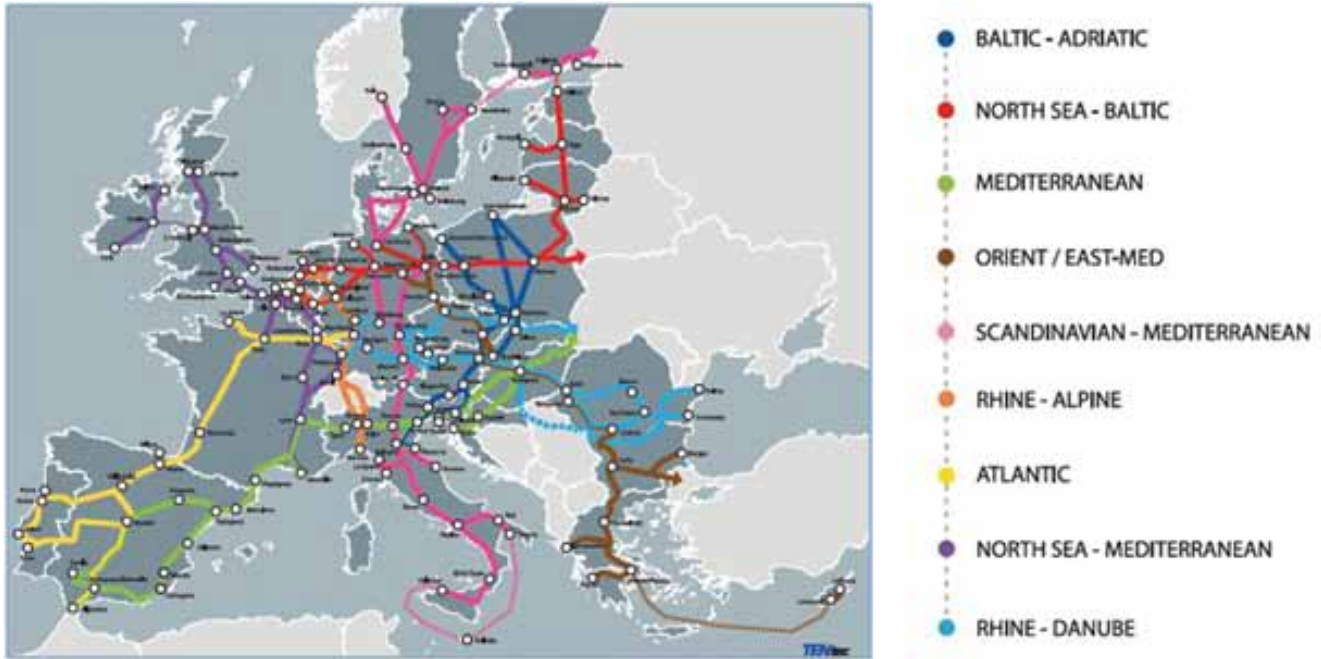


Fig. 4. Red de Corredores de la Core Network

3.1. Corredor ERTMS (*European Rail Traffic Management System*): es un sistema de 6 corredores ferroviarios de la UE para carga y pasajeros en ancho UIC, que se fundamenta en dos sistemas técnicos: el ETCS (*European Train Control System*) –a bordo de los trenes– y el GSM-R –para la operación de la infraestructura de señalización–. El objetivo es garantizar un sistema de control de la red ferroviaria, común en toda la UE.

3.2. Corredor RFC: es un sistema de 9 corredores ferroviarios de la UE, actualmente sólo para mercancías, y que deberían estar operativos entre 2013 y 2015. Coincidirán con 9 de los 10 corredores *core network*. También absorberán antes de 2020 los otros dos sistemas de corredores ferroviarios en Europa (ERTMS y RNE). Usan el sistema TAF/TSI (*Telematic for Freight/ Technical Specifications for Interoperability*).

3.3. Corredor RNE: sistema de 11 corredores ferroviarios propuestos por la asociación industrial European Rail Infrastructure Managers, formada por los 37 principales proveedores de sistemas ferroviarios. RNE propone 11 corredores ferroviarios que reflejan los tráficos actuales reales entre la industria europea, a diferencia de los otros sistema de corredores que se basan en análisis políticos.

### 3. Corredores *core network* y Autopistas del Mar

Como ya se ha adelantado antes, la *core network* será la red principal para el transporte de mercancías y pasajeros, que conectará las regiones más ricas y dinámicas de Europa a partir de 2030.

Los corredores de la *core network* serán 9 ejes seleccionados dentro de la Red de Transportes de Europa. Dos de esos nueve corredores atravesarán España (corredores Atlántico y Mediterráneo), ambos serán importantes para el desarrollo del transporte de nuestro país.

Debido a que la mayoría de los corredores de la *core network* empiezan y terminan en un puerto, la unión entre corredores se hará a través de esos puertos y, por tanto, las Autopistas del Mar serán consideradas como la dimensión marítima de la Red TEN-T o 10º corredor de la *core network*.

Tanto la *core network* como la *comprehensive network* se definieron en el 2011 y se ampliaron en 2013. En total serán 527 nodos de la red principal y 740 en la red secundaria.



	Core	Comprehensive	Total
1. Cities	89	0	89
2. Airports	93	255	348
3. Seaports	103	226	329
4. Inland ports	81	161	242
5. RR Terminals	114	98	212
6. Border cross	47	0	47
<b>Total</b>	<b>527</b>	<b>740</b>	<b>1.267</b>

Fig. 6. Nodos establecidos de la Core y Comprehensive Networks

La *core network* se prevé para el año 2030 y la *comprehensive network* para el año 2050. Si bien son planes a demasiado largo plazo, es muy probable que cambien en el futuro, dependiendo de la situación económica de Europa.

La tabla de la figura 7 muestra la visión global de los corredores. Se trata de asignar 150 billones de euros hasta 2030 solo para los 9 corredores de la *core network*.

El Corredor Mediterráneo, con 3.000 km, será el más caro y afectará a España, Francia, Italia, Eslovenia, Croacia y Hungría. El Corredor Atlántico, con 2.000 km, se adjudicará el 11,4 % del presupuesto total y atravesará Portugal, España, Francia y Alemania.

La conexión Algeciras-Madrid pertenecerá a ambos corredores. El Corredor Atlántico irá por Madrid, Valladolid y Bilbao. El Corredor Mediterráneo tendrá dos vías: una por el interior y otra por la costa, uniéndose en Tarragona.

#### 4. Planes de trabajo de los corredores de la *core network*

Todos los corredores de la *core network* tienen un coordinador que durante 2014 preparó un Plan de Trabajo 2015-2030 para el corredor. Los 9 planes están disponibles desde enero de 2015 en el siguiente enlace: [http://ec.europa.eu/transport/themes/infrastructure/tent-guidelines/corridors/corridor-studies\\_en.htm](http://ec.europa.eu/transport/themes/infrastructure/tent-guidelines/corridors/corridor-studies_en.htm).

Estos planes de trabajo están actualmente en proceso de revisión por parte de los Estados de la UE afectados, es decir, los 28. Luego irán al Parlamento Europeo y finalmente al Consejo Europeo para su aprobación final, antes de final del año 2015.

Serán la hoja de ruta de cada corredor. Establecerán el marco para la inversión en infraestructuras de transporte, de fuentes públicas y privadas, nacionales y europeas. Orientarán el camino para aunar los esfuerzos de implementación concentrados en los objetivos de la política de las redes transeuropeas de transporte.

Nº	EU - Regions	MS	City references	Km		Billones €	%
1	Baltic - Adriatic	PL-CZ-SK-AT-IT	Gdansk - Venice	1.100	N-S	13,35	8,8
2	North Sea - Baltic	FI-EE-PL-DE-BE	Helsinki - Brussels	1.650	E-W	5,67	3,7
3	Mediterranean	SP-FR-IT-SL-CR-HU	Algeciras - Budapest	3.000	E-W	37,69	25,0
4	Orient/East - Med	DE-CZ-HU-GR-CY	Frankfurt - Constanta	1.650	E-W	8,04	5,3
5	Scandinavia - Med	FI-SE-DE-IT-MT	Helsinki - Valetta	3.800	N-S	31,94	21,2
6	Rhine - Alpine	NL-BE-CH-DE-IT	Rotterdam - Genoa	9.00	N-S	15,62	10,4
7	Atlantic	PT-SP-FR-DE	Lisbon - Strasbourg	2.000	N-S	17,17	11,4
8	North Sea - Med	IE-UK-NL-BE-LU-FR	Dublin - Marseille	1.400	N-S	4,58	3,0
9	Rhine - Danube	FR-DE-AT-HU-RO	Strasbourg - Constanta	1.650	E-W	15,94	10,6
						<b>17.150</b>	<b>150,27</b>

Fig. 7. Longitudes y presupuestos de los corredores de la *core network*



Fig. 8. Región incluida en el Corredor Mediterráneo

	Núcleos urbanos	Aeropuertos	Puertos	Terminales de ferrocarril	Vías navegables interiores	Total
España	4	6	6	7	1	24
Francia	2	2	1	3	2	10
Italia	4	6	3	6	5	24
Eslovenia	1	1	1	1		4
Croacia	1	1	1	1		4
Hungría	1	1		1	1	4
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>17</b>	<b>12</b>	<b>19</b>	<b>9</b>	<b>70</b>

Fig. 9. Nodos logísticos del Corredor Mediterráneo

El enfoque de los futuros proyectos que se financien desde Europa será el definido en el Corredor. Ya no habrá más dinero para estudios pequeños e individuales a nivel de puerto, de región o de Estado. Cada corredor dispone de suficientes estudios y proyectos realizados los últimos 5 años.

#### 4.1. Work plan del Corredor Mediterráneo

El informe oficial con el *work plan* del Corredor Mediterráneo se compone de 440 páginas, con 300 estudios de los últimos 5 años y una hoja de ruta para los próximos 15 años (hasta 2030).

El Corredor Mediterráneo engloba a una macro-región de unos 90 millones de habitantes de 6 países diferentes, los cuales producen el 17 % del PIB europeo y que tienen una tasa de desempleo de 4 puntos por encima de la media europea.

Tras haber realizado un exhaustivo inventario de las infraestructuras actuales en todos los modos de transporte de la región, se puede saber qué existe y qué falta para su posterior construcción. La idea prioritaria es evitar duplicidades, solapamientos y despilfarros absurdos.



Fig. 10. Región incluida en el Corredor Atlántico

En la figura 9 se citan los 70 nodos logísticos del Corredor Mediterráneo, diferenciándolos por países y modos de transporte.

Los 24 nodos españoles incluidos en el Corredor Mediterráneo serían: los núcleos urbanos de Sevilla, Madrid, Valencia y Barcelona; los aeropuertos de Sevilla, Madrid, Málaga, Alicante, Valencia y Barcelona; los puertos de Sevilla, Algeciras, Cartagena, Valencia, Tarragona y Barcelona; las terminales de ferrocarril de Sevilla, Algeciras, Málaga, Madrid, Cartagena, Valencia y Barcelona; y la vía navegable interior del río Guadalquivir para llegar a Sevilla.

#### 4.2. Work plan del Corredor Atlántico

El informe oficial con el *work plan* del Corredor Atlántico se compone de 457 páginas, con 265 estudios de los últimos 5 años y una Hoja de Ruta para los próximos 15 años (hasta 2030).

En la figura 11 se citan los 19 nodos logísticos del Corredor Atlántico de cada uno de los países que atraviesa.

Dentro del Corredor Atlántico, cada estado tiene sus propias reglas para cada modo de transporte, lo cual genera fricciones, tiempos de espera y diferencias técnicas que al final se traducen en mayores costes. Por lo tanto, el plan para 2030 es conseguir una red homogénea, continua, con condiciones técnicas iguales a lo largo de todo el corredor

Portugal	España	Francia	Alemania
Lisboa	Algeciras	Burdeos	Mannheim
Leixoes	Antequera	Le Havre	Ludwigshaffen
Sines	Córdoba	Metz	
Poceirao	Alcázar	París	
	Madrid	Rouen	
	Valladolid	Estrasburgo	
	Bilbao		

Fig. 11. Nodos logísticos del Corredor Atlántico

y donde no haya que cambiar el ancho de vía o el voltaje en el ferrocarril (Alemania y Francia tienen un ancho de vía de 1.435 mm, diferente a España y Portugal que es de 1.667 mm; aunque España posee otros dos anchos más).

## 5. Conclusiones

La Política Europea de Transportes comenzó a prepararse en los años 80 del siglo pasado y su primer instrumento fue el 1º Libro Blanco del Transporte publicado en 1992 y que definía los Servicios previstos hasta 2000. De forma paralela se preparaba el primer plan de infraestructuras para prestar los servicios de transporte previstos, lo cual se publicó en 1995, con el 1º Plan de la Red Transeuropea de Transportes, que estableció un fondo específico para financiar infraestructuras de transportes.

Los otros dos pilares de la política europea de transportes, son por una parte los Marcos políticos generales, como la Estrategia de Lisboa de 2001 y la Estrategia Europea 2020 presentada el año 2010. El último y más importante es el Marco Financiero Plurianual que empezó en 1995 y, en estos años, es el que define los periodos de funcionamiento para todos los programas europeos. El actual es el 4º Marco y abarca de 2014 a 2020.

En 1992, el 1º Libro Blanco del Transporte introdujo el servicio de *Short Sea Shipping* como un transporte marítimo entre puertos, para equilibrar el exceso de transporte por

carretera. En 2001, el 2º Libro Blanco del Transporte fue un paso más allá y definió el servicio de Autopista del Mar como un transporte multimodal que coordinase servicios de transporte por mar y por tierra entre dos regiones con intercambios comerciales fuertes. En 2004, una comisión técnica presidida por Van Miert propuso la organización de cuatro zonas marítimas europeas para desarrollo de las Autopistas del Mar en el Báltico, Atlántico, Mediterráneo Occidental y Oriental.

En 2011, el 3º Libro Blanco del Transporte introduce el concepto de corredor multimodal como sistema de transportes que conecta dos mercados con intercambios sostenidos mediante diversos modos y medios de transporte, para carga y pasajeros, integrando los modos individuales de transporte, como *Short Sea Shipping*, Autopista del Mar, corredores ferroviarios y de carretera.

En 2013, el programa TEN-Transport planteó la organización de dos redes de transporte: la *core network* en las áreas con mayor desarrollo económico, y la *comprehensive network* en las áreas emergentes y en desarrollo. Dentro de la primera red, se ha propuesto la creación de nueve corredores multimodales basados en la actual red ferroviaria RFC, que conectará los principales nodos logísticos de Europa entre 2030 y 2050, son los denominados corredores de la *core network*.

