Revista del Ministerio de omento

Julio-Agosto 2018 N° 685 6€

> Javier Manterola Armisén » Pedro Suárez Bores » Enrique Balaquer Camphuis » José Antonio nte Sáenz Ridruejo » NIOS nte Sáenz Ridruejo » osé Antonio Torroja udes serrano González » Roque Gistau Gistau » M Vaciona Villar Mir » Pablo

> Wamba » Julio Martínez Calzón » Javier Manterola Armisén » Pedro Suáre Paras » Enrique Balaguer Camphuis » José Ant Cernández Ordóñez » Clemente Sáenz Ridruga "Santiago Calatrava Valls » José Antonio Torroja Cavanillas » Alcíbiades

Gistau » Manuel (ir ») Pablo Bueno

I CITIUTIUCZ // JUVICI KULYYUITIDU Calzón » Javier Manterola Arr Bores » Enrique Balaguer Cam Fernández Ordóñez » Clemei Santiago Calatrava Valls » J

Cavanillas » Alcíbiades Serrano González » Roque Gistau Gistau » Manuel Elices Calafat » Juan Miguel Villar Mir » Pahla Ruena Sainz » José Calavera Ruiz » Carlos Sai Javier Rui-

Wamba » Juli

**SEMBLANZAS** 

ier Manterola

Armisén » Pedro Suárez Bores » Enrique Balaguer



El Premio Nacional de Ingeniería Civil del Ministerio de Fomento, se instituye con carácter anual en el año 2001, como recompensa y reconocimiento a la trayectoria profesional desarrollada principalmente en España en el ámbito de la ingeniería civil. Es un prestigioso galardón y para su otorgamiento se valoran con criterios objetivos los méritos de los candidatos, considerando la repercusión social, económica, estética y tecnológica de su actividad.

Este año, el Ministerio ha querido hacer un homenaje a los premiados desde entonces con este número monográfico y dar a conocer a la sociedad las semblazas de los dieciséis Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos que lo han obtenido, grandes profesionales en los múltiples campos en los que se materializa su actividad: infraestructuras del transporte, del agua, portuarias, estructuras..., o de aquéllos orientados a compatibilizar el desarrollo de la actividad humana con la preservación del medio ambiente y el uso sostenible del territorio.

Los reportajes que se incluyen en este número nos descubren cómo se puede compaginar la utilidad, el diseño, la vanguardia, la belleza, la armonía, el amor por el medio natural y el patrimonio cultural, la pasión por el mar o por los avances de la ciencia y de los materiales. Por eso, estas personalidades han sido también grandes estudiosos, descubridores del silencio, incansables profesionales, que jamás han escatimado esfuerzo alguno en su profesión.

Los premiados también han destacado en otras áreas relevantes, tales como la docente, la investigadora o la empresarial, pero este número está principalmente dedicado a su vocación en el ámbito de la Ingeniería Civil, porque ésa es la vertiente que reconocen estos premios. En muchos casos, se ha recogido alguna pincelada de su vida personal y familiar, además de su propia visión de la profesión.

Seguramente sorprenderá a muchos sus extraordinarias aportaciones. Esperamos que disfruten de una lectura que, posiblemente, les hará descubrir cómo se han fraguado grandes avances que han contribuido decisivamente al progreso de nuestro país.

Centro de Publicaciones Ministerio de Fomento

## Julio-Agosto 2018 Nº 685

Directora de la Revista: Herminia Cano.

Jefa de redacción: Carmen Fontán.

Diseño y Maquetación: Chelo Cruz.

Elaboración página web:

www.fomento.gob.es/publicaciones.

Concepción Tejedor.

Suscripciones: 91 597 72 61

Esmeralda Rojo.

#### Colaboran en este número:

Jaime Arruz, Javier R. Ventosa,

Luis Solera Selvi, Begoña Olabarrieta,

Julia Sola Landero,

Carmen Fort Santa-María,

Marián Campra García de Viguera,

Pepa Martín Mora, Clemente Sáenz Sanz

y Amaya Sáenz Sanz

#### Comité de redacción: Presidencia:

Jesús M. Gómez García.

(Subsecretario de Fomento).

#### Vicepresidencia:

Angélica Martínez Ortega

(Secretaria General Técnica).

Vocales: Alfredo Rodríguez Flores (Director

de Comunicación), Francisco Ferrer Moreno

(Director del Gabinete de la Secretaría

de Estado de Infraestructuras, Transporte

y Vivienda), Belén Villar Sánchez

(Jefa del Gabinete de la Subsecretariía),

Mónica Marín Díaz (Directora del Gabinete

Técnico de la Secretaría General de

Infraestructuras), Roberto Angulo Revilla

(Jefe del Gabinete Técnico de la Secretaría

General de Transportes),

Regina Mañueco del Hoyo

(Directora del Centro de Publicaciones) y

Herminia Cano Linares

(Directora de la Revista).

Dirección: Nuevos Ministerios. Paseo de la

Castellana, 67. 28071 Madrid.

Teléf.: 915 978 084. Fax: 915 978 470.

Redacción: Teléf.: 915 977 264 / 65.

E-mail: cpublic@fomento.es

Dep. Legal: M-666-1958. ISSN: 1577-4589.

NIPO: 161-15-005-0

### Edita:

Centro de Publicaciones. Secretaría General Técnica MINISTERIO DE FOMENTO

Esta publicación no se hace necesariamente solidaria con las opiniones expresadas en las colaboraciones firmadas

Esta revista se imprime en papel 100% reciclado a partir de pasta FSC libre de cloro.





## SFMBI AN7AS

## 2001



4 Javier Manterola Armisén Utilidad, Diseño y belleza

## 2002



14 Pedro Suárez Bores El ingeniero investigador que amaba el mar

## 2003



Enrique Balaguer CamphuisEl padre de las primeras autovías

## 2003



32 José Antonio Fernández Ordóñez El ingeniero de la emoción

## 2004



40 Clemente Sáenz Ridruejo Ingeniero y geólogo apasionado de los paisajes y sus pueblos, la historia y las letras

## 2005



48 Santiago Calatrava Valls La vanguardia que seduce

# »Premios Nacionales de Ingeniería Civil«

2006



60 José Antonio Torroja Cavanillas El ingeniero de la libertad y el silencio

2013



104 Pablo Bueno Sáinz Orgulloso de su profesión

2007



68 Alcibíades Serrano González Fuera de los límites de la ciencia

2014



112 José Calavera Ruiz El ingeniero incansable

2008



76 Roque Gistau Gistau Pasión por el agua

2015



118 Carlos Sanchidrián Fernández Con visión de futuro

2011



Manuel Elices Calafat Fascinado por la ingeniería de los materiales

2016



126 Javier Rui-Wamba "Una vida no es suficiente para ser el ingeniero que quiero ser"

2012

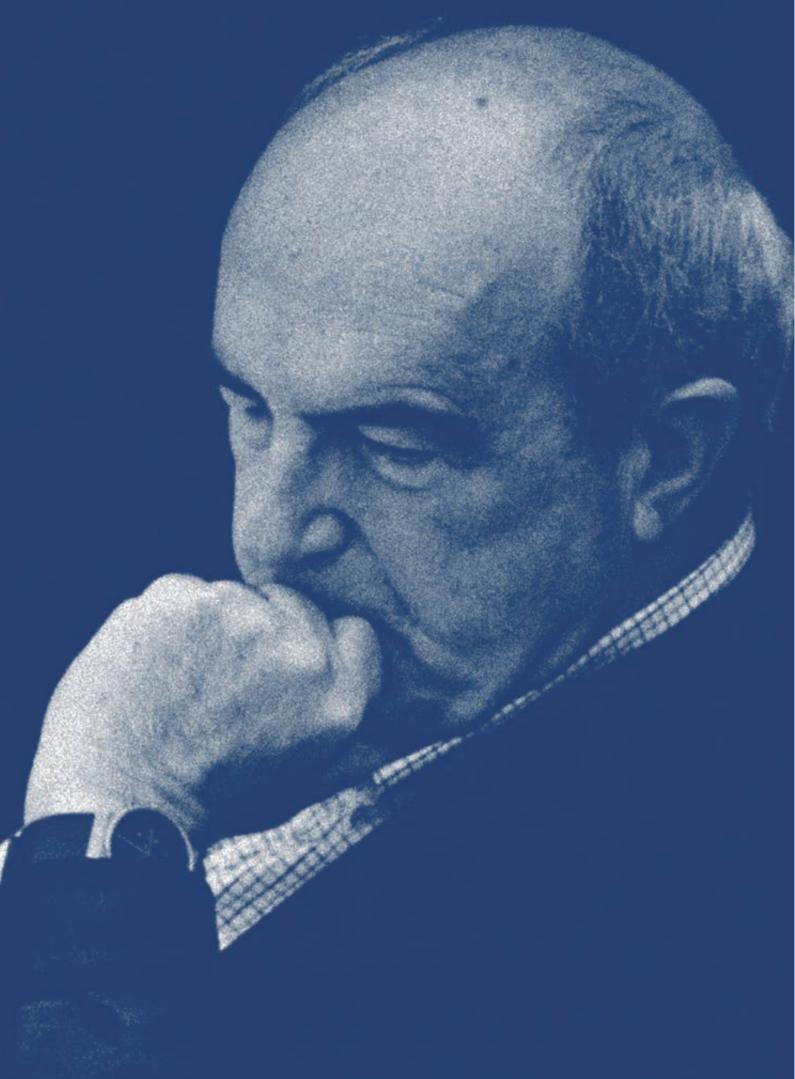


96 Juan Miguel Villar Mir Su primera vocación, la ingeniería

2017



136 Julio Martínez Calzón El ingeniero humanista



## »Premio Nacional de Ingeniería Civil 2001«

Más de 200 proyectos de infraestructuras en España, Europa y Latinoamérica, especialmente puentes y viaductos, pero también edificios, iglesias, naves industriales, instalaciones deportivas, auditorios y estaciones de autobuses, metro y ferrocarril, definen la trayectoria de más de cincuenta años de carrera de Javier Manterola, uno de los más destacados ingenieros de caminos, canales y puertos de España.

# Javier Manterola Armisén

Utilidad, diseño y belleza

Jaime Arruz



Puente de la Constitución de 1812, en Cádiz, realizado entre 2007 y 2015.