La relación entre los nueve corredores de la *core network* y las cuatro regiones de Autopistas del Mar es uno de los problemas logísticos e industriales que deberá resolverse en los próximos años. **ROP**

#### Referencias

- 1<sup>st</sup> *Transport White Paper* 1992-2000 (1992). COM (1992) 494. Para definir el rumbo futuro de la política europea de transportes. Objetivo principal: la apertura del mercado de transporte, excepto por sector ferroviario.
- 1<sup>st</sup> TEN-*Transport Plan* 1995-2000 (1995). *Regulation* (EC) N° 2236/1995. Define las reglas generales para la concesión de ayudas financieras europeas para proyectos de la red trans-europea de transportes.
- 2<sup>nd</sup> TEN-*Transport Plan* 2000-2006 (1999). *Regulation* (EC) N° 1655/1999 del Parlamento Europeo y del Consejo Europeo el 19/07/1999. Actualiza la Regulación (EC) N° 2236/1995.
- 2<sup>nd</sup> *Transport White Paper* 2001-2010 (2001). COM (2001) 370. "La política europea de transportes de cara al 2010: la hora de la verdad". Objetivo principal: Reequilibrio de modos de transporte para luchar contra las limitaciones de capacidad.
- 3<sup>rd</sup> Plan TEN-*Transport* 2007-2013 (2007). *Regulation* (2007) 680. Actualiza la Regulación (EC) 1655/1999 para la concesión de ayudas financieras europeas para proyectos de la red trans-europea de transportes.
- 3<sup>rd</sup> *Transport White Paper* 2011-2020 (2011). COM (2011) 144. Hoja de ruta hacia un espacio único europeo de transporte. Objetivo principal: Hacia un sistema de transporte eficiente y competitivo en recursos.
- 4<sup>th</sup> Plan TEN-*Transport* 2014-2020 (2013). COM (2013) 1315 *Trans European Transport Network. Core and Comprehensive Network Corridors*.
- *Multimodal Corridor and Motorways of the Sea* (2014). Presentación para la Conferencia del Proyecto MESA-Maritime Europe Strategy Action financiado por el 7º Programa Marco 2007-2013 y por la Plataforma Marítima Waterborne <http://www.waterborne-tp.org/index.php/ mesa> en Bruselas, por Humberto Moyano – Almazán Ingenieros – Madrid.
- MOS *Pocketbook* (2014). Proyecto WIDERMOS, financiado por el Programa TEN-Transport 2007-2013, para investigar las futuras relaciones entre la red de Corredores de la Core Network y la red de Autopistas del Mar.
- Estudio Técnico de Corredores Multimodales mundiales (2014). *Transport and Corridor* (Banco Mundial).
- MOS *Workplan of the European Coordinator* (2015). Documento de la Comisión Europea con una primera aproximación para un futuro MOS Workplan que identifique los factores principales y la situación actual de las Autopistas del Mar, preparado por el Coordinador MOS Europeo Brian Simpson.

# Nuevo árido reciclado de alto rendimiento para capas de asiento ferroviarias



## Miquel Morata Royes

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Técnico en Departamento de Gestión del Conocimiento e I+D de COMSA

### Resumen

El uso de áridos con alta resistencia a la abrasión es clave para garantizar un buen funcionamiento de las vías férreas a largo plazo. No obstante, la extracción de estos áridos no es siempre factible a un coste razonable, por lo que la creación de nuevas alternativas con un menor coste del ciclo de vida y un menor impacto ambiental, resulta fundamental para la sostenibilidad ambiental y económica de las infraestructuras ferroviarias. El nuevo árido reciclado procedente de escorias de horno de arco eléctrico (SFS-Rail) resulta idóneo, ya que presenta unas propiedades físicas y mecánicas excelentes.

### Palabras clave

Escoria, árido, reciclaje, ferrocarril, subbalasto

### Abstract

*The use of aggregates with high abrasion resistance is essential for the correct long-term operation of railway lines. However, the extraction of these aggregates is not always cost effective and the creation of new alternatives with a lower life-cycle cost and a reduced environmental impact is fundamental for the environmental and economic sustainability of railway infrastructure. The new recycled aggregate from electric arc furnace slag (SFS-Rail) is proving highly satisfactory as it has excellent physical and mechanical properties.*

### Keywords

*Slag, aggregate, recycling, railway, sub-ballast*

## 1. Introducción

Las capas de asiento, nombre con el que nos referimos a la capa de subbalasto y capa de forma -ésta última siendo la que proporciona las características necesarias a la plataforma-, tienen un papel clave en el comportamiento de la vía en lo que se refiere a la rigidez vertical, el mantenimiento de la geometría y el drenaje, entre otros aspectos. Es una realidad que muchos de los problemas relacionados con la geometría de la vía derivan de un estado deficiente de las capas de asiento. Por lo tanto, si se quiere conseguir una buena resiliencia y estabilidad de la infraestructura ferroviaria, resulta crucial el uso de áridos de alta calidad en estas capas.

Tradicionalmente, los materiales que se utilizan en las capas de asiento y de forma de la vía son áridos naturales extraídos de las canteras. En este sentido, han surgido nuevos desafíos a la hora de obtener áridos de alta calidad como recursos naturales, ya que la disponibilidad de éstos es cada vez menor. Todo ello ocurre en un contexto

en el que la Comisión Europea ha aumentado su rigor en los aspectos medioambientales, potenciando las soluciones sostenibles, duraderas y económicas. Por esta razón, la aparición de un nuevo material reciclado con mejores propiedades mecánicas parece estar totalmente en consonancia con el desarrollo futuro de las infraestructuras ferroviarias, ya que las soluciones con menor coste de ciclo de vida y menor impacto ambiental prevalecerán sobre el resto.

Dentro del marco del proyecto GAIN (financiado por el programa LIFE+ de la Comisión Europea), se está desarrollando un nuevo tipo de árido reciclado, no solo para cumplir con las características técnicas establecidas por la normativa nacional y europea que regula su uso en las capas de asiento, sino también para ir más allá y ofrecer unas excelentes propiedades mecánicas. El árido en cuestión es obtenido por la revalorización de las escorias negras procedentes de los hornos de arco eléctrico, que son un subtipo de escorias de los hornos de acero.



**Fig. 1. Unidad de cercanías circulando por el tramo de pruebas en Castellbisbal**

### Estado del arte

La principal aplicación de las escorias de hornos de acería en Europa es la construcción de carreteras (48%) y solo un 13% son enviadas a vertederos. El uso de escoria en el ámbito ferroviario no es tan común como en la construcción de carreteras y solo Estados Unidos, Brasil, Canadá e India tienen experiencia. De esta manera, el proyecto LIFE GAIN pretende desarrollar un nuevo tipo de árido procedente de las escorias de hornos de arco eléctrico que cumpla con la normativa europea para que pueda ser implementado de manera similar a otros países industrializados.

El árido siderúrgico tiene que cumplir con la normativa existente que regula su uso en las capas de subbalasto y de forma. Actualmente, solo encontramos una normativa ferroviaria, a nivel europeo, referente a los aditivos para balasto (EN13450:2013), pero no hay ninguna para subbalasto y capas de forma. Existe una normativa más general que regula la aplicación de áridos en la ingeniería civil (EN13242:2013), que incluye algunas especificaciones en

lo que se refiere al uso de escorias de acero como árido para capas de base. La normativa establece que éstos se pueden considerar estables si la expansión (de acuerdo con la E 1744-1) no excede un cierto valor máximo, dependiendo de su aplicación final.

Asimismo, el árido de escorias debe cumplir con normativas adicionales en comparación con los obtenidos en la cantera. Dado que en muchos países las escorias aún son tratadas como residuos, se deben llevar a cabo pruebas específicas con tal de permitir su reciclado y uso como producto final. La clasificación del árido siderúrgico según la normativa de la UE (deshecho, producto o subproducto) tiene un efecto directo en el rigor de los requerimientos que éstos tienen que cumplir. Afortunadamente, la clasificación de las escorias en la normativa comunitaria ha evolucionado como resultado de 25 años de debate sobre este tema. Así, de acuerdo con la Directiva Marco de Residuos 2008/98/CE, las escorias pueden ser consideradas como subproducto o incluso como producto.



Fig. 2. Montaje de vía en el tramo de pruebas  
(imagen superior)



Fig. 3. Lectura de asiento bajo el paso de una unidad de mercancías (imagen derecha)

A nivel nacional, existen varios países en Europa, como por ejemplo Alemania, que han desarrollado normativas específicas para la regulación del uso de escorias de acero como subbalasto y otras aplicaciones en la ingeniería civil. Aun así, no encontramos una normativa como ésta en otros países europeos como España o Portugal.

### **SFS-Rail: árido siderúrgico para capas de subbalasto y de forma**

El SFS-Rail es una nueva solución de árido constituido por escorias de horno de arco eléctrico que serán usadas en aplicaciones ferroviarias, principalmente para las capas de subbalasto y de forma.

Una de las principales ventajas que presenta es su alta resistencia a la abrasión, a la vez que ofrece un precio competitivo en comparación con los áridos convencionales. Además, el uso de SFS-Rail provoca un incremento en la estabilidad lateral de la vía debido principalmente a una óptima trabazón de las partículas como consecuencia

de su angulosidad y rugosidad, así como a un mayor peso de los áridos. Como resultado, la vía que utiliza SFS-Rail es más resistente a movimientos laterales en curvas pronunciadas.

El SFS-Rail permite un mejor drenaje a causa de su alto porcentaje de huecos, su bajo contenido de finos y su resistencia a la degradación. No contienen materia orgánica y, dado su composición química, se evita la aparición y crecimiento de vegetación no deseada. Finalmente, es altamente resistente a la degradación provocada por los cambios en la climatología, como por ejemplo los ciclos de secado-humedecido, los ciclos de congelación-descongelación, los cambios de temperatura y los ataques químicos.

Todos estos beneficios están respaldados por la extensa campaña de ensayos de laboratorio que se han llevado a cabo. En este ámbito, el test de Los Ángeles, que mide la resistencia a la abrasión de los áridos, muestra un va-



**Fig. 4. SFS-Rail: escorias negras de horno de arco eléctrico (imagen superior)**



**Fig. 5. Separación del hierro de las escorias (imagen derecha)**

lor entre 15-20 para el SFS-Rail, el cual es comparable al de las rocas duras, cumpliendo por tanto la mayoría de normativas. Esta conclusión se ha confirmado por el ensayo Micro-Deval, que ha resultado ser inferior a 20, el cual está en consonancia con la normativa española, y por el Coeficiente de Pulimento Acelerado, en el que se ha obtenido un valor entre 57 y 60, estando dentro de la categoría de “alto rendimiento”. Por último, se ha alcanzado un índice de caras de fractura superior al 100%, el cual garantiza una buena trabazón entre partículas, una expansividad acelerada del 0,3% tras 168h, de acuerdo con la UNE-EN 1744-1, y un CBR por encima de 100, el cual es considerablemente mayor al obtenido usando áridos convencionales.

La composición química de los áridos de escoria de horno de arco eléctrico también ha sido sometida a ensayos, subrayando el test de lixiviación llevado a cabo para cuantificar la movilidad de las especies químicas (contaminantes o no) contenidas en los áridos de SFS-Rail.

Se ha evaluado el impacto ambiental del SFS-Rail mediante un análisis del ciclo de vida. Las categorías consideradas más relevantes han sido el Potencial de Calentamiento Global, el Potencial de Acidificación, el Potencial

de Eutrofización y el Potencial de Toxicidad Humana. Los resultados obtenidos muestran que el SFS-Rail reduce, de media, un 35% el impacto medioambiental respecto al árido convencional.

#### **Validación mediante un tramo de pruebas**

Aunque los resultados del laboratorio han mostrado que el SFS-Rail tiene unas propiedades mecánicas excelentes, se ha llevado a cabo una prueba de campo en una línea de ADIF con tráfico mixto (pasajeros y mercancías) en Castellbisbal (Barcelona), con el objetivo de demostrar su viabilidad a escala real.

Esta prueba piloto se ha ejecutado en tres tramos: un tramo de control con árido convencional en las capas de forma y de subbalasto, otro tramo con escorias en la capa de subbalasto y árido convencional en la capa de forma, y un último tramo con escorias en ambas capas.

Se ha realizado una monitorización exhaustiva en cada uno de los tramos con el objetivo de evaluar los beneficios reales de la implementación del SFS-Rail en las capas de subbalasto y de forma. Entre los parámetros monitorizados se incluyen la geometría y el asiento global de la vía, el asiento de las capas de subbalasto y de forma, la





**Fig. 6. Tamizado de las escorias tras su trituración**



**Fig. 7. Almacenamiento de las escorias tratadas**



Fig. 8. Escorias negras saliendo de la trituradora

tensión en las capas de subbalasto y de forma con y sin el paso de trenes, así como la deflexión del carril bajo la circulación de trenes.

Tras los primeros meses de monitorización, se ha comprobado que el nuevo material responde satisfactoriamente, manteniéndose estable la geometría de vía y teniendo asientos globales y parciales entre capas dentro de la normalidad, así como tensiones admisibles en las capas de subbalasto y de forma bajo el paso de unidades de cercanías y trenes de mercancías. Por último, la deflexión del carril bajo circulación de trenes también ha resultado satisfactoria, con valores inferiores a los 2 mm.

### Conclusiones

El SFS-Rail emerge como un árido de alta calidad que ofrece una resistencia a la abrasión y una dureza consi-

derablemente mayor a la de la mayoría de áridos naturales comúnmente empleados en las capas de asiento ferroviarias. La idoneidad de su aplicación en capas de asiento ferroviarias ha sido demostrada por las pruebas de campo, poniendo de manifiesto su contribución hacia vías ferroviarias de mejores características, tales como vías más rígidas, estables y duraderas, a la vez que permite reducir la frecuencia de las operaciones de mantenimiento y bateo de vía.

Las mejores prestaciones técnicas arriba mencionadas, junto a su coste competitivo, la reducción de las necesidades de mantenimiento y un impacto ambiental mucho menor (reducción del impacto ambiental en las canteras de árido natural y reciclaje de un residuo industrial abundante), hacen del SFS-Rail una alternativa rentable y muy atractiva. **ROP**

# Mecánica Elástica, por A. Peña Boeuf. Noventa años después



**Josep María Pons Poblet**

Doctor ingeniero Industrial.  
 Profesor departamento de Resistencia de Materiales y Estructuras en la Ingeniería.  
 Universidad Politécnica de Cataluña

**Resumen**

En el número 2427 de la Revista de Obras Públicas, correspondiente al año 1925, apareció un breve artículo<sup>1</sup> escrito por un desconocido M. donde se glosaba la notable obra de Mecánica Elástica escrita por el reputado ingeniero de Caminos, profesor de la Escuela Especial del Cuerpo, D. Alfonso Peña Boeuf.

Pasados 90 años y, a la vez que recuperando el artículo, se referencia la importancia de dicho libro en la docencia y aprendizaje del cálculo estructural visto el prisma del tiempo discurrido.

**Palabras clave**

Mecánica elástica, Peña Boeuf, masa elástica, ROP

**Abstract**

*In issue number 2427 of the Revista de Obras Públicas, published in 1925, there is a brief article written by an unknown author signed "M", that summarises the outstanding work on Elastic Mechanics written by the renowned Civil Engineer and professor at the Special College of the Engineering Corps, Alonso Peña Boeuf.*

*On recovering the article ninety years later, we underline the importance of this book in the teaching and learning of structural calculation in the light of the time passed since its publication.*

**Keywords**

*Elastic mechanics, Peña Boeuf, elastic mass, ROP*

En el año 1925 aparecía publicado el libro *Mecánica Elástica* obra del ingeniero de Caminos y profesor de la Escuela Especial del Cuerpo D. Alfonso Peña Boeuf (1888-1966).