Javier Manterola Armisén, nacido en Pamplona (Navarra) el 17 de junio de 1936, es Doctor en Caminos, Canales y Puertos, título que obtuvo en 1962, tan solo dos años después de licenciarse en la ingeniería de su especialidad. Su carrera profesional arranca en la empresa navarra Huarte y Cía mientras finalizaba sus estudios, para continuar como investigador de plantilla en el Instituto Eduardo Torroja el mismo año en que finalizó su doctorado. En 1966 entró a formar parte de la oficina de proyectos Carlos Fernández Casado, como ingeniero y asociado de la misma, permaneciendo en ella hasta la actualidad.

Ha desarrollado prácticamente toda su carrera profesional en la misma compañía, llegando a ocupar el puesto de presidente y consejero delegado. Además, es desde 1976 catedrático de la Escuela Técnica Supe-

rior de Ingenieros de Caminos de Madrid, en la asignatura Puentes, y forma parte de la Real Academia de las Bellas Artes de San Fernando desde 2006 y del Colegio Libre de Eméritos desde un año después.

De niño no imaginaba que llegaría a ser uno de los ingenieros más destacados de nuestro país, aunque ya en sus primeros años jugaba a construir con "mecanos". Hoy en día sus trabajos se definen por conjugar a la perfección utilidad y funcionalidad con diseño y belleza, logrando con ellos mejorar la calidad de vida de todo aquel que utilice, de una forma u otra, las infraestructuras concebidas por el ingeniero pamplonés.

Manterola ha sido reconocido tanto nacional como internacionalmente sobre todo por sus puentes y viaductos, unos 70 en total, entre los que hay de todas las

formas, tamaños y técnicas constructivas. Puentes arco, atirantados o levadizos, pasarelas y viaductos, de acero, hormigón o mixtos, pero siempre cien por cien funcionales, sin repetición de esquemas formales en una línea de trabajo rigurosa y variada, que ha contemplado igualmente mejoras, correcciones y matices sobre la marcha.

Javier Manterola siempre busca hacer el mejor puente posible contando con la belleza como una dimensión que emana de él, no como algo superfluo o añadido. Para él, diseñar puentes es algo muy satisfactorio, dada la relación directa que hay entre lo resistente y la forma. Aficionado a la música y la filosofía, considera que ambas disciplinas están íntimamente ligadas a la ingeniería, pues todas ellas se refieren a problemas abstractos. Su gusto por la filosofía y la música son parte de su trayectoria profesional y están vinculadas a su trabajo, pues el ingeniero pamplonés no concibe sus aficiones sin ser un todo junto a su profesión.

Siempre ha defendido que no le preocupa si su nombre queda reflejado en los libros de ingeniería, pero sí le gustaría que dentro de cincuenta años, cuando un futuro estudiante de ingeniería esté buscando soluciones y vea una de sus obras, la entienda y le ayude a encontrar alguna respuesta a lo que busca.

### Puente de la Constitución de 1812

Quizá la obra más relevante de Javier Manterola en sus más de cincuenta años de trayectoria profesional sea el puente de la Constitución de 1812, conocido como puente de la Pepa, el nuevo acceso a la bahía de Cádiz, cuya construcción arrancó en 2007, inaugurándose en 2015. Esta infraestructura, entre el recinto portuario de La Cabezuela en Puerto Real y Cádiz, supone un proyecto de gran complejidad, con dos puentes diferenciados y diversos vanos de acceso y unión entre ellos. El proyecto se gestó y desarrolló en la oficina de proyectos de Carlos Fernández Casado, encabezado por el mismo Javier Manterola. El ingeniero y su equipo precisaron de multitud de dibujos, cientos de planos, reconstrucciones estructurales... para poder llevar a cabo el estudio, desarrollo y construcción de esta singular obra.

El objetivo de la construcción del puente de la Constitución de 1812, tercer acceso a Cádiz junto al istmo de San Fernando y el puente José León de Carranza, era proporcionar una vía de entrada a la ciudad sobre el canal de navegación sin que se produjesen interrupcio-



Glorieta circular elevada en Zizur Mayor, Navarra.

nes del tráfico rodado como sucede en el otro puente.

El puente de la Constitución de 1812 diseñado por Manterola es de gran capacidad, a sus dos carriles por sentido de circulación se une una plataforma para transporte público. Se subdivide en tres estructuras, un puente principal, el de mayor tamaño, con un vano central de 540 metros, y otros dos de acompañamiento, de 200 metros. Este puente es el de mayor luz de España, por delante del puente Ingeniero Carlos Fernández Casado, también de Manterola, construido sobre el embalse de Barrios de Luna, en León (440 metros), y tercero de Europa entre los de su clase en el momento de su inauguración. El gálibo vertical, es decir, la distancia entre la parte inferior de la superestructura y el nivel medio del agua, alcanza los 69 metros, situándose así como el segundo del mundo, solo un metro por debajo del puente del Canal de Suez, la vía artificial de navegación que une el Mediterráneo con el mar Rojo.

Gracias a sus 185 metros de altura, las torres de esta obra son las más altas de España y las séptimas de Europa (en el momento de su puesta en servicio). El puente de la Pepa tiene casi 37 metros de ancho que dan cabida a cuatro carriles de circulación, dos por sentido, más la plataforma de transporte público, y tiene una longitud de 3.092 metros, siendo el segundo mayor de España por detrás del viaducto del Portal, también en la provincia de Cádiz (3.200 metros).

Para la construcción del puente de la Constitución de 1812 se emplearon más de 100.000 metros cúbicos de hormigón, cinco veces más que los necesarios para levantar el Cristo Redentor de Río de Janeiro, y 70.000 toneladas de acero, casi diez veces más que el que requirió la Torre Eiffel.



Puente Ingeniero Carlos Fernández Casado, en León (1983).

### Puente Ingeniero Carlos Fernández Casado

Otra de las grandes obras de Javier Manterola es el puente Ingeniero Carlos Fernández Casado, con el que la AP-66 (Autovía de la Plata) salva el embalse de Barrios de Luna, en la provincia de León. Inaugurado en 1983, fue récord mundial de luz hasta el año 1986 y récord mundial de luz entre los puentes atirantados de hormigón hasta 1995.

Obra de Javier Manterola, el Ministerio de Obras Públicas decidió que llevase el nombre de su gran amigo y compañero Carlos Fernández Casado (1905-1988), en reconocimiento a su trayectoria, lo que ha dado lugar a cierta confusión sobre su autoría. Tiene una longitud de 643 metros y una anchura de 22 metros, además de 440 metros de luz principal y dos vanos de compensación, contrapesos incluidos, de 101 metros. Construido por el sistema de avance en voladizo, fue el de mayor vano de España hasta la inauguración, en 2015, del puente de la Constitución de 1812.

## Proyectos en Navarra y Aragón

Manterola ha trabajado en su tierra en numerosas ocasiones, firmando el puente de Castejón, el puente Sancho el Mayor en la AP-15 (Autopista de Navarra)

-ambos junto a Leonardo Fernández Troyano-, el puente de El Vergel de Pamplona, la glorieta circular elevada de Zizur Mayor, el puente de Los Llanos en Estella y el nuevo puente sobre el río Arga en Puente la Reina.

El puente de Castejón, de 1972, cuenta con 202 metros de longitud y un vano principal de 101 metros de luz, fue levantado con una técnica similar al puente de Almodóvar, en Córdoba, firmado por Carlos Fernández Casado, pero con algunas modificaciones para evitar el doble sistema de construcción utilizado. El de Castejón fue una vía de peaje hasta el año 1984.

El puente Sancho el Mayor fue erigido en 1978 en el marco de la construcción de la AP-15 (Autopista de Navarra), de Tudela a Irurzun, con proyecto de Leonardo Fernández Troyano y Javier Manterola. Permite salvar el río Ebro a la altura de Castejón a través de una estructura atirantada de una sola torre, sin vano de compensación, lo que implica que los tirantes traseros se anclen en unos contrapesos situados en los bordes de la calzada. Tiene una longitud de 204 metros, con un vano principal de 146 metros de luz y una anchura total de 29 metros.

Por su parte, el puente de El Vergel de Pamplona, construido en 1990, fue proyectado para sustituir al antiguo puente de San Pedro en la comunicación del centro de la capital navarra con los barrios de La Rochapea y La

Magdalena, que conjuntamente se les conocía como El Vergel. El puente de San Pedro, cuya anchura no permitía el paso de dos vehículos a la vez y estaba regulado por semáforos, no podía absorber ya el tráfico a consecuencia de la expansión de esa zona de Pamplona y fue necesaria la construcción de un nuevo puente sobre el río Arga.

El puente de Zizur Mayor es una de las obras más singulares de Javier Manterola. En forma de glorieta, resuelve el problema de la salida desde Pamplona por la A-12 (Autovía del Camino de Santiago) en dirección a Logroño en Zizur Mayor, zona residencial a las afueras de la capital navarra que quedaba dividida en dos por esta vía rápida. Cumple con tres objetivos: dar respuesta a cómo se deben ejecutar los puentes instalados en una glorieta (a nivel estructural), reducir al mínimo el salto visual para los peatones al pasar de un lado al otro del puente y establecer un "hito", una puerta de entrada o salida de Pamplona para los viajeros que van o vienen de Logroño. Se ejecutó un disco completo que, apoyado únicamente en cuatro puntos, resuelve el problema circulatorio y estructural de una sola vez. La glorieta resultante tiene 47,2 metros de diámetro interior y 73,8 metros de diámetro exterior, contando con un puente diferente para los peatones, adosado al puente viario y rodeado de jardín para minimizar así el impacto de la autovía sobre los viandantes.

También en Aragón Javier Manterola ha llevado a cabo numerosos proyectos, del puente Manuel Giménez Abad en la Z-30, vía de circunvalación de Zaragoza, a los acueductos del barranco de la Muerte con los que el Canal Imperial de Aragón salva la propia Z-30, pasando por el puente por el que los trenes AVE de la línea de alta velocidad (LAV) que unen Madrid y Barcelona cruzan el río Ebro a la altura de Osera de Ebro (Zaragoza).

El puente Manuel Giménez Abad, salva el río Ebro en Zaragoza, formando parte de la Z-30, la vía de circunvalación de la capital aragonesa. Inaugurado en 2002, conecta Las Fuentes con Vadorrey, en la margen izquierda del Ebro, y se divide en tres partes independientes estructuralmente, una central y dos laterales. Construido en acero y hormigón, su vano central tiene 120 metros.