Justo ahora se cumple el noventa aniversario de un libro que, ya desde el inicio, supuso un hito el campo de la mecánica elástica y cuya vigencia perduró mucho tiempo tal como muestran las referencias bibliográficas que de él se generaron.

*Al recibir el encargo, muy honroso, aunque para mí abrumador, de explicar la asignatura de hormigón armado en la Escuela de Caminos, por fallecimiento del sabio Zafra, mi querido maestro, comprendí la conveniencia de preceder a su estudio el de las estructuras continuas, ya que, en la mayor parte de los casos, la dificultad de proyectar las obras de hormigón armado estriba más bien en la determinación de los elementos mecánicos que definen su régimen elástico.*

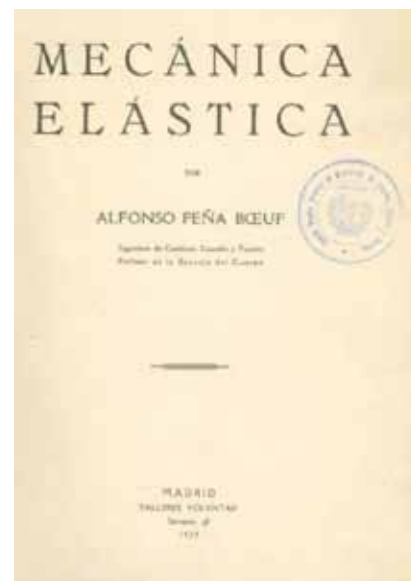


Fig. 1. 'Mecánica Elástica'. Alfonso Peña Boeuf - edición de 1925

Con esta transcripción, habida en el prólogo, principia el libro *Mecánica Elástica* del autor Peña Boeuf. El referido maestro fue D. Juan Manuel de Zafra (1869-1923) también ingeniero de Caminos, Canales y Puertos a la vez que autor de otros célebres libros como fueron *Construcciones de hormigón armado*<sup>2</sup> y *Los métodos de cálculo de estructuras derivados del trabajo elástico*<sup>3</sup>, entre otros.

### El autor

Alfonso Peña Boeuf (Madrid, 1888-1966) fue un ingeniero formado en la Escuela Caminos, Canales y Puertos de Madrid donde posteriormente sería profesor. Destacó en distintos campos y actividades siempre relacionados con el mundo de la Obra Pública. Asimismo podemos citar de él que fue Ministro de Obras Públicas, miembro de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales así como presidente del consejo de administración de la Red Nacional de Ferrocarriles Españoles (Renfe) entre otros cargos.

### El libro, Mecánica Elástica

Del prólogo citado deducimos que D. Alfonso, fruto del encargo de la sustitución docente de su maestro, quiso *exponer en no pocas lecciones una síntesis de los modernos métodos elásticos con las aplicaciones más interesantes en el cálculo de las estructuras indeterminadas estáticamente, de tal modo que fuera fácilmente asimilable sin dificultad, aun en aquellos casos en que la estructura fuera complicada*. El libro, todo un hito en el momento en que fue publicado (por Talleres Voluntad), vino a llenar un vacío en el mundo de los textos técnicos, especialmente aquellos con matriz española. Cabe recordar que parte de los libros que se usaban tenían génesis alemana y sobre todo francesa llegando al estado español por sus traducciones. Justo es citar el esfuerzo de técnicos como el referido Juan Manuel de Zafra, Félix Cardellach o José Marvá entre otros nombres ilustres que aportaron en forma escrita sus conocimientos.

El autor lo indexó –en la primera edición de 1925– según los siguientes capítulos<sup>4</sup>:

- Capítulo primero: Teorías fundamentales.
- Capítulo II: Arcos.
- Capítulo III: Pórticos.
- Capítulo IV: Formas tubulares.
- Capítulo V: Estructuras múltiples.
- Capítulo VI: Cúpulas.
- Capítulo VII: Placas planas.
- Capítulo VII: Presas.

*Este programa, aunque extenso en la enumeración, es, sin embargo, susceptible de exponer en poco más de trescientas páginas sin detrimento de su claridad*<sup>5</sup>.

Cabe citar que en ediciones posteriores se incorporarían nuevos capítulos como el correspondiente a reparticiones de carga y cimentaciones (edición de 1930) que *extracta lo que substancialmente puede interesar en las cuestiones de cimentación de obras por repartición de cargas*. Este hecho pone de manifiesto la preocupación dinámica del autor para dar a la obra el contenido acorde con las problemáticas específicas que iban surgiendo.

Pronto obtuvo el reconocimiento del colectivo técnico constituyendo *un tratado de las aplicaciones de los métodos más recientes y perfectos al arte de construir, derivados de la elasticidad en una obra que más que el rigor matemático se busca la rapidez, siempre dentro de la corrección de cálculo de toda obra doctrinal*<sup>6</sup>.

De entre todos los capítulos, sin duda el que más relevancia tuvo fue el dedicado a las estructuras múltiples.

*Quizá sea el más fecundo de los capítulos el dedicado a las estructuras múltiples. Partiendo de la teoría de Ritter hacemos una original aplicación al cálculo de las vigas de varios tramos y a los pórticos múltiples con operaciones tan sencillas que solo requieren dos ecuaciones lineales por grande que sea la complejidad de las cargas, y para la mejor comprensión se presenta en cada uno un ejemplo numérico*<sup>7</sup>.

Una de las dificultades que ha tenido el calculista, especialmente antaño, ha sido el de resolver las estructuras llamadas hiperestáticas. Mencionemos solo la formulación de las slope-deflection, el teorema de Clapeyron o los métodos gráficos por citar algunos de los procedimientos citados en las bibliografías de la época que ayudaron a tal efecto. Sin duda, el problema resultaba tedioso en el periodo que ahora abordamos; una época más bien parca en cuanto a metodología de cálculo que solventase tal dificultad. Peña Boeuf presentará el método que el denominará como de la *masa elástica* donde, de manera sistemática y rápida en comparación con los métodos coetáneos, se permitía la resolución de la estructura hiperestática. Justo es señalar que en este período se empieza a formular el método de Cross –que llegará a España a principios de la década de los años 30 debido a Carlos Fernández Casado–. Pero Peña Boeuf, anticipándose al que sería uno de los grandes métodos de cálculo del siglo XX, formularía este método que

también resolvería, de manera relativamente ágil, el problema hiperestático.

*En las construcciones continuas es muy frecuente el cruzamiento de varias piezas en un mismo nudo, con empotramiento elástico, dando lugar a un grado de indeterminación superior al tercero, que se estudia en los pórticos. En este caso se encuentran los entramados de las edificaciones urbanas, los pórticos de varios tramos, los sencillos, cuando tienen piezas de arriostramiento, las vigas caladas y tantos otros géneros de construcción de mayor complejidad.*

*El cálculo de cada elemento considerado aisladamente, aun teniendo en cuenta prudencialmente el grado de empotramiento, puede producir errores de importancia, pues las acciones transmitidas a él, por su solidaridad, en virtud de cargas en los otros elementos concurrentes, proporciona régimen de trabajo distinto del apreciado directamente y a veces con inversión en el sentido del momento flector, que precisa estimar y precaver.*

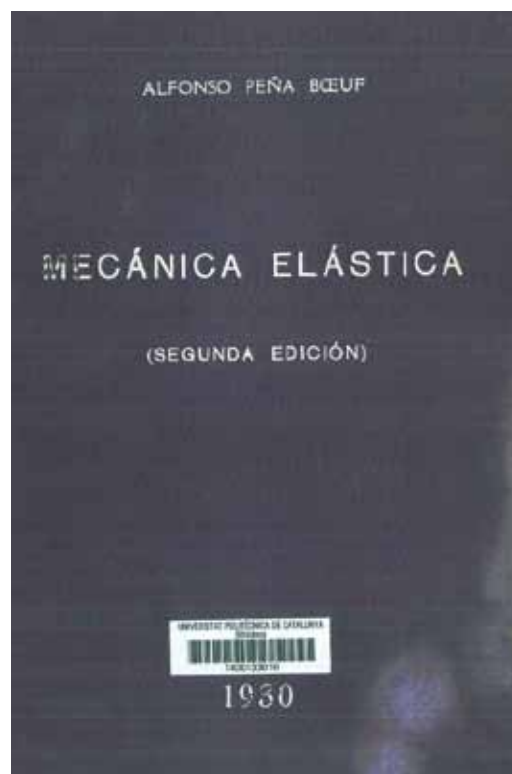
*El problema general, de inabordable complicación, si se emplean las ecuaciones clásicas de deformación angular y lineal de las*

*coordenadas de un punto, puede, sin embargo, simplificarse mediante reducciones lógicas, haciendo un estudio de suficiente aproximación que permite las más fecundas aplicaciones prácticas<sup>8</sup>.*

La masa elástica sería, por tanto, uno de los métodos que permitían la resolución de la estructura hiperestática a los técnicos calculistas responsables. Uno de ellos, el doctor ingeniero Rafael Casals Bohigas<sup>9</sup> personalmente me indicó este método como el usado por los técnicos que, como él, calculaban las estructuras antes de la llegada del citado método de Cross.

*La doctrina contenida en este capítulo se prestaba a desarrollar en muchas páginas sus innumerables aplicaciones; pero una vez entendido el mecanismo no es preciso insistir en demasía, ya que en él se indican con suficiente claridad el modo de operar en las estructuras reticuladas y en otras semejantes<sup>10</sup>.*

El nombre del método (*masa elástica*) proviene de la terminología empleada en su formulación. El valor del término  $IK$ , será llamado inicialmente por Peña Boeuf como *medida elástica* –siguiendo a Ritter– y lo simbolizará por la letra  $e$ . Posteriormente



**Fig. 2 a) Peña Boeuf. 'Mecánica elástica'. 1ª ed.**  
**b) Peña Boeuf. 'Mecánica elástica'. 2ª ed.**

se llamará masa *elástica* (Zafra) quedando ya definitivamente el término fijado.

Para un momento  $M$ , determinado, el denominador  $IK$  mide la facultad de girar la sección, pues es la relación del momento al ángulo, o de otro modo, es el momento capaz de producir un ángulo de giro unidad.  $IK$  en realidad es homólogo a  $EI$ .

A Ritter se debe el fundamento de este método que, de un modo general, expondremos con gran sencillez<sup>11</sup>.

El mismo Fernández Casado se referirá al término en su conocido libro *Cálculo de Estructuras Reticulares* dando por tanto a entender que era una metodología conocida y aplicada por los técnicos.

En la otra dirección que podemos llamar clásica, W. Ritter<sup>12</sup>, al estudiar el problema de la viga de varios vanos con pilares solidarios, introduce el concepto fundamental de *elastizität mass*, traducido por Zafra como *masa elástica*, definiendo

#### Notas

(1) [http://ropdigital.ciccp.es/pdf/publico/1925/1925\\_tomol\\_2427\\_05.pdf](http://ropdigital.ciccp.es/pdf/publico/1925/1925_tomol_2427_05.pdf)

(2) *Construcciones de hormigón armado* / Por Juan Manuel de Zafra Madrid: Imp. y encuad. de V. Tordesillas [S.l.]: [s.n.], 1911.

(3) *Los métodos de cálculo de estructuras derivados del trabajo elástico* / por Juan Manuel de Zafra Madrid: Imprenta de Prudencio Pérez de Velasco [S.l.]: [s.n.], 1912.

(4) Se sigue fehaciente la nomenclatura propuesta por el autor.

(5) *Mecánica Elástica*. Alfonso Peña Boeuf.

(6) [http://ropdigital.ciccp.es/pdf/publico/1925/1925\\_tomol\\_2427\\_05.pdf](http://ropdigital.ciccp.es/pdf/publico/1925/1925_tomol_2427_05.pdf)

(7) *Revista Obras Públicas "Mecánica Elástica"*, por A. Peña Boeuf. Fuente: 1925, 73, tomo I (2427): 161-162. Cita tomada del prólogo del propio libro.

(8) *Mecánica Elástica*. Alfonso Peña Boeuf.

(9) Rafael Casals Bohigas († 2010). Doctor ingeniero industrial.

(10) *Revista Obras Públicas "Mecánica Elástica"*, por A. Peña Boeuf. Fuente: 1925, 73, tomo I (2427): 161-162. Cita tomada del prólogo del propio libro.

(11) Peña Boeuf, Alfonso: *Mecánica elástica*.

(12) W. Ritter: *Anwendung der Graphischen Statik*, tomo III. Zurich, 1900.

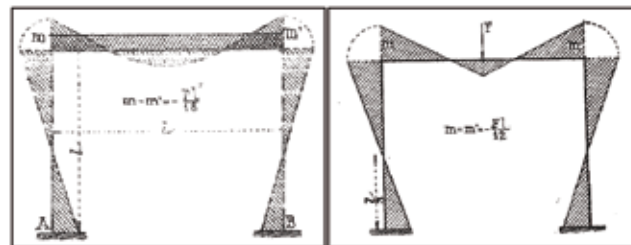


Fig. 3. a) Pórtico equilátero empotrado con carga uniforme.  
b) Pórtico equilátero empotrado con carga puntual.  
**'Mecánica Elástica'. Alfonso Peña Boeuf**

la característica elástica de la barra en el conjunto de la estructura.

Una vez presentada la terminología empleada y el alcance del método el autor pasará a describirlo a la vez que implementándolo con ejemplos ilustrativos y didácticos; el pórtico equilátero con carga uniforme y puntual, el caso de una viga de varios tramos, pórticos múltiples y bigas Vierendeel entre otros. **ROP**

#### Referencias

- FERNÁNDEZ CASADO, Carlos (1940) *Cálculo de estructuras reticulares: nudos rígidos* (2ª ed. Ref.). Madrid: Dossat.

- FERNÁNDEZ CASADO, Carlos (1941) *Resistencia*. Madrid.

- PEÑA BOEUF, ALFONSO (1925) *Mecánica elástica*. Madrid: Talleres Voluntad.

- PEÑA BOEUF, ALFONSO (1930) *Mecánica elástica*. Madrid: Talleres Voluntad.

- RODRÍGUEZ-AVIAL AZCUNAGA, Fernando (1946) *Construcciones metálicas*. Madrid: Patronato de Publicaciones de la Escuela Especial de Ingenieros Industriales.

- SALIGER, Rudolf (1950) *Estática aplicada al cálculo de estructuras y al hormigón armado*. Barcelona [etc.]: Labor.

- ZAFRA, Juan Manuel de (1911) *Construcciones de hormigón armado*. Madrid: Tejada y Martín.

- ZAFRA, Juan Manuel de (1912) *Los métodos de cálculo de estructuras derivados del trabajo elástico*. Madrid: Tejada y Martín.

- ZAFRA, Juan Manuel de (1915) *Cálculo de estructuras*. Madrid: Tejada y Martín.