Los acueductos del barranco de la Muerte son un conjunto de dos puentes-acueductos con los que el Canal Imperial de Aragón salva la orografía del barranco de la Muerte, también en Zaragoza. El primero de ellos data del siglo XVIII mientras que el otro, obra de Javier



Pasarela de voluntariado, en Zaragoza.

Manterola, es de 2003. Ubicados en el barrio La Paz de Zaragoza, son parte de la Z-30 y el anillo verde de la ciudad.

La relación de Manterola con el río Ebro también se plasma en el puente de Osera de Ebro, construido en el año 2000 para dar continuidad a la línea de Alta Velocidad (AVE) entre Madrid y Barcelona a la altura de esa población aragonesa, situada a 30 kilómetros de Zaragoza. Su estructura, con vigas Vierendeel y hormigón blanco, remite a los clásicos puentes ferroviarios.

Manterola es autor de otras relevantes obras en Zaragoza, como la remodelación del puente de Nuestra Señora del Pilar y del puente de la Almozara. El primero de ellos, más conocido como puente de Hierro, cruza el río Ebro y permite unir la avenida Puente del Pilar con la Calle del Coso y el paseo de Echegaray y Caballero. Fue uno de los primeros

#### Javier Manterola Armisén



Puente en Osera de Ebro, Zaragoza.



Pasarela Pedro Gómez Bosque, sobre el Pisuerga, en Valladolid.

puentes fijos que se construyeron en Zaragoza, siendo remodelado gracias a un proyecto de Javier Manterola que finalizó en 1991 y permitió, además de su repintado –pasando del verde original al azul y blanco por votación popular-, su ampliación con dos tableros laterales en forma de arco para el paso de los vehículos, quedando la plataforma central para uso peatonal.

El puente de la Almozara, que discurre entre la plaza de Europa, en el barrio de la Almozara, y la calle Valle de Broto del barrio del Actur, fue igualmente un proyecto de renovación dirigido por Javier Manterola en Zaragoza. A finales de los años 70, el ingeniero navarro dirigió su reconversión para habilitarlo al paso de vehículos tras



Cuarto puente de logroño (2003).

sus orígenes ferroviarios –había sido inaugurado en 1870 para permitir la interconexión de las líneas de ferrocarril que llegaban a la capital aragonesa-. Hoy día es uno de los pasos más transitados en automóvil sobre el Ebro.

La Exposición Universal 2008 en Zaragoza supuso un nuevo trabajo en la misma zona de la ciudad para el ingeniero pamplonés. La pasarela del Voluntariado, que también conecta La Almozara y el Actur, es una infraestructura de 277 metros de longitud, de los que 230 metros son en curva. Cuenta con 46 tirantes sujetados a un mástil de 75 metros de altura y una inclinación de 30° con los que se sustenta el tablero.

## Trabajos en el norte de España

País Vasco y La Rioja acogen obras de Javier Manterola, algunas tan reseñables como el puente Euskalduna sobre la ría de Bilbao, inaugurado en abril de 1997. Se trata de un viaducto entre la plaza del Sagrado Corazón de Jesús y la ribera de la Botica Vieja, sobre los antiguos Astilleros Euskalduna, que libera de tráfico al cercano puente de Deusto. Se concibió con el objetivo de servir de acceso directo a la A-8 (Autovía del Cantábrico) y para servir de entrada o salida de Bilbao hacia San Sebastián, Vitoria y Santander. De diseño curvado, sus 250 metros de longitud acogen cuatro carriles de circulación, dos por sentido, una vía peatonal y un carril bici, estos dos últimos cubiertos por una marquesina que protege a viandantes y ciclistas de la tradicional Iluvia bilbaína. Uno de sus elementos más característicos es su torre de iluminación, de 45 metros de altura.

En Vizcaya, ha firmado igualmente otras infraestructuras, es el caso de la pasarela del Metro de Bilbao en Plencia, el puente de Eje del Ballonti sobre el río Galindo entre Sestao y Barakaldo y diversos puentes en



Puente Euskalduna, en Bilbao.



Puente Príncipe de Viana, en Lleida.

el conocido como Supersur, la variante sur metropolitana de Bilbao, que circunvala la ciudad.

Por su parte, en Logroño (La Rioja), Javier Manterola proyectó el puente de Práxedes Mateo Sagasta, conocido popularmente como Cuarto Puente de Logroño. Inaugurado en 2003, es el más reciente de las vías de comunicación entre ambos márgenes del río Ebro a su paso por Logroño. Sin ningún tipo de apoyo sobre el cauce del río, tiene una luz de 140 metros y un tablero central de 161 metros de longitud, 18,6 metros de anchura y 2 metros de canto. Este es sujetado por un arco atirantado de 28 metros de altura máxima.

Cuenta con sendos tableros laterales de 4 metros de anchura y I, I metros de canto para las aceras que, al contrario que la calzada, no son paralelas al arco central sino que se separan en forma de curva.

#### Infraestructuras en Andalucía

Diversas provincias andaluzas acogen igualmente sus trabajos, como es el caso del puente de las Delicias en Sevilla o el puente de Andalucía en Córdoba. En Huelva, el ingeniero navarro firma el puente que permite comunicar Huelva con Punta Umbría sobre las marismas del río Odiel.

El puente de las Delicias de Sevilla, levantado entre los puentes de los Remedios y el del V Centenario de la capital andaluza, fue proyectado por Javier Manterola y Leonardo Fernández Troyano con motivo de la Exposición Universal de Sevilla de 1992, para reemplazar al puente de Alfonso XIII, de 1929, que se mantuvo junto a él sin uso un par de años para ser posteriormente llevado a una explanada de los terrenos del puerto. El nuevo puente, más funcional y moderno, comunica la avenida Cardenal Bueno Monreal y la avenida Juan Pablo II. Debe su nombre a la proximidad del paseo y los jardines de las Delicias, incluyendo un puente ferroviario para el transporte de mercancías desde el puerto. Ambos puentes se diseñaron como puentes levadizos para facilitar el tránsito de barcos de mercancías, cruceros y barcos turísticos, y también ambos están sostenidos por dos pilares blancos de baja altura y tienen un diseño similar al de una barca con el objetivo de rememorar el antiguo puente de barcas de Triana.

En Córdoba, Javier Manterola firmó otra de sus obras, el puente de Andalucía, con un diseño atirantado que cruza el río Guadalquivir como parte de la ronda de Poniente de la capital cordobesa. Inaugurado a principios de 2004, cuenta con una longitud de 210 metros y tras él se levanta un viaducto de 200 metros, en el margen derecho del Guadalquivir. Su construcción fue casi artesanal pues se ejecutó sin piezas prefabricadas.

Por último, el puente sobre el río Odiel firmado por el ingeniero pamplonés es un puente de arco que une, sobre las marismas del río, el vértice de la península donde se asienta Huelva con la lengua de tierra que se adentra en el Atlántico y que acoge a Punta Umbría. Casi único en el mundo por sus características, tiene una luz de casi 450 metros. Cuenta con una sección viaria para



Puente sobre la bahía de Cádiz (2015).

automóviles con dos carriles por sentido, una plataforma para tranvía, carril bici y un paseo peatonal ajardinado.

#### Otras obras

Javier Manterola y su prolífica obra se extienden por muchas zonas de España, como Lleida, donde proyectó el puente Príncipe de Viana; Murcia, donde firmó la pasarela del Malecón, y Valladolid, donde diseñó la pasarela Pedro Gómez Bosque sobre el río Pisuerga.

El puente Príncipe de Viana se enmarca en el Plan Especial de la estación de Lleida para llevar a cabo un nuevo espacio urbanístico en esa zona de la ciudad. Con estructura de tirantes de acero, constituye, junto a la Llotja de Lleida, el aeropuerto de Alguaire y el AVE, uno de los símbolos de la ciudad en el siglo XXI.

La pasarela del Malecón, conocida también como pasarela de Manterola, se inauguró en 1997 y supuso la urbanización de la nueva margen del Segura en el barrio del Carmen de la capital murciana. Puso el punto final al encauzamiento de un nuevo tramo urbano del río Segura a su paso por la ciudad, el que discurre entre el puente de la A-30 (Autovía de Murcia) y el azud del malecón –barrera hecha en los ríos con el fin de facilitar el desvío de parte del caudal para riego y otros usos—. Así, la pasarela permite conectar esta nueva área de Murcia con el centro de la ciudad a través del cauce urbano del río Segura. De estructura atirantada, la pasarela peatonal sobre el Segura tiene 60 metros de lon-

gitud y 6 metros de anchura, cuenta con un mástil de 15 metros de altura y a él se unen 30 tirantes de acero.

La pasarela Pedro Gómez Bosque de Valladolid salta el río Pisuerga desde uno de sus márgenes, sobre laderas muy escarpadas, hasta una zona baja inundable protegida por un muro de encauzamiento. Existe un desnivel de aproximadamente 2 metros entre ambas orillas, lo que permitió a Manterola proyectar una pasarela colgada tipo span band o banda tesa. Con una línea curva muy suave, esta vía peatonal tiene unos 100 metros de longitud y un vano principal de luz de 85 metros, lo que se logró avanzando ligeramente los estribos. En Madrid también se encuentran algunas de las obras del ingeniero navarro, pues ha firmado diferentes infraestructuras, como el paso elevado de Cuatro Caminos, desmontado en 2004 y sustituido por un túnel bajo la glorieta del mismo nombre, el puente de Ventas sobre la M-30 y el puente de los Franceses.