# Efecto de ondas concéntricas en la ciudad. El impacto de los túneles de la M-30 medido en el mercado inmobiliario limítrofe\*



## Ignacio Ortiz de Andrés

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.  
Especialidad Urbanismo y Ordenación del Territorio.  
Consultor inmobiliario

### Resumen

En el artículo se hace un planteamiento económico con el *software* adecuado del impacto de los túneles de la M-30 y el proyecto Madrid Río en el mercado inmobiliario. Se introduce el efecto de ondas concéntricas que se deriva de la actuación en las ciudades. Cualquier obra o inversión en un medio urbano produce un incremento variable de valor en lo limítrofe. Desde una rehabilitación, una adecuación de una calle hasta ejemplos como la Operación Canalejas o la Gran Vía madrileña. En el caso de las obras ejecutadas en la conocida como Calle 30 la mejora del entorno ha sido extraordinariamente significativa.

### Palabras clave

Rehabilitación, obra pública, regeneración, túneles M-30, Madrid Río, entorno urbano, mercado inmobiliario, vivienda

### Abstract

*The article makes an economic analysis, with the pertinent software, of the impact of the M-30 ring road tunnels and the Madrid Río project on the property market. The analysis introduces the effect of concentric rings produced by intervention and expansion of cities. Any work or investment in the urban environment, ranging from refurbishment and remodelling of a street to large-scale renovation projects such as the Canalejas Operation or work in the Gran Vía in Madrid, produces a variable increase in the value of the surrounding areas. In the case of the work carried out on the inner-ring road known as Calle 30, the improvement to the surrounding areas has been extremely significant.*

### Keywords

*Renovation, public works, regeneration, M-30 tunnels, Madrid Río, urban area, property market, housing*

Los túneles de la M-30 supusieron una gran inversión y una intervención en el entorno urbano de Madrid de un nivel que se puede considerar hasta entonces desconocido. Madrid Río, que es la traducción en superficie de esta magna infraestructura, cambia por completo la fisonomía de la ciudad en su coincidencia con el paso del río Manzanares. En este artículo se analizan los efectos de esta obra en la ciudad en clave inmobiliaria, es decir, cómo ha afectado a este mercado y no obviando la crisis del sector. Mediante una comparación de precios con otros puntos de Madrid podremos obtener información concluyente a pesar del estallido de la burbuja inmobiliaria y sus, en ocasiones, dramáticas consecuencias.

En primer lugar, es importante enmarcarse dentro del efecto de ondas concéntricas que se deriva de la actuación en el hábitat urbano. De la misma manera que es visible



Franja de estudio



Túneles de la M-30

el impacto de una piedra en la superficie de un estanque, cuando se produce una modificación en una ciudad se traslada en menor o mayor medida a lo que le rodea. Puesto que el artículo está incardinado en la capital veamos unos pocos y reconocidos ejemplos en la misma de este singular fenómeno.

De menos a más por su repercusión, podemos comenzar con una rehabilitación puntual en una zona urbana, actuando sobre el pavimento, el mobiliario, la iluminación, etc. De estos ejemplos todos tendremos presentes alguno que nos resulte cercano y percibamos que ha tenido un efecto positivo en el entorno. En primer lugar en la percepción de los vecinos y los transeúntes que comprueban la mejora estética y la disfrutan, lo cual ya es importante, pero además conlleva atracción de negocios, inversiones, generando en función de la intervención en el terreno diferentes efectos positivos que se retroalimentan. En Madrid podemos citar en modo creciente, por ejemplo, la reforma de la Plaza de Prosperidad y en la actualidad la parte adyacente de la calle López de Hoyos, las obras de mejora con parcial peatonalización de la calle Fuencarral o la intervención integral en superficie en la calle Serrano dotándola de aparcamiento subterráneo.

Cuando se rehabilita un edificio, aunque sea sólo de manera estética y estructural, se contribuye a embellecer esa manzana y puede significar más inversiones. Si detrás de esa rehabilitación se pretenden promocionar viviendas nuevas o hay un cambio de uso como generar oficinas o un espacio comercial, el impacto será mayor. Un ejemplo de rehabilitación de extraordinario tamaño y calado es la Operación Canalejas, liderada por el ingeniero de Caminos Juan-Miguel Villar Mir. El proyecto afecta a las antiguas sedes del Banco Español de Crédito y Central Hispano situadas en Canalejas 1 y Alcalá 6, 8, 10, 12 y 14, a escasos metros de la Puerta del Sol. Actualmente dos grúas se alzan en las parcelas, transmitiendo una sensación extraña a través de las ventanas de los edificios que han sido vaciados. Produce vértigo ver las fachadas desnudas sin el acompañamiento lógico del antiguo inmueble al que protegían y conferían belleza. No ajeno a vicisitudes, con una inversión que entre la compra de los edificios y la inversión prevista ronda los 500 millones de euros aportará a la ciudad un exclusivo centro comercial, un hotel de la cadena Four Seasons 5 estrellas categoría gran lujo, viviendas vinculadas al servicio de hotel y un amplio aparcamiento. Además de los obvios efectos positivos que se generan durante la inversión en su construcción, se derivará un incremento del valor de las calles cercanas, de



The screenshot shows the GoolzQOm real estate platform. On the left, there is a search and filter interface with options for 'País' (Spain), 'Venta - Alquiler', 'Dom', 'Superficie', and 'Precio'. Below this is a table of 27 results. On the right, a satellite map of Madrid is displayed with a red circle highlighting a central area, likely the Puerta del Sol area, and a red line indicating a boundary or specific zone.

id	tipo	ref.	sur.	haci	€/m²	precio
id	flat	44	1	1	2045	90m €
id	flat	129	3	2	2782	358m €
id	flat	190	3	5	2894	550m €
id	flat	164	5	2	3253	590m €
id	flat	200	6	3	3750	750m €
id	flat	81	3	1	2962	240m €
id	flat	107	3	2	2420	258m €
id	flat	200	6	4	2000	400m €
id	flat	98	2	2	2031	195m €
id	flat	92	3	1	1945	179m €
id	flat	120	3	2	3500	420m €
id	flat	118	3	2	3050	360m €
id	flat	138	3	2	1838	250m €
id	flat	200	6	3	4000	800m €
id	penthou	87	1	1	5068	441m €
id	flat	150	4	2	3300	495m €
id	flat	80	2	1	2780	139m €
id	flat	66	4	1	1638	108m €

Herramienta Googlezoom



Operación Canalejas

sus comercios, dando lugar a posteriores rehabilitaciones, dinamizando en este caso además de manera muy considerable la economía y el turismo. Trasladándonos escasos metros y, de manera anterior en el tiempo, el dotar a la Puerta del Sol de Red de Cercanías y la remodelación de la superficie ha generado una importante atracción hacia la zona, como es la apuesta de la compañía Apple por situarse en el antiguo Hotel París ubicado en el lugar más céntrico posible, origen de todos los caminos de Madrid.

Quiero reflexionar, al abordar esta soberbia obra, cual es la capacidad que se tiene para actuar en una ciudad en la actualidad y comprobar que se ha hecho lo máximo posible. Si miramos atrás en la historia y pensamos en alguna reforma de una ciudad, bien se puede detener la mirada en París. El barón Haussmann, a las órdenes de Napoleón III, acometió la famosa reforma de la capital francesa entre 1852 y 1870. Con un sistema de expropiaciones, levantó amplias avenidas, mejoró las comunicaciones, la salubridad y la seguridad, dispuso una altura uniforme de edificios destacando como puntos singulares el Arco de Triunfo y el Gran Palacio de la Ópera. Por supuesto que estas obras acarrearón conflictos, eran otros tiempos donde la propiedad privada no gozaba de la protección



Gran Vía de Madrid

actual y además la población obrera fue desplazada a suburbios. Es difícil juzgar en este sentido coyunturas pasadas, aunque es justo no obviarlos. Lo que me centro es en el efecto por todos conocidos, una ciudad de un urbanismo extraordinario, con una riqueza arquitectónica cuya belleza ni los propios nazis se atrevieron a bombardear. Volviendo a Madrid, en concreto a la Gran Vía seguimos con el fenómeno urbano conocido como haussmanización de las ciudades, que se entiende como la demolición para embellecer. Porque la obra de Haussmann fue imitada en otras muchas urbes. En la Gran Vía madrileña la historia se remonta al 4 de abril de 1910. El rey Alfonso XIII, descendiendo de la tribuna real, y con una piqueta de plata en la mano empezó la demolición de manera simbólica

de la casa del cura, anexa a la Iglesia de San José. Se iniciaron las obras por tanto en la actual confluencia de la Gran Vía con la calle Alcalá. Se pretendía abrir un eje entre los barrios de Argüelles y Salamanca, además de descongestionar la Puerta del Sol. Las obras se dividieron en tres tramos finalizándose en el año 1932, afectaron a 14 hectáreas, se demolieron 312 casas y se construyeron 32 manzanas nuevas. En las dos últimas décadas del siglo XX esta calle sufrió un deterioro claro. Las grandes tiendas de lujo desaparecieron, se cerraron famosos cines, la degradación de calles adyacentes hacían de ella un entorno menos atractivo. El cambio se empieza a plantear con la remodelación urbana de 2002 con adecuación de aceras y calzada. Se disminuye al máximo el mobiliario

urbano, se pavimenta con granito, nueva iluminación y vallas de acero para intentar recuperar la imagen. Positiva es sin duda también la peatonalización de Callao en el año 2009. Y el centenario del inicio de las obras de la Gran Vía, celebrado en 2010, pone de relieve la importancia de esta singular arteria de la capital, ayudando a la recuperación. El interés de los inversores es formidable, sólo en 12 operaciones recientes, incluyendo Plaza de España, se alcanza una cifra superior a 1.000 millones de euros. Las más significativas son la compra del Edificio España por parte de Wang Jianlin por 265 millones de euros y la adquisición de Gran Vía 32 por el grupo inmobiliario Pontegadea, propiedad de Amancio Ortega. El empresario de Inditex ha desembolsado 400 millones por el edificio que albergó los grandes almacenes SEPU. En dicho edificio se ha inaugurado recientemente una “tienda bandera” de Primark, competencia directa de Zara. Pero como todo lo que renace, no lo hace de la misma forma. Ahora son las grandes cadenas comerciales de moda, los nuevos y lujosos hoteles y la inversión extranjera los que marcarán el futuro. Se augura prometedor, de una manera distinta, pero con el mismo escenario de edificios históricos que configuran a esta Gran Vía inmortal. Vemos pues que una actuación que data de hace más de un siglo todavía tiene su eco en el día presente. Estas reformas, lógicamente ya no son posibles ni convenientes, pero su resultado fue extraordinario.

Vistas estas intervenciones en el territorio, sin olvidar las infraestructuras como túneles, redes de metro y cercanías, ferrocarril, comunicaciones aeroportuarias que representan elementos que impactan en lo local pero también en la economía nacional, entramos en la mayor intervención urbana de los últimos tiempos. Y es el soterramiento de los túneles de la ahora denominada Calle 30 y su posterior adecuación de la superficie bajo el nombre de Madrid Río.

Los túneles de la M-30 fueron ejecutados a partir de 2004 y se fueron inaugurando gradualmente a lo largo de 2007. Las principales cifras son para el Túnel del Manzanares 24.931 metros, siendo la práctica totalidad hechos en falso túnel y con carriles variables de 3 a 6. El Bypass sur cuenta con 2 tubos, 3 carriles por sentido y un total de 7.844 metros realizados mediante tuneladora. El túnel de la Avenida de Portugal con 1.306 metros y cuatro carriles por sentido contribuyó de manera singular a la mejora del entorno y de la calidad de vida de los vecinos que sufrían el tráfico inmediato a sus viviendas.

El proyecto ganador de Madrid Río estaba formado por los estudios de arquitectura Burgos & Garrido, Porras & La Casta, Rubio & Álvarez Sala y por el estudio de paisajismo West 8. Recientemente esta actuación ha sido galardonada con el Premio Veronica Rudge de la Universidad de Harvard que reconoce los espacios urbanos sostenibles. Inaugurado en 2011, se extiende en una superficie de 121 hectáreas donde se han plantado más de 30.000 árboles, 450.000 arbustos y 20 hectáreas de pradera. Cuenta con sendas ciclables y multitud de elementos dotacionales de ocio como pistas deportivas, parques infantiles y circuitos biosaludables. Además es un proyecto que une los distritos adyacentes, creando una permeabilidad urbana mediante 33 pasos sobre el Manzanares. Además de los históricos se unen nuevos puentes, siendo ya algunos imagen icónica para los ciudadanos.

Entonces, y dentro del efecto de ondas concéntricas descrito, ¿qué valoración cabe hacer de esta infraestructura desde el punto de vista inmobiliario? Cuantificarlo es complejo, pero describamos la situación de mercado en este momento. En el sector de la consultoría inmobiliaria se detecta interés por el suelo remanente en las inmediaciones. Es decir, los inversores piden un análisis pormenorizado de todas las posibilidades para construir en la zona debido al atractivo de un lugar recuperado para el ciudadano. Recientemente se ha producido una operación de compra de suelo residencial en dicha área de influencia de importante magnitud. En cuanto a obra nueva residencial se están generando una cantidad importante de viviendas. También despierta interés para el sector terciario y pronto veremos la rehabilitación del Mercado Central de Frutas y Verduras ubicado junto a la Plaza de Legazpi.

Si pensamos en los más favorecidos de esta obra cabe pensar que sean los madrileños que soportaban la contaminación acústica y visual de la vía urbana. Sus casas han experimentado un incremento sustancial de su valor, incentivando las reformas y rehabilitaciones de edificios. Separándonos de esa primera franja de viviendas, indubitablemente esa población ha mejorado su calidad de vida, se ha disminuido el efecto barrera que creaba la M-30 y el valor de sus inmuebles se ha visto también incrementado. Para hacer una aproximación en el cálculo de las viviendas beneficiadas se estima una franja muy conservadora de 500 metros de ancho con eje el río. En dicha área de estudio, con el software adecuado que integra valores catastrales se detectan un total de 21.624 viviendas con una



Madrid Río

superficie media de 93,5 metros cuadrados construidos y un total de 2.022.286 metros cuadrados residenciales. Se toman un total de 250 testigos en venta equidistribuidos en el área mencionada arrojando unos valores de un precio absoluto medio de 242.727 € y un precio unitario medio de 2.473 €/m<sup>2</sup>. Los distritos que limitan con Madrid Río son Arganzuela, Usera, Latina y Carabanchel. Observamos que en los precios unitarios del período 2005-2015 en el caso de Arganzuela se reduce el gap con la media de Madrid, lo que evidencia el efecto de la infraestructura. En el caso de Usera, Carabanchel y Latina la recuperación es más costosa porque el ajuste en estos distritos ha sido mayor en la crisis y hay barrios dentro de esos distritos muy alejados del Parque. Pero el dato más significativo es el que se obtiene del momento actual, de la muestra de 250 testigos a ambas márgenes del Río. La cifra de valor unitario es prácticamente 900 euros superior por metro cuadrado (alrededor de un 60 %) respecto de los distritos estudiados excepto Arganzuela. Referenciado con este último el valor es inferior en 300 euros. Siendo el incremento de valor más alto en las inmediaciones del Río, es

razonable considerar una apreciación del valor medio para esa zona de Madrid, teniendo en cuenta las dimensiones y características inmobiliarias de los distritos mencionados de aproximadamente 500 euros por metro cuadrado. Esto se traduce para la franja estudiada, teniendo en cuenta los más de 2 millones de m<sup>2</sup> residenciales, en 1.000 millones de euros de incremento de valor del parque inmobiliario de los vecinos. Este cálculo pretende aproximar un número que, si bien es difícil estimar desde el punto de vista inmobiliario, más lo es desde lo que no se puede valorar económicamente como es la belleza y recreo de un espacio que surge de nuevo para la ciudadanía.

Esta obra ha supuesto un antes y un después en Madrid, más allá de las críticas motivadas fundamentalmente por el elevado coste para las arcas públicas. Lo que queda para el que camina en ella es un espacio que siendo antes una frontera gris de un río constreñido por el humo y el ruido se convierte ahora en un nexo verde donde muchos madrileños disfrutarán y grabarán en su memoria los momentos vividos en tan agradable paseo. **ROP**



Marruecos invierte  
las rentas de los  
fosfatos:

oportunidad para las  
empresas españolas

Extracción de fosfatos en la mina de Khouribga, la más grande del mundo

## Marruecos invierte en infraestructuras sociales, educativas y de transporte a través de la empresa pública de fosfatos OCP

M. Martínez García



Las inversiones de la empresa pública de fosfatos de Marruecos OCP superan los 2.000 millones de euros para el desarrollo, en los próximos seis años, de infraestructuras en el sur. La ROP ha tenido la oportunidad de visitar varios de los proyectos más emblemáticos, como el Technopole Foum El Oued, cuyo principal reclamo es la futura Universidad Mohammed VI, un centro de formación superior enfocado a disciplinas técnicas con un espacio de investigación asociado, además de un instituto de competencias industriales y un liceo, en una primera fase. La construcción de un nuevo puerto para la mina de fosfatos de Boucraa y de una plataforma de producción de fertilizantes abren también oportunidades para las empresas españolas



La empresa OCP (siglas de Office Chérifien des Phosphates), participada en más de un 90 % por el Estado de Marruecos, ostenta el monopolio de la extracción de fosfatos en el país y es una de las compañías más importantes del mundo en lo que a esta actividad se refiere. Transformada en Sociedad Anónima en 2008, es a partir de entonces cuando comienza a invertir de manera relevante en proyectos sociales. Una de sus filiales es Phosboucraa, la firma que explota la mina de Boucraa, de propiedad española en el pasado.

Hoy, la Fundación Phosboucraa, creada hace dos años, canaliza la mayor parte de las inversiones de la corporación en la región –todas las relacionadas con los proyectos de desarrollo social: medioambientales, sanitarios, agrícolas, educativos–, entre las que destaca el Technopole Foum El Oued. Situado a 18 kilómetros de Laayoune será, cuando culmine su construcción, “una ciudad de conocimiento e innovación” con la que sus responsables pretenden impulsar el desarrollo de la zona y conservar la línea costera.

Contará con la Universidad Politécnica Mohammed VI, que está previsto que albergue a 2.500 matriculados por curso y centrará sus esfuerzos en la investigación en cuatro elementos: agua, suelo, energía (solar, eóli-

ca y marina) y eco-construcción en zonas desérticas, a través de un centro para especialistas en estas materias. A ella se unirá, en una primera fase, una Escuela de Excelencia o liceo destinada a unos 550 alumnos de secundaria y un Centro de Competencias Industriales pensado para alrededor de 200 estudiantes.

La Universidad se construirá en un terreno de 38.000 metros cuadrados –que incluye, además de las aulas, zonas deportivas, dos residencias y edificios de administración y logística, junto a salas de conferencias, dos granjas experimentales, laboratorios y las mencionadas áreas de investigación– y pondrá el acento en carreras técnicas, algo de especial interés en la región según la vicepre-

#### **Marruecos**

Rabat

#### **Forma de gobierno**

Monarquía constitucional

#### **Presidente**

Abdelilah Benkirán

#### **Moneda**

Dirham marroquí

#### **Superficie**

444.550 km<sup>2</sup>

#### **Población**

33.800.000 habitantes

#### **Idioma**

Árabe

#### **PIB**

107.011 millones dólares

sidenta de la Fundación Phosboucraa, Hajbouha Zoubeir, ya que la mayoría de los jóvenes locales se ha decantado, hasta ahora, por estudios de Filosofía, Derecho, Historia, Geografía y Arte y las cifras de paro son altas, de ahí la necesidad de enfocar los esfuerzos de su institución hacia la inserción laboral.

Los tres edificios –Universidad, liceo y Centro de Competencias– que se levantarán en una fase inicial cubren una superficie de 50 hectáreas del total de 126 que, hasta ahora, se ha delimitado y protegido con vegetación frente a la ‘tradicional’ invasión de la arena debida a los vientos del desierto y el movimiento de las du-



Infografía del proyecto Technopole Fom El Oued, a 18 kilómetros de Laayoune

nas y entrarán en funcionamiento en septiembre de 2018 tras una inversión de 200 millones de euros. Se trata de una etapa preliminar de las obras que creará 530 empleos, a los que se sumarán 700 más en las sucesivas. El lugar donde ya trabajan los primeros operarios fue adquirido por OCP en 2009 y hace dos años se decidió impulsar el proyecto del Technopole tras descartar una primera idea, como explica Zoubeir, de dedicarlo a usos turísticos.

En ciclos posteriores, el plan contempla la conexión con la playa de una antigua laguna hoy desecada y enterrada por la arena para recuperar, en ese entorno, flora y fauna característica de la región –especies autóctonas– que ha desaparecido. El complejo albergará también, en este segundo periodo, el que será el primer Museo Nacional de Medio Ambiente del país, dedicado al África sahariana y subsahariana y en total conexión con el área de investiga-

ción de la Universidad. Asimismo, está previsto poner en marcha una incubadora de empresas, varias instalaciones deportivas, un mercado de producción artesanal, un cine y una mediateca. Sin olvidar, en la última fase, un hotel junto a la laguna, un complejo comercial, una zona residencial y varias escuelas de primaria.

El proyecto contempla tres dimensiones. En primer lugar, la humana, en busca de que la población local trabaje en programas sostenibles –entre los que destacan los de agricultura de regadío con agua salada– y se forme. En segundo, la cultural, muy presente en el diseño arquitectónico de los edificios de la Universidad, que ha corrido a cargo del estudio franco-marroquí Bechu-Bennouna y cuya forma desde el aire recuerda las dunas y las jaimas, elementos de los nómadas del desierto que habitaron el territorio, con el fin de integrarlos con el paisaje. Y, en

tercer término, la económica, con los viveros de empresas y las *startups* como uno de sus hitos.

El área de influencia del nuevo complejo y de las actividades de la Fundación Phosboucraa en general comprende tres regiones pobladas por alrededor de un millón de personas, más de la mitad mujeres y con un alto porcentaje de jóvenes, pero el Technopole está pensado para que, por qué no, seduzca también estudiantes y trabajadores del norte del país y conecte el Sáhara con el mundo, afirma Zoubeir.

La responsable está convencida de que las nuevas dotaciones atraerán inversiones a la zona y recuerda a las empresas foráneas las ventajas impositivas de desarrollar sus proyectos allí, que incluyen una moratoria de ciertas tasas por 10 años, sin olvidar el buen precio del terreno en el área. En estos momentos, uno de los negocios emergentes en la zona son las piscifactorías próximas al mar. Y, a pesar de que desde 2015 España es el primer país inversor extranjero en Marruecos, sus esfuerzos parecen concentrarse en el norte, ya que son pocas las compañías con presencia en el Sáhara –con alguna excepción como la constructora Jarquil que ha concurrido a licitaciones– frente a las francesas y estadounidenses.

### Proyectos de RSC

Junto a los proyectos urbanísticos, la Fundación Phosboucraa desarrolla otros programas. En el dedicado al desarrollo social, en el que colabora Amideast como principal socio, ha puesto en marcha 25 cooperativas y ha trabajado, sobre todo en formación, con 60 asociaciones. Además, ha asesorado a 25 jóvenes



Cultivos irrigados con agua marina





**Cinta transportadora de fosfatos por el desierto del Sáhara**

emprendedores para crear pequeñas empresas, a las que ha ayudado tanto con financiación directa como con avales bancarios. “Normalmente entramos en el negocio y, cuando ha despegado, vendemos nuestra parte a los promotores”, indica Zoubeir, que recibe el apoyo para estos programas de los estadounidenses enactus y de la Confederación de Empresarios de Marruecos. Ya se han realizado varias aceleradoras de proyectos en la zona.

En cuanto a los aspectos educativos, es muy importante la asistencia que ofrece a escuelas locales a través de formación del profesorado en colaboración con el Ministerio de Educación. Otro de sus focos se dirige a la agricultura del Sáhara. La Fundación ha empleado 1,3 millones de euros en mejorar las condiciones de los agricultores y de sus familias, con el apoyo de nuevo de organismos estadounidenses y de

países como Dubai, con cuyo instituto ICBA trabaja en la puesta en marcha de explotaciones biosalinas, irrigadas con agua marina, algo que parece estar especialmente indicado para cultivos como el maíz y la alfalfa. La reutilización de los restos

de los productos de los invernaderos de Dakhla tales como tomates y melones es otro de sus empeños. También ha abordado una campaña de vacunación de camellos, ya que en la zona su carne se utiliza como alimento.



**Mina de Boucraa**

Por lo que se refiere a sus labores en las esferas cultural y deportiva, ha realizado cursos y competiciones y su objetivo es trasladar los proyectos exitosos a regiones limítrofes. “Si son sostenibles en lo económico, los podremos replicar”, comenta la vicepresidenta. En Laayoune, una de sus iniciativas estrella es el Centro de Aprendizaje, que comenzó a funcionar en 2013 y que hace unos meses se ha mudado a un nuevo inmueble. Dirigido por Hamid Mernaoui, cuenta con 53 trabajadores –23 de ellos a tiempo completo– y ofrece cursos relacionados con empleabilidad, arte, cultura, emprendimiento, agroalimentación, habilidades sociales, desarrollo personal, técnicas de comunicación, internet... Se dedica además a reorientar a estudiantes que en su día abandonaron el sistema educativo y dispone de un programa de emprendedores a los que se financia el 30 % de sus proyectos a fondo perdido que ya suma 21 incorporaciones, sobre todo de microempresas de mujeres en zonas rurales dedicadas a panadería, confección textil y granjas. El centro trabaja con 87 asociaciones y en estos momentos pone especial énfasis en la promoción de cursos de manipulación de alimentos.

Una de las cooperativas principales en las que ha invertido la Fundación Phosboucraa es Halib Sakia, que ya dedica 400 hectáreas a la agricultura biosalina, una extensión que llegará a las 1.500 en 2018 si se cumplen las previsiones de los responsables. Este proyecto recibe el apoyo del Gobierno, del International Center of Biosaline Agriculture (ICBA) y de la International Young Foundation (IYF). También merece la pena destacar sus esfuerzos con

la cooperativa que desde 1996 se dedica a la producción de leche de vaca, muy demandada en un área donde se consume la de camello. Tras importar el biomaterial imprescindible desde Canadá, hoy cuentan con vacas con ese origen nacidas en Laayoune de las que se obtiene la materia prima para envasar leche y elaborar mantequilla. El complejo incluye una zona de desalinización del agua –que la Fundación trata de extender al resto de granjas– para las necesidades de la explotación y también las de hogares próximos. El proyecto lo integran 52 socios, cada uno de los cuales posee entre cinco y 10 vacas, a las que suman las de la propia cooperativa. En el futuro próximo esperan acrecentar su oferta con más productos lácteos y aumentar los empleos que generan: más de 500 de forma indirecta.

### Nuevo puerto para Boucraa

Mejorar la salida por mar de los fosfatos de la principal mina del Sáhara, Boucraa, ha convertido en necesaria la construcción de un nuevo puerto que garantice mayores periodos de carga en los buques en una zona complicada para este tipo de labores. El puerto actual, que tiene una de sus alas inutilizada, ostenta una media de cierre debido a las malas condiciones meteorológicas de 120 días al año que, con la nueva infraestructura, se espera rebajar de manera muy considerable. El proyecto está en fase de estudio y sus responsables calculan que recibirá su primera embarcación en 2022.

Se trata de un puerto industrial para fosfatos y fertilizantes que servirá para acortar los plazos de espera de muchos barcos –alguno de los cuales ha de retirarse temporalmente a



Puerto de Boucraa, situado a tres kilómetros de tierra firme



Instalaciones del actual puerto de Boucraa

Canarias– para poder cargar la mercancía. Un trabajo que se realiza en mar abierto desde que los españoles construyeron el primer complejo en 1969, puesto que el puerto se encuentra a tres kilómetros de la playa para evitar las dificultades que causa el intenso tránsito de sedimentos de arena, que convierte en costosos tanto el atraque como la carga. La media diaria es de 24.000 toneladas –se puede llegar a unas 30.000 si la jornada es muy buena– y eso obliga a los navíos a permanecer en la zona al menos dos días, ya que la capacidad promedio de los que llegan a Boucraa es de unas 50.000 toneladas.

Cada día, el puerto recibe unas 12.000 toneladas de fosfatos –se producen 8.000 diarias– que se almacenan hasta su carga para dedicarlas, con posterioridad, a la producción de fertilizantes. Sin embargo, las minas de Boucraa solamente contienen

alrededor del 2 % de las reservas de fosfatos de Marruecos, aseveran sus responsables. Su mantenimiento es especialmente importante dado el movimiento de las dunas y la arena. “Se intentó evitarlo pero no funcionó, ahora la idea es convivir con la naturaleza”, indican. El nuevo puerto será tres veces más grande que el existente y está previsto que alcance los 12 millones de toneladas exportadas al año, frente a los 3,5 millones actuales.

La mina de Boucraa, en la que trabajan 1.800 personas –1.200 en la explotación– exporta sus fosfatos a países como EE. UU., Canadá, Australia, Nueva Zelanda y México además de por vía marítima, a través de una cinta transportadora elevada que cruza el desierto hasta Laayoune. Dispone de una estación dedesalinización por ósmosis inversa con capacidad para obtener 4.300 m<sup>3</sup> de agua al día en su máxima

producción –se acumula la necesaria para siete días de trabajo– y que reduce la sal del agua del mar en varias fases, desde los 30 gramos por litro que acumula hasta los 10 miligramos, lo que supone una rebaja de un millón de veces. Con el agua se procede al lavado de los fosfatos antes de su secado en un horno vertical.

El proyecto, que se presentó al rey Mohammed VI el pasado noviembre, supone además de la renovación del puerto, la creación de una unidad de lavado industrial modernizada que está previsto finalizar en 2019. Aumentar las dotaciones para el almacenamiento del producto en la propia mina es otra de las necesidades y para tal fin se está construyendo una infraestructura desde 2014 que estará acabada en 2017. Sin olvidar la nueva plataforma de producción de fertilizantes, que debería comenzar a funcionar en 2021, un año antes que el puerto, cuya inversión asciende a 1.500 millones de euros.

En Laayoune, OCP también construye, en un espacio de 4,5 hectáreas, un club con varias pistas deportivas, una piscina cubierta, un gimnasio, un centro de fitness, un restaurante y un club social para 500 personas, cuyo uso está abierto a toda la población. La primera fase, que ha incluido la demolición de los edificios existentes y ha durado ocho meses, se completó el pasado febrero y desde marzo continúan las obras, que se prolongarán durante 22 meses y en las que participa la empresa de ingeniería española ONDDI, que se ha encargado de las estructuras espaciales. La inversión se ha acercado a los 1,5 millones de euros en su primera fase y al final totalizará 12 millones.