#### PREMIOSY RECONOCIMIENTOS 1974 Premio SERCOMETAL a la mejor estructura 2001 IABSE outstanding structure award al puente metálica (tipo puentes y pasarelas) por la pasarela Euskalduna. colgada de la plaza de las Glorias en Barcelona. 2001 Premio Universidad Politécnica de Madrid (UPM). 1975 Premio Convención Europea de Construcciones 2001 Premio Nacional de Ingeniería Civil. Metálicas (CECM) a la pasarela de la plaza de las Glorias en Barcelona. 2002 Premio Grupo Español IABSE. 1978 Medalla de Honor de la Asociación Española de 2002 Premio 25° Aniversario de la Demarcación de Hormigón Pretensado. Castilla y León del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos a la obra más 1985 Medalla de Honor del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. representativa de la ingeniería civil en Castilla y León en el periodo 1976-2002 por el puente de 1985 Premio CONSTRUMAT a la mejor obra de Barrios de Luna. ingeniería civil por el puente Ingeniero Carlos Fernández Casado. 2003 Premio CONSTRUMAT a la innovación tecnológica al puente sobre el río Ebro para la 1987 Premio de Arquitectura y Urbanismo del línea de alta velocidad Madrid-Zaragoza-Ayuntamiento de Madrid por la estación de Barcelona-Frontera Francesa. Aluche de metro y ferrocarril. 2003 Premio de la Cámara Chilena de la Construcción 1990 Premio de la Cámara de Contratistas de Castilla y y el Ministerio de Obras Públicas a la mejor obra de infraestructura del periodo 2000-2003 por el 1991 Premio de Arquitectura y Obras Públicas del puente de Amolanas. Ayuntamiento de Madrid por el paso inferior de la 2005 Premio Príncipe de Viana (Pamplona). plaza de Castilla. Premio CONSTRUMAT a la mejor obra de Premio IABSE - International Award of Merit. 1993 2006 Ingeniería Civil por la autovía Trinidad-Mongat 2006 Premio Fundación García Cabrerizo. (Pata Norte), que incluye el puente sobre el río 2010 Premio Fundación de Ingeniería Civil (Galicia). 1994 Premio anual de los Colegios de Arquitectos e 2010 Premio Puente de Alcántara. Ingenieros de Caminos por su contribución al 2010 Medalla de Oro del Círculo de Bellas Artes de prestigio de ambas profesiones. Madrid. Premio CONSTRUMAT a la mejor obra de 1995 2011 Miembro de honor de la Asociación Italiana del Ingeniería Civil por el viaducto de Osormort. Concreto Armato y Presforzado. 1995 Medalla Ildefonso Cerdá concedida por el Colegio 2013 Premio Ingeniero Destacado del Colegio de de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de 1996 Medalla de la Federación Internacional del Madrid. Pretensado (FIP). 2013 Premio ICARO de la Escuela de Ingenieros de 1996 Premio Brunel Award-Copenhagen International Caminos da Coruña. Design Competition al viaducto-túnel de Pensil en 2017 Premio Entrecanales. México. 1997 Medalla de la F.I.P.

Javier Manterola es parte de la historia de la ingeniería por ser uno de los mejores proyectistas de puentes, maestro de maestros gracias a su vocación, dedicación y entusiasmo.



# »Premio Nacional de Ingeniería Civil 2002«

Junto a la parte más visible de la profesión de ingeniero, aquella que se concreta y manifiesta en obras a veces espectaculares, existe otra, callada, menos espectacular, pero quizás más relevante y en todo caso no menos necesaria: la del profesional dedicado a la investigación, a la ardua labor del cálculo y la experimentación, sin la cual ninguna obra sería posible.

# Pedro Suárez Bores

El ingeniero investigador que amaba el mar

#### Pedro Suárez Bores



Pedro de joven en Mieres.

Ese lado oculto de la ingeniería es el que representa Pedro Jesús Suárez Bores (1929-2010). Dedicado durante toda su trayectoria profesional a la investigación y la docencia universitaria, sus pioneros estudios e investigaciones durante las décadas de los años 60 y 70 del pasado siglo sobre el oleaje, la geomorfología de las costas y el diseño de nuevas tipologías y dimensionamiento de obras marítimas, así como las innovaciones tecnológicas que de ellos surgieron, supusieron un antes y un después en la ingeniería marítima y de costas en España. Cuando, en aquella época, empezó a hacer públicos los resultados de sus investigaciones, prácticamente ningún director de puerto o responsable de las obras marítimas era capaz de comprenderlas en toda su extensión; sin embargo, poco tiempo después, lo que se había vuelto incomprensible desde el punto de vista de la razón, era cualquier proyecto de obra marítima o costera que no tuviera en cuenta o incorporara los cálculos y conclusiones de Suárez Bores.

Este carácter innovador de sus investigaciones, junto a su capacidad de transmitirlas a generaciones de futuros ingenieros en sus clases en la Escuela de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos de Madrid, es lo que le valió el reconocimiento unánime de la profesión y le hizo acreedor a recibir el Premio Nacional de Ingenie-



romoción de Facultativo de Minas, 1949. Pedro está a la derecha con traie blanco.

ría Civil, tal y como se refleja en la resolución del Ministerio de Fomento, que le concede el galardón correspondiente al año 2002 "por su trayectoria como profesor, investigador y proyectista y por el conjunto de su aportación a la ingeniería de puertos y costas, a través de sus trabajos y estudios sobre las costas españolas, sobre la morfología del litoral y su gestación, el oleaje y las corrientes, a la que ha sabido añadir facetas de innovación tecnológica, que le convierten en un pionero mundial en las redes exteriores de prevención del oleaje, en la clasificación y formulación de playas y en el análisis multivariado para cálculos marinos, condiciones todas ellas que ponen de relieve aspectos singulares de entre los sociales, económicos, estéticos y tecnológicos que acompañan a las infraestructuras del transporte marítimo".