**Máquina que opera en Khouribga y mueve 100 toneladas por palada**



**Trabajos en la explotación de fosfatos de Khouribga**



Alumno del centro de formación industrial de OCP en Khouribga aprendiendo a manejar una de las máquinas de la mina en un simulador

### La mayor explotación de fosfatos del mundo

La ROP visitó también la mina de Khouribga, en la región de Béni-Mellal-Knénifra, a 120 kilómetros de Casablanca y 150 de Rabat –la principal del complejo minero de fosfatos más grande del mundo, con unos 40 kilómetros cuadrados y el 52 % de las reservas de Marruecos– y pudo observar las acciones sociales que lleva a cabo OCP en las poblaciones cercanas, en especial en la propia Khouribga, que tiene unos 160.000 habitantes.

Sus responsables inciden en la necesidad de crear un sistema de explotación sostenible de unas re-

servas que, al ritmo actual, podrían durar más de siete siglos, un periodo que puede parecer muy largo pero que está lejos de los 60 millones de años que tardan en conformarse los yacimientos de fosfatos.

El descubrimiento de la mina se produjo en 1920 y el comienzo de su explotación se inició un año después por el Protectorado Francés, al principio bajo tierra, una práctica que se mantuvo hasta 1951. Desde entonces comenzó a operarse al aire libre y en la actualidad es la única forma de extracción. Para obtener los fosfatos hay que descender entre 12 y 20 metros en los estratos del terreno, algo que se logra con explo-

sivos para proceder a continuación al despiece del material separando las partes más grandes de las más pequeñas, antes de trasladarlo a una de las tres plantas de lavado, en las que se emplea el proceso de flotación. La capacidad de extracción es de cerca de 30 millones de toneladas, prácticamente la misma que la de procesado en las plantas de lavado y de secado.

El capital humano de la mina lo forman casi 7.000 trabajadores de los que 214 son *managers* y entre los que hay 55 mujeres ingenieros. Sus clientes son más de 160 de los cinco continentes –África e India están entre los más significativos– y el transporte

de fosfatos se realiza, principalmente, a través del nuevo *slurry pipeline*, auténtica cremallera que ‘cose’ el territorio, ya que tiene más de 180 kilómetros de longitud, conectando las minas de Khouribga a la plataforma industrial de Jorf Lasfar, la planta química de OCP que los transforma. También llegan hasta Casablanca para la exportación desde su puerto. Si en estos momentos el 50 % de la producción de Khouribga se mueve a través de las cintas transportadoras, el objetivo es alcanzar el 70 % en breve.

La apertura de tres minas va a suponer la construcción de nuevas infraestructuras, entre ellas plantas de tratamiento (lavado, flotación y secado), de almacenaje y de transporte del producto. La empresa trabaja en mejorar los procesos de tratamiento

y purificación del agua y en la optimización y la diversificación de sus fuentes energéticas. Además, la compañía se ha propuesto velar por el desarrollo de una agricultura sostenible. En este sentido, se están plantando árboles en las zonas liberadas por los fosfatos, en especial del ejemplar del argán, de cuyo fruto se obtiene un aceite muy preciado para cosméticos pero que también se utiliza para la cocina en Marruecos.

De hecho, OCP cuenta con varios productos amparados por su marca. Se ha introducido ya millón y medio de árboles, que tan solo requieren riego durante sus primeros seis meses de vida. “Por cada metro cuadrado que explotamos, plantamos dos metros cuadrados”, señala el vicepresidente de Recursos Humanos de la mina, Alouani Abdelkader.

Las inversiones en RSO se centran en centros de competencias para los jóvenes de los núcleos de población cercanos a las minas en áreas como la educación, el deporte, la salud y la agricultura sostenible, a través en este caso de la Fundación OCP. Su política prima las acciones de proximidad en colaboración con las autoridades locales, como el Centro de Competencias Industriales de Khouribga, que se inauguró en 2013 y donde se instruye y se entrena, con clases teóricas y prácticas, a los trabajadores de la mina.

Cuentan con simuladores de conducción y manejo de las grandes máquinas excavadoras de los fosfatos. La mayor de todas recoge 100 toneladas en cada palada y sus conductores únicamente pueden realizar cuatro horas de trabajo real por jornada. En estos momentos asisten al centro 1.600 alumnos al día que aprenden procesos desarrollados por la propia compañía. El entrenamiento está especialmente dirigido a personas de la región y se prolonga durante dos años.

Son diversos los proyectos sociales de OCP en la zona, como un espacio de 5.000 metros cuadrados –incluidas las zonas verdes– para jóvenes abierto en 2014, donde se ofrecen aulas a las asociaciones locales y a *startups* y se realizan cursos. Da empleo a casi medio centenar de personas y dispone de estudios de grabación, salas con ordenadores y auditorio, entre otros servicios. Su propósito es mejorar las oportunidades laborales de los jóvenes y cambiar su mentalidad de trabajadores asalariados hacia el autoempleo y la creación de pequeñas empresas con las que dar trabajo a otros.



Zona verde resultado de la introducción de árboles en las áreas libres de fosfatos

Desde la mediateca, un amplio y bien dotado espacio, con zonas aún por inaugurar, se pueden observar las primigenias y hoy abandonadas instalaciones de la mina de Khouribga en tiempos de la colonización francesa. Allí está previsto poner en marcha un museo de los fosfatos y de la historia de OCP y un centro comercial.

Existen varias licitaciones abiertas a las que se puede acceder desde las páginas de la empresa ([www.ocp-group.ma](http://www.ocp-group.ma)) así como de Phosboucraa ([www.phosboucraa.ma](http://www.phosboucraa.ma)) y de sus respectivas fundaciones. **ROP**



Instalaciones de Khouribga



Una de las plantas de lavado y secado de los fosfatos

## Ale completa las maniobras del arco principal para la sustitución del puente Walterdale



Toma de carga con los skidshoes en playa de lanzamiento

En 2013 esta obra fue adjudicada por la administración local City of Edmonton a la UTE “APJV”, comandada por la empresa española Acciona y por la compañía local Pacer, el proyecto de diseño y construcción del nuevo puente Walterdale además de la gestión del tráfico y demolición del antiguo.

Fue en ese mismo año, cuando la UTE encomendó a Ale Heavylift –empresa especializada en trabajos de transporte e instalación de cargas pesadas– el estudio de las diferentes posibilidades para la instalación de este nuevo puente en Edmonton, Canadá. Este ambicioso



Transferencia de carga de skidshoes delanteros a pontona



proyecto consideraba el montaje del arco principal de 1.800 T, el tablero y la pasarela peatonal mediante una navegación por el río North Saskatchewan y posterior izado para cada una de las estructuras independientemente, aprovechando la zona de ensamblaje ubicada en aguas abajo de la posición final.

Para este proyecto, Ale ha contado con un equipo de ingenieros especialistas en este tipo de maniobras llevando a cabo durante dos años la ingeniería que comenzó a mediados de 2013. Asimismo, trabajadores especialistas desplazados al sitio desde agosto de 2015 se han encargado del montaje de los equipos necesarios y de la ejecución de las diferentes maniobras. Además, 65 contenedores de línea fueron gestionados por Ale y enviados desde España al sitio final con los equipos necesarios para las maniobras, incluyendo unas 400 T de estructura metálica auxiliar.

Debido al escaso calado de navegación del río durante la época otoñal previa a las heladas, el cual reducía el periodo de navegación a la temporada del deshielo, y a retrasos en la entrega de la estructura por parte del taller metálico, se decidió reducir las dimensiones del arco a navegar. Este importante cambio a mitad de proyecto, obligó a realizar significativas modificaciones en la ingeniería pero evitó posibles retrasos en un futuro al duplicar el período navegable del río para las maniobras.

Tras el montaje del arco y las estructuras auxiliares necesarias para la ejecución de las maniobras, se llevó a cabo en octubre de 2015

la elevación completa del arco con el fin de retirar las torres provisionales de montaje. Previamente, se instalaron dos unidades de 500 T actuando como *bow string* y cuatro *skidshoes* de 500 T (una pareja en cada extremo del arco) situados en dos líneas de deslizamiento.

Una vez realizado el dragado máximo permitido por las autoridades y las pruebas para garantizar la seguridad en la navegación, se inició el gateo del arco, retirada de torres de construcción y secuencia de deslizamiento para la puesta a flote sobre dos pontonas modulares de 36,6 x 21,3 m.



Maniobra de navegación



Retirada de pontonas tras apoyo del arco en apoyos temporales

Durante las maniobras, debido al escaso calado de navegación, se decidió reubicar en los apoyos interiores los *skidshoes* traseros con el fin de reducir al mínimo la reacción en las pontonas al llevar a cabo las sucesivas transferencias de cargas a estas. De esta forma se redujeron los calados de navegación, aumentando al máximo posible la distancia a fondo que en algunas zonas sólo fue de 200 mm. Con esta disposición, se procedió al deslizamiento, trabajando con cuatro gatos de empuje (uno por *skidshoe*), con el fin de minimizar al máximo las reacciones a través del arco.

Las transferencias de carga a las pontonas se realizaron con un minucioso control gracias al sistema de ballasting externo para pontonas modulares monitorizado diseñado por Ale, que permitió el trabajo en 18 tanques independientes sin acceso físico a estos. El deslizamiento se realizó coordinando el sistema de *skidshoes* en tierra con el sistema de *mooring* ubicado sobre las barcazas. El sistema de mooring estaba compuesto de cuatro *winches* por barcaza.

Para proceder a la navegación del arco era necesario reubicar las barcazas en los apoyos interiores trabajando coordinadamente con cada sistema de *ballasting*. De esta manera, se realizó una primera transferencia de carga entre pontonas y posteriormente, la pontona inicial se posicionó en el segundo apoyo interior tras deslizar el arco en su totalidad a continuación se llevaron a cabo numerosas operaciones de ballasting y mooring, controlando las reacciones en los *skidshoes* y en el *bow string*.



Manobra de izado de parte central



Manobra de izado de parte central

Concluido el deslizamiento con navegación, el arco estaba listo para navegar sobre las dos pontonas ubicadas en los apoyos interiores. La aproximación de las barcazas con el arco hasta su posición final se realizó mediante el sistema de mooring instalado a bordo y cambiando los distintos puntos de amarre en tierra según la secuencia definida en el procedimiento. El

arco fue navegado hasta su posición final en 6 horas. Empleando este sistema no fue necesario utilizar ningún remolcador para el movimiento de las pontonas, ya que toda la navegación fue estudiada realizando cambios de los puntos fijos en tierra.

La rigurosa preparación de las maniobras permitió la ejecución de los



Manobra de izado de parte central

Ale diseñó y fabricó las torres auxiliares de izado ubicadas en las bermas. Estas cumplían la doble función de izar el arco principal a la vez que apoyar los arranques a los que iban conectados.

Tras finalizar la conexión del arco navegado, las cabezas de las torres de izado fueron recolocadas en las segundas parejas de torres más exteriores para llevar a cabo el segundo izado del arco completo de 1.800 T. En abril de 2016 se ejecutaba dicha maniobra empleando el mismo tiempo y sistema que en el primer izado.

El proyecto de sustitución, con un presupuesto de 155 millones de dólares, supone la ejecución del primer puente de esta tipología en la ciudad de Edmonton. Esta moderna estructura, con dos arcos de 56 m de altura, sustituirá al antiguo puente Walterdale, el cual ha concluido su vida útil tras un siglo de servicio a la ciudad.

ROP



Posición final del ensamblaje del arco central



trabajos pese al escaso margen de tiempo existente hasta la llegada de las heladas.

Una vez el arco se posicionó en la vertical de izado, este fue apoyado nuevamente sobre los skidshoes ubicados en los encepados de las torres de izado como apoyos deslizantes temporales, empleando el sistema de ballasting hasta que las

pontonas fueron liberadas de carga. Fue en enero de 2016 y a una temperatura de  $-20^{\circ}\text{C}$  cuando se ejecutó la primera maniobra de izado de las 1000 T del arco anteriormente navegado, el cual fue llevado a cabo empleando cuatro unidades de cable de 500 T de capacidad ubicadas en las torres auxiliares. Dicha maniobra se completó en cinco horas.

## Escuela de Arquitectura, Ingeniería y Diseño de la Universidad Europea de Madrid\*



Vista exterior del edificio

Los estudios de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos empezaron a impartirse en la Escuela Politécnica de la Universidad Europea de Madrid en 2005. Con la llegada del Espacio Europeo de Educación Superior, en el año 2008, se implantó en 2009 el grado de Ingeniería Civil y en 2013 el Máster de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos. Hasta la fecha, han egresado 582 ingenieros de Caminos, 676 ingenieros civiles (de los cuales 592 corresponden al itinerario del Curso de Adaptación al Grado de Ingeniería Civil) y 13 titulados de la primera promoción del Máster de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos.

Los directores de la Escuela Politécnica han sido desde entonces José Enrique Fernández del Río e Isabel Fernández, actual rectora de la Universidad Europea de Madrid. Desde 2014, y con la integración de la Escuela Politécnica en la Escuela de Arquitectura, Ingeniería y Diseño, el

director es Miguel Gómez Navarro, ingeniero de Caminos de la promoción de 1992 de la Universidad Politécnica de Madrid y doctor por la Escuela Politécnica Federal de Lausana (Suiza). Entre los profesores y colaboradores de la escuela a lo largo de estos años cabe destacar a Salvador Heras, Miguel Ángel Millán, Ángel Mateos, José Alberto Corchero, Gregorio Arias, Gonzalo Fernández, Luis Matute, Juan Carlos Martínez Peinado, Carlos Castañón, José María Medina, Raúl Rodríguez Escribano o Roberto Revilla.

Además de las titulaciones de grado y Máster habilitante –dirigidos por Iván Vilaradaga–, la escuela cuenta con dos titulaciones de máster de especialización orientadas a sectores claves para el desarrollo profesional de los egresados: el Máster Universitario en Gestión de Infraestructuras y Sistemas Ferroviarios, dirigido por César Pérez Botija, y el Máster Universitario

en Explotación y Gestión de Infraestructuras, por Oliva González.

La difícil situación que afronta el sector de la construcción y la obra pública en nuestro país condiciona el día a día de la escuelas porque, según Miguel Gómez, actual director de la Escuela de Arquitectura, Ingeniería y Diseño de la UEM, se ha reducido el atractivo que ha tenido históricamente esta titulación: “Es clave ser capaz de afrontar la necesaria adaptación de la formación a los nuevos retos que se nos plantean y que pasan por el reconocimiento de nuestras titulaciones en el mercado internacional mediante las acreditaciones ABET o EurAce, en las que la colaboración del Colegio es esencial dada la idiosincrasia compartida por todas las escuelas y la fortaleza de una institución con gran arraigo en la sociedad civil”.

El director destaca el papel del Colegio para ensanchar los horizontes de los profesionales y hacer valer la calidad de la formación recibida en las escuelas de modo que pueda ser reconocida en el entorno internacional. “Un paso clave de esta etapa ha sido el reconocimiento del nivel de máster para los numerosos ingenieros de Caminos formados en el sistema previo al Espacio Europeo de Educación Superior cuya movilidad internacional estaba claramente condicionada por la dificultad de traslación entre los sistemas educativos”, añade.

Las cualidades por las que los ingenieros de Caminos españoles son muy reconocidos nacional e internacionalmente deben seguir formando

parte de la formación al más alto nivel, pero también deben ser capaces de adaptarse a los nuevos contextos que demandan adaptación y flexibilidad ya que las necesidades del entorno laboral nacional han cambiado, y los mercados internacionales son muy distintos al nuestro. “Consideramos que estas nuevas características son adquiridas de manera muy satisfactoria por nuestros estudiantes a lo largo de los seis cursos académicos de grado y máster”, asegura Gómez Navarro.

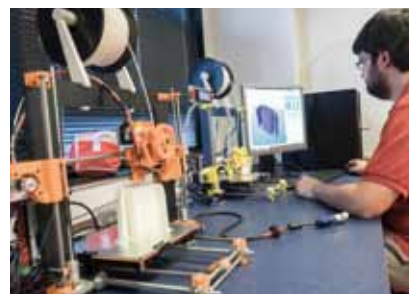
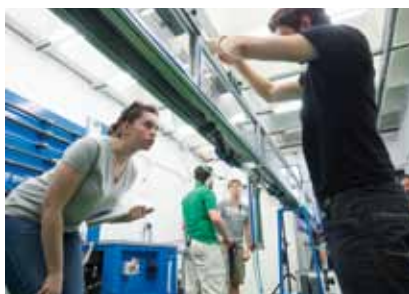
Así, el ingeniero de Caminos, Canales y Puertos está preparado no sólo para el sector de la construcción más habitual, sino también para adaptarse a un contexto de gestión y planificación de infraestructuras, introducción a nuevos mercados internacionales, comprensión de la gestión de proyectos y de sus riesgos, y conocimiento de las nuevas tecnologías existentes (como por ejemplo el uso de los programas habitualmente utilizados en el día a día profesional como son BIM, Istram, SAP2000, CMS, AutoCAD, ArcGIS, HEC-RAS, Epanet, MatLab, C+, Vissum, Presto o Project, entre otros). “Como decía José Antonio Fernández Ordóñez, los ingenieros de Caminos son los únicos profesionales que entienden la complejidad del territorio como espacio en el que se ubican las infraestructuras, son aquellos capaces de manejar la gran escala”, recuerda el director.

Según el director, una herramienta fundamental para estar a la vanguardia de la formación es el hecho de que esta titulación se enmarque en una escuela de arquitectura, ingeniería y diseño que cubre un gran abanico de titulaciones de ciclos formativos, grado y posgrado. “Ello permite que nuestros futuros ingenieros de Cami-

nos se acostumbren desde el primer momento a trabajar con profesionales de otras ramas, entendiendo las diferentes sensibilidades y pudiendo reforzar sus conocimientos aprendiendo de los mejores de cada rama”. Un ejemplo de ello es el proyecto de seis pasarelas peatonales que un grupo de estudiantes y docentes de arquitectura e ingeniería de Caminos están desarrollando por encargo del Ayuntamiento de Shanghái.

Además, Miguel Gómez incluye entre sus retos como director el obje-

tivo de adecuar los condicionantes para la formación de los claustros de las universidades públicas o privadas a la especificidad de la formación de los ingenieros, de modo que se combine una adecuada trayectoria científica aplicada a la innovación con un desempeño profesional que prepare adecuadamente a los futuros técnicos. “Una vez más, el papel del Colegio será clave en transmitir esta necesidad imperiosa a los ministerios de Educación y Fomento que definen el marco educativo que afecta a nuestro futuro como profesión”, concluye. **ROP**



Diversos laboratorios de la Escuela

# Miguel Gómez Navarro

*Director de la Escuela de Arquitectura, Ingeniería y Diseño de la Universidad Europea de Madrid*

## ¿Qué perspectivas de empleo tienen los estudiantes que salen cada año de la Escuela?

La empleabilidad de los alumnos del grado en Ingeniería Civil y del Máster Habilitante de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos de la Escuela de Arquitectura, Ingeniería y Diseño de la Universidad Europea de Madrid es uno de los puntos fuertes de nuestros estudiantes, como destaca el propio informe favorable de reacreditación de la titulación que hemos recibido recientemente de la Fundación Madri+d.

## ¿En qué otros campos, además de los tradicionales, puede desarrollar su actividad profesional un ingeniero de Caminos?

Consideramos que nuestros egresados disponen de una formación tecnológica, teórica y práctica adaptada al contexto actual de la ingeniería de Caminos en un ambiente internacional y de multidisciplinaridad. Es muy importante preparar a los futuros egresados para trabajar en un contexto en el que deberán trabajar con profesionales formados en entornos muy diferentes ya sea por la procedencia geográfica o las áreas de conocimiento. Sin entender las diferencias no podemos hacer valer nuestras especificidades.

## ¿Cuáles son las principales características de los ingenieros de Caminos?

Rigor técnico, fiabilidad y capacidad de trabajo para resolver problemas y proyectos complejos. Adicionalmente, el sector demanda nuevas competencias como son la gestión de equipos,

la gestión de proyectos, la inserción en nuevos mercados internacionales, la inserción en otros mercados de trabajo (empresas, economía, consultoría), la integración con otras disciplinas (arquitectura, industriales, aeroespacial, TIC, edificación), o capacidades de comunicación y presentación de ideas y manejo de *softwares* innovadores (como BIM). Pero también la vuelta a la planificación y gestión de infraestructuras, además de la propia construcción la gestión de su ciclo de vida incluyendo su conservación, mantenimiento, explotación y, en su caso, cambio de uso, incluyendo variables medioambientales, sociales y económicas innovadoras.

## ¿Qué programas de intercambio existen con Escuelas de otros países? ¿En qué consisten? ¿Qué aportan a los estudiantes?

La Universidad Europea de Madrid pertenece a la red de universidades más amplia del mundo: Laureate International Universities, facilitando de este modo una importante movilidad internacional tanto de alumnos *'incoming'* como estudiantes *'outgoing'*. Adicionalmente a esta red, se disponen acuerdos con universidades de prestigio como Newcastle (Australia), San Diego State University, California Irvine y Arlington-Texas (EE. UU.), AUD Dubai, Bath y Coventry (Reino Unido), Politecnico di Milano (Italia), F. Koeln (Alemania), Budapest Müszaki Egyetem (Hungría), Politechnika Warszawska (Polonia), o en Latinoamérica en países como Brasil, Colombia, República Dominicana, Honduras, Ecuador, Chile, Perú y México.

## ¿Existen acuerdos entre la Escuela y algunas empresas para que los estudiantes den sus primeros pasos en el ámbito profesional?

Al disponer de prácticas profesionales I y II tanto en el grado de Ingeniería Civil como en el Máster de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, el número de acuerdos con empresas es muy alto, y también el acceso de nuestros estudiantes al mundo profesional a través de su primer contacto académico con el mundo profesional real. Nuestros estudiantes realizan prácticas en empresas como EADIC, Canal de Isabel II, Intemac, CERN, Aldesa, Eipsa, Renfe, IETCC CSIC, APIA XXI, AECOM, Endesa, Talgo, Sacyr, Ayesa o Esteyco, entre otras. Esto es posible igualmente por la presencia en nuestro claustro de ingenieros que combinan su actividad profesional con la actividad docente a tiempo parcial, aspecto clave en la formación de los futuros ingenieros.

## ¿Cómo valora los servicios de empleo e internacionalización que ofrece el Colegio?

Los servicios de empleo e internacionalización que ofrece el Colegio de Ingenieros de Caminos son esenciales para facilitar el acceso al mundo laboral y están completamente alineados con la formación recibida en la Universidad Europea de Madrid. Gracias a ellos, nuestros estudiantes han conseguido becas muy interesantes para trabajar como ingenieros en proyectos de cooperación para el desarrollo o en formación y prácticas enfocadas a la internacionalización, con alto nivel de satisfacción por ambas partes. **ROP**

## Acto entrega de diplomas a los titulados del curso 2014-15

### Discurso de Francisco Javier Martín Carrasco, director de la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, UPM\*

Señor Rector, Señora Ministra, autoridades civiles y militares, presidentes y directores de empresas, profesores y personal de nuestra Universidad, alumnos y sus familiares.

Quiero agradecerles a todos ustedes que hayan dejado sus quehaceres diarios para estar con nosotros esta tarde. Especialmente agradezco la presencia de la Sra. Ministra de Fomento, D.<sup>a</sup> Ana Pastor, pues soy muy consciente de lo ajustado de su agenda y del esfuerzo que siempre hace por acompañarnos.

#### Liderazgo de la ingeniería civil española

Comenzaré mi intervención recordando algo que en muchas ocasiones he escuchado decir precisamente a la Sra. Ministra, como es el puesto de liderazgo que ocupa la ingeniería civil española en el mundo. Gran parte de este mérito hay que adjudicárselo al extraordinario trabajo que las empresas constructoras y consultoras españolas realizan por todo el mundo, creando desarrollo, riqueza y empleo en muchos países, con proyectos y obras absolutamente extraordinarias que, además, causan admiración por su funcionalidad y calidad.

En las primeras filas de este Salón de Actos estáis los cargos directivos de estas empresas, la mayoría fundadas y dirigidas por ingenieros de Caminos que en su día salieron de esta misma Escuela. Como siempre, no tengo más que agradecimiento

por vuestra presencia y por los premios que, año tras año, concedéis a nuestros alumnos.

Pero creo que también es justo atribuir otra parte del mérito de la ingeniería civil española, ingeniería que en su nivel profesional más elevado se conoce con el bicentenario y precioso nombre de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, a la formación que en esta Escuela, y también en otras, se proporciona a los futuros ingenieros.

En efecto, el objetivo de nuestra Escuela desde que fue fundada hace 214 años no ha sido otro que formar profesionales de la ingeniería quienes, según el marco legal español, tienen competencias para proyectar, dirigir y construir todo tipo de infraestructuras. Esto me lleva directamente a enlazar con las dificultades que actualmente tenemos en la universidad para cumplir con esta tarea. Expondré a continuación los que considero que son los dos problemas principales.

#### Problemas con la selección del profesorado

En mi opinión, el mayor problema de fondo que tenemos en todas las Escuelas de Ingeniería, y singularmente en las de Ingeniería de Caminos, está en la selección del profesorado. Actualmente, el acceso y promoción del profesorado universitario pasa por superar el filtro de la acreditación, y el único camino viable es publicando artículos.

Los criterios de selección del profesorado están tan sesgados hacia la investigación, que se minusvaloran hasta el extremo los méritos profesionales. Hoy es imposible que acceda a la función docente un ingeniero profesional, doctor, que sienta vocación por la enseñanza, y que aporte como mérito experiencia directa en una materia tecnológica, como presas, puentes, puertos, caminos, estructuras, etcétera. Muchos de nuestros catedráticos de ahora y de antes, que son o han sido destacados y reconocidos ingenieros, hoy en día no podrían ni ser profesores.

Estos criterios, llevan ya casi quince años aplicándose, y hay al menos dos consecuencias que, en mi opinión, ya son evidentes. Por un lado los profesores, sobre todo los más jóvenes, no tienen más opción que relegar la docencia, y no hablemos de gestión, como actividades secundarias que están supeditadas a la necesidad de publicar artículos para conseguir la acreditación.

Por otro lado, las Escuelas de Ingeniería se están poco a poco convirtiendo en facultades de ciencias. En el tradicional modelo de las Escuelas de Ingeniería convivían en armonía profesores investigadores y profesores ingenieros. Pero ahora los segundos están siendo relegados en favor de los primeros. Y como es evidente que nadie puede enseñar lo que no se sabe, las materias tecnológicas están poco a poco perdiendo su carácter ingenieril. De seguir así,

\* Por su interés, reproducimos el discurso íntegro de Francisco Martín Carrasco, director de la E.T.S.I. de Caminos de la UPM, pronunciado el día 11 de mayo durante el acto de entrega de diplomas a los titulados del curso 2014-2015

dentro de otros 15 años la ingeniería será una profesión enseñada por quienes nunca la han ejercido.

Extrapolar a las Escuelas de ingeniería el tipo de profesor que se necesita en las facultades científicas o de letras es un error que puede llevar a la reducción de la capacidad tecnológica e innovadora de nuestro país, lo cual no deja de tener su riesgo como les comentaré con dos rápidos ejemplos.

En diciembre de este año asistí a una extraordinaria conferencia de D. Juan Miguel Villar Mir en el paraninfo de nuestra universidad. Concluyó don Juan Miguel que desde que el hombre moderno se expandió por la Tierra, hace algo más de 40.000 años, el verdadero avance en las condiciones de vida de los seres humanos no llegó hasta la segunda mitad del siglo XVIII, cuando se generalizó el uso de la tecnología. A partir de ese momento, el desarrollo ha sido exponencial. Algunos principios científicos, sobre todo matemáticos y físicos, ya eran conocidos desde hacía más de dos mil años, sin que ello hubiese supuesto un progreso significativo para la humanidad. Fue la ingeniería, entendida como la creación de bienes, servicios e infraestructuras para satisfacer las necesidades y deseos de las personas, lo que propició el desarrollo.

En este mismo sentido se expresaba uno de los números de noviembre de 2015 de la revista TIME, una revista que leen cada semana 26 millones de personas. En un artículo sobre la fusión nuclear se comentaba que los principios físicos y químicos de este proceso son conocidos desde hace un siglo, y que los experimentos co-

menzaron ya en 1940. Pero siempre se estaba a 30 años para desarrollar un ingenio que produjese energía de forma significativa. Ahora existe un optimismo general y parece que este plazo, por fin, se va a cumplir, e incluso se habla de reducirlo a 10 años.

¿Qué ha sucedido para generar este optimismo? Según la revista, varias empresas privadas han entrado en la carrera de la fusión nuclear, cambiando el enfoque y el objetivo del trabajo, ahora menos científico y más ingenieril.

Traduzco textualmente, en referencia a los profesores universitarios (“academics”) que hasta ahora han desarrollado su trabajo en fusión nuclear: “En la universidad, el objetivo final a obtener es un artículo ... Cier-to es que se quiere producir energía, pero esa no es la primera meta. La primera meta es producir artículos, exponerlos en congresos y entender hasta los más profundos detalles de lo que sucede en el reactor.”

Por el contrario, según la revista, el objetivo de las nuevas empresas es, simplemente, producir energía limpia que incorporar a la red de distribución. Y para conseguirlo han incluido a ingenieros a los equipos de científicos (“dos grupos que históricamente no se mezclan bien”). Y el resultado ha sido un estado de optimismo general, simplemente porque ha cambiado el objetivo que ha pasado de ser producir artículos a producir energía.

Por tanto, como conclusión, es cierto que sin ciencia no hay tecnología. Pero también lo es que la ciencia no es suficiente, y que el progreso sólo llega con la tecnología, que permite resolver los problemas reales de las

personas, lo cual es la razón de ser de la ingeniería.

### **Problemas con la separación de grado y máster**

Dije que comentaría dos problemas. El primero ha sido la selección del profesorado y los riesgos que supone perder capacidad tecnológica en la Universidad. El segundo, que paso a tratar ahora, está en la ordenación actual de los estudios de ingeniería tras la reforma educativa de Bolonia.

Ahora para ser ingenieros de Caminos un alumno debe primero completar un grado de cuatro años, y después debe un máster de dos años. Es decir, la duración de los estudios sigue siendo de seis años, pero organizados de forma diferente. Aunque en las universidades públicas los primeros ingenieros de Caminos de Bolonia saldrán en junio de 2016, ya hay experiencia suficiente para comprobar algunos fallos de este esquema.

Sin entrar en detalles, para los chicos que ya desde el principio quieren ser ingenieros de caminos, que son la práctica totalidad de los que entran en nuestra Escuela, la necesidad de pasar previamente y de forma obligatoria por estudios de ingeniero técnico de Obras Públicas conlleva varios desajustes en su proceso formativo. En primer lugar, el alumno debe primero cursar un grado y especializarse (bien en hidrología, bien en transportes y servicios urbanos, o bien en construcciones civiles), para después pasar al máster y “generalizarse”. En segundo lugar, la sucesión de grado y máster conlleva a una secuencia desordenada de contenidos (impuestos legalmente) con frecuentes repeticiones en el máster



de lo que ya se vio en el grado. En tercer lugar, el requisito (también legal) de estudiar en el máster ciertas materias básicas de matemáticas y física, es inútil en la práctica. Estas asignaturas serían más útiles en cursos anteriores, pues por su propio concepto de básicas deberían ser instrumentales para otras asignaturas técnicas y tecnológicas posteriores, algo que para lo que ya no pueden servir al estar situadas en cursos tan altos. Finalmente, y sólo desde el punto de vista operativo, el requisito administrativo de haber finalizado completamente el grado para acceder al máster puede suponer que un alumno “pierda” un año entero por una sola asignatura.

Por eso, muchos creemos que sería más lógico organizar las enseñanzas de ingeniero de Caminos bajo el formato de un máster integrado, distribuyendo y secuenciando las asignaturas de forma lógica y ordenada durante los seis años, primero la formación científica básica, después la formación técnica y finalmente la formación tecnológica. Es decir, generalizando y luego especializando, como se hace en el resto del mundo. Con ello, además, se evitarían repeticiones y se cubrirían las lagunas de formación que detectan nuestros alumnos de máster.

### **La docencia en la Escuela de Ingenieros de Caminos**

Afortunadamente en esta Escuela de Caminos, y en varias otras esta Universidad Politécnica de Madrid, todavía mantenemos un buen número de profesores vocacionales, amantes de la docencia y preocupados por los alumnos y por su formación para el ejercicio de la profesión de ingenieros.

Y es que nada hay mejor para un alumno que un buen profesor. Un buen profesor es un auténtico placer para un estudiante. En esta época, en que se ha impuesto una nueva metodología y terminología educativa, parece olvidarse que el mejor recurso docente es precisamente el profesor. De hecho, todos recordamos con respeto y admiración a los buenos profesores que hemos tenido en nuestra vida.

Por eso, quiero mencionar ahora a Jesús Fraile, que se jubila este año, el mejor profesor que he tenido en toda mi vida, y que ha sido un auténtico placer para 35 promociones de ingenieros de Caminos, con la única ayuda de su voz (vozarrón), la tiza y la pizarra (y con tal dominio de la materia que le resultaba innecesario el Power Point).

### **A los titulados**

Pasaré ahora a dirigirme a los auténticos protagonistas del acto, que sois los recién titulados. Comenzaré por los ingenieros de Caminos de la promoción nº 206.

Lo primero es recordar a los muchos compañeros vuestros que hoy no pueden acompañarnos, una gran mayoría por estar trabajando en el extranjero y que no pueden acudir a su propio acto de graduación tras seis años durísimos de estudio. Siento mucho su ausencia. Soy consciente que, para algunos, que este acto se celebre en un día entre semana les ha imposibilitado acudir, y lo siento.

Respecto de vuestra formación, como ya he dicho antes, no existe ningún otro profesional de la ingeniería civil que tenga una formación tan generalista y completa como los ingenieros de Caminos españoles,

cualificado para planificar, proyectar, dirigir, construir o explotar cualquier tipo de sistema de infraestructuras, ya sea de transporte, hidráulica, marítima, estructuras, urbanismo, etc.

Como se ha dicho en alguna ocasión, los ingenieros de caminos no somos científicos, pero tenemos formación para entender y aplicar la ciencia. No somos humanistas, pero nuestros proyectos se orientan a las personas, para mejorar su calidad de vida. No somos medioambientalistas, pero sabemos que el desarrollo económico y el crecimiento de la población están alterando los sistemas de los que depende la vida en la Tierra y procuramos hacer nuestros proyectos compatibles con los medios naturales. En esencia, tenéis –tenemos– una profesión maravillosa que permite resolver problemas reales de las personas.

Para los que penséis que vivimos en un país desarrollado donde todo ya está hecho, os anticipo que no sólo debemos completar nuestra red de infraestructuras, sino que también tenemos que explotar y mantener el inmenso patrimonio que ya tenemos. En cuanto al resto del mundo, os daré algunos datos. Cuando yo nací había 3.000 millones de personas en el mundo. Cuando terminé la carrera había 4.500 millones y ahora hay unos 7.500 millones. Todas estas personas aspiran a una vida mejor, con agua, transporte, energía, saneamiento y un medio ambiente saludable. Es decir, hay trabajo de sobra por hacer.

Además, como ha demostrado un estudio reciente del SEOPAN, la inversión que se realice en infraestructuras es un motor para el desarrollo general de un país, por los beneficios directos e indirectos que genera, por

lo que es esperable que más pronto que tarde se reactive la inversión pública en infraestructuras en España.

Pero si bien preparación técnica desde luego no os falta, ésta no es suficiente. No seréis buenos ingenieros sin humildad, trabajo y formación continua, sin olvidar también que vuestra actuación personal debe ser modélica.

También necesitaréis suerte. Pero respecto de la suerte, siempre me ha gustado la frase de Roald Amudsen, conquistador del Polo Sur, al comparar su expedición con la de Robert Scott (quien, por cierto, murió en el intento). Amudsen dijo: “el triunfo espera a quien está preparado y lo tiene todo en orden: suerte lo llama la gente. El fracaso es culpa del que no se preparó y olvidó llevar lo necesario: mala suerte lo llaman ellos”.

Quiero ahora dirigirme brevemente a los nuevos graduados en Ingeniería Civil y Territorial, que formáis la segunda promoción. Si bien el título de grado que habéis recibido ya os capacita para trabajar profesionalmente, la práctica totalidad de vosotros habéis decidido continuar en nuestra Escuela realizando el Máster Ingeniero de Caminos.

Ésta era la esperanza que teníamos cuando diseñamos el título y cuando entrasteis en la Escuela hace cuatro años para iniciar el grado. Por ello, este título que recibís no es más que la primera etapa de vuestra formación, pues dentro de dos años espero que recibáis el diploma de máster que os acredite como los ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la 209 promoción.

Por lo demás, aplicad todo lo que he dicho anteriormente a vuestros com-

pañeros ingenieros de Caminos que hoy se gradúan, pues ese es vuestro horizonte.

A los nuevos graduados en ingeniería de materiales, simplemente os diré que está ingeniería forma parte de las líneas estratégicas de nuestra Escuela desde hace más de 20 años cuando esta disciplina fue introducida en España por Manuel Elices, catedrático de nuestra Escuela. Vosotros sois la tercera promoción de graduados con un título que tiene un gran futuro profesional, más bien un presente, y que os permite trabajar directamente o bien elegir entre una variada formación de postgrado, opción que una gran mayoría habéis optado por seguir en el extranjero.

Finalmente, a los que habéis recibido el diploma en cualquiera de los tres másteres de especialización que nuestra Escuela ofrece, concretamente en el Máster Ingeniería de Materiales, en el Máster en Sistemas de Ingeniería Civil, y en el Máster en Ingeniería de las Estructuras, Cimentaciones y Materiales, deciros que nuestra Escuela está orgullosa de estos títulos nuevos, en los que ha puesto dedicación e ilusión. Vosotros tenéis el honor de estar entre los primeros frutos de ese trabajo, lo que conlleva la responsabilidad de dar prestigio a estos títulos.

#### **A los familiares**

Y dejo para el final a los familiares, muchos de los cuales posiblemente es la primera vez que visitáis la Escuela. Siento mucho no haberos podido ofrecer una ubicación mejor. Pero a pesar de que ocupáis los lugares más incómodos, allí atrás, allí arriba con mala visibilidad y por los laterales, estoy seguro que sois los

que más orgullosos os habéis sentido en todo el Salón de Actos. Aunque los protagonistas del acto sean los chicos recién graduados, los destinatarios del mismo sois vosotros, sus padres, abuelos, novios o amigos.

Cuando yo terminé la carrera no existía este acto y siempre he pensado lo orgullosos que hubiesen estado mis padres si me hubiesen visto recibir este diploma, fruto de su sacrificio para que yo pudiese tener una carrera, sacrificio equivalente al que ustedes han hecho para ver ahora y aquí a sus hijos.

Y esta es la razón por la cual queremos darle solemnidad a este Acto, por la que nos hemos vestido de gala con estos ropajes tan extraños, para decirles cuanto les agradecemos que un día hace ya varios años nos confiaran la formación de sus hijos. Tenemos la esperanza de que este final feliz les haya compensado por la pesadumbre de ver el sufrimiento que a sus hijos les ha supuesto una carrera tan dura.

Esperamos que se sientan felices y orgullosos de lo que sus hijos han conseguido, que nos perdonen los malos momentos que les hemos hecho pasar, y, si es posible, que incluso nos guarden cariño. Creemos que se los devolvemos muy bien preparados, capaces para afrontar su futuro con garantía. Como un último favor les pido que animen a sus hijos para que utilicen su preparación para conseguir que el mundo sea un lugar mejor para vivir.

Y termino deseando a todos ustedes, a todos los que nos acompañáis en este acto, que seáis muy felices.

Muchas gracias a todos. **ROP**

Todos los libros de esta página están a la venta en la Librería Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. T. 91 308 34 09 F. 91 319 95 56 [libreria@ciccp.es](mailto:libreria@ciccp.es)



**‘Un mundo entre faros’. Gregorio Gómez Pina. 2014, Eride. 357 p.**

Los veraneos de su infancia y su adolescencia en Cabo de Palos marcaron a fuego los recuerdos de este doctor ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Por eso, su afición por la Literatura y la Historia, y su afán por unir territorios y gentes le han llevado a escribir su primera novela, “Un mundo entre faros”. Aborda una historia ficción, pero basada en su experiencia y donde recrea un hecho histórico como fue el hundimiento del Sirio en 1906, una de mayores tragedias marítimas de las costas españolas. Aborda la vida de dos generaciones de torreros, o fareros. Habla de dos hermanos cartageneros, Juan y Ginés, que se trasladan uno a Palos y el otro a Cádiz y a Chiphona, y de cómo sus hijos heredan el oficio. Los dos primos se conocen en un viaje que marca su adolescencia y, por tanto, su vida.

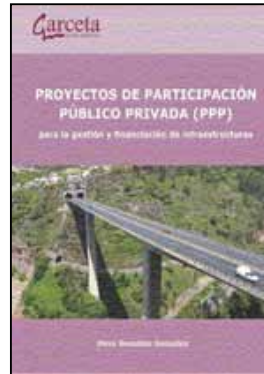
**‘Señalización y seguridad ferroviaria’. Francisco Javier González Fernández. 2016, Colegio De Ingenieros de Caminos/Garceta Grupo Editorial. 660 p.**

En este libro se muestra la evolución de los accionamientos de agujas y sus enclavamientos, de la señalización de las rutas seleccionadas, del bloqueo de rutas asignadas y el constante progreso en los sistemas de localización.



Se describe la búsqueda histórica del compromiso entre seguridad y eficacia en la explotación, que condujo a los enclavamientos electrónicos con puestos de mando centralizados, así como a los sistemas embarcados de protección que garantizan el respeto de los perfiles de velocidad y los procesos de frenado que respetan los límites de la autorización de movimiento, dedicando un capítulo al sistema Europeo de Control, ETCS. Asimismo, el libro facilita al lector:

1. Los criterios que rigen el control del tráfico basados en el control de distancias, en el control de velocidades y curvas de frenado y el más óptimo, basado en el concepto de cantón móvil, que permite un flujo máximo de tráfico.
2. Los criterios para la elección del sistema idóneo de regulación del tráfico y herramientas asociadas para su planificación y resolución de crisis, abordando también su integración con los sistemas de control, seguridad y vigilancia.
3. Los criterios técnicos para la elección del sistema más idóneo de un sistema de transporte urbano totalmente integrado con un control del tráfico basado en telecomunicaciones (CBTC). Su participación en los proyectos Europeos como MODURBAN y su aplicación en la red de metro de Madrid, hace de esta una red pionera a escala mundial.



Resulta de especial interés la parte IV en el que se aborda el análisis de los criterios de Seguridad, y Fiabilidad, Disponibilidad y Mantenimiento (RAMS).

**‘Proyectos de participación público privada (PPP) para la gestión y financiación de infraestructuras’. Oliva González González. 2016, Colegio De Ingenieros De Caminos, Canales Y Puertos / Garceta Grupo Editorial. 312 p.**

La gestión de las infraestructuras a través de proyectos de Participación Público Privada (PPP) es, a pesar de la gran experiencia que muchos países llevan ya a sus espaldas, una gran desconocida. La bibliografía existente sobre el tema es escasa y está muy fragmentada; las publicaciones periódicas que van apareciendo contemplan solo aspectos parciales, casi nunca desde un punto de vista empresarial, que es el fundamental, sobre el que hay que trabajar y gestionar un proyecto de este tipo.

El libro trata de cumplir dos funciones principales: explicar de forma sencilla, clara y amena, un tema amplio, vasto, complejo y bastante desconocido, y disponer de un manual de referencia para el profesional, el estudiante y para el lector interesado en el tema.

El lector encontrará un texto sencillo en el que, a lo largo de diez capítulos, podrá entender y conocer los múltiples aspectos que deben manejarse para la realización de estos proyectos. El objetivo del mismo no es otro que el intentar paliar las carencias bibliográficas citadas, poniendo a disposición de profesionales y estudiantes un libro que trata el tema de una manera integral, considerando todos los aspectos implicados en una gestión de este tipo. **ROP**

## HA LLEGADO EL MOMENTO DE DEJAR DE SOÑAR



### HIPOTECA CAMINOS ADQUIRIR TU PROPIA CASA AHORA ES POSIBLE



**PLAZO**  
Hasta 30 años.

**0%**

Compensación por  
**desistimiento**  
total o parcial.

### PRÉSTAMO CREDITODO

HACER REALIDAD TUS PROYECTOS YA NO ES UN SUEÑO

HASTA 60.000 € PARA LO QUE TÚ QUIERAS



**PLAZO**  
Hasta 10 años.

**0%**

Sin comisión por  
**cancelación anticipada**  
total o parcial.

**Contacta con nosotros y consulta nuestras condiciones ventajosas.**

NOTA: la aprobación de estas características está sujeta al procedimiento de aprobación del departamento de riesgos.