## Inicios, Cedex y Escuela

"Yo amo al mar y lo amo no solo por su inmensidad y complejidad, sino por la belleza por él creada en su diálogo con la tierra", explicó Suárez Bores al recibir el premio en la sede del Ministerio de Fomento. Y, sin embargo, su vida comenzó bien lejos de la costa, en Valladolid, donde nació el 8 de junio de 1929, siendo el tercer hijo de un matrimonio formado por un asturiano y una palentina. Cuando aún tenía una edad muy temprana, la familia se traslada a Cervera de Pisuerga, en el corazón de la montaña palentina, donde su padre trabajó en la construcción de la presa de Requejada, mientras él despertaba su interés por la lectura y fomentaba el autodidactismo; tras pasar, un tiempo corto, por Trobajo del Camino (León), marcha a Ujo, en el concejo de Mieres (Asturias). Allí, el joven Suárez Bores, que siempre se consideró asturiano de corazón, termina el bachillerato y los estudios de Facultativo de Minas y Fábricas Metalúrgicas en la Escuela de Mieres, licenciándose como número uno de su promoción, y llegando a trabajar como capataz en empresas mineras

y eléctricas de la zona. También en tierras asturianas, en San Esteban de Pravia, nuevo lugar de destino de su padre, inició el contacto continuado con el mar, que ya no perdería nunca y que sería, sin sospecharlo entonces, la base de su posterior trayectoria profesional. A mediados de la década de los años 50, tras un nuevo traslado, esta vez a Madrid, decide matricularse en la Escuela de Caminos, ingresando en mayo de 1955. Terminó los estudios de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos en el curso 1958-1959 con la calificación de "Bueno", doctorándose cuatro años después con la tesis titulada Notas sobre mecánica de fluidos.

Aunque una vez que ingresa en el cuerpo de ingenieros obtiene un primer destino en el puerto de Gijón, la vocación de Suárez Bores se dirigió prácticamente desde el principio de su trayectoria profesional a la investigación y a la docencia, fundamentalmente en el ámbito de las obras marítimas. Impresionado por sus profundos conocimientos sobre las investigaciones en este campo que se estaban realizando en el extranjero, el profesor Ramón Iribarren, director del entonces Laboratorio de Puertos (en la actualidad Centro de Estudios de Puertos y Costas) del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (Cedex), le ofrece un puesto de ayudante. De esta forma, en enero de 1960 comienza su labor investigadora en este centro adscrito como organismo técnico de apoyo al Ministerio de Obras Públicas, trabajando primero junto a Iribarren y, a partir del año 1967, con Casto Nogales, hasta que en 1975 abandonó definitivamente el centro para dedicarse en exclusiva a la universidad.

La labor docente de Suárez Bores en la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos también se inició muy pronto. En el curso académico 1961-1962 fue nombrado profesor adjunto de la cátedra de Puertos, ejerciendo como tal durante dos cursos consecutivos, aunque posteriormente, tras la aplicación de un nuevo plan de estudios, se encargó de las clases teóricas y prácticas de las asignaturas de Puertos en cuarto curso y de Obras Exteriores en quinto. En el año 1968 obtiene por oposición la primera cátedra de Puertos en el país, cargo que como catedrático desempeñará hasta su jubilación, en septiembre en 1999. Quienes tuvieron la oportunidad de asistir a sus clases magistrales le recuerdan como un profesor culto, inteligente, ameno y de rica conversación, aficionado a debatir sobre la lección o sobre otras cuestiones, que trasladaba con pasión a sus alumnos los conocimientos más actuales sobre el oleaje, la morfología costera, el análisis sistémico o el entonces poco conocido diseño de



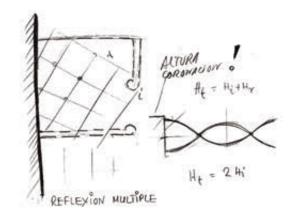
Pedro y Zoe en su casa de Madrid.

obras marítimas sostenibles. En los primeros años de la transición democrática, siendo subdirector de la Escuela, compartió las responsabilidades de dirección junto al entonces director Enrique Balaguer Camphuis, con quien por esos años ayudaría a constituir la Fundación Agustín de Betancourt, destinada a fomentar la investigación en la Escuela de Caminos y a facilitar la colaboración de esta con las empresas de ingeniería civil españolas. Con la llegada del nuevo siglo, tras su nombramiento como profesor emérito, mantuvo su vinculación a la institución con docencia e investigación en doctorado hasta el curso 2004-2005.

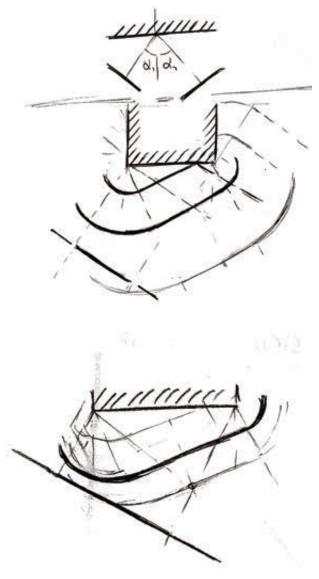
## **Investigaciones y proyectos**

Tanto desde el Cedex como desde la cátedra de la Escuela de Caminos, las aportaciones teóricas de Suárez Bores siempre han estado centradas en los aspectos técnicos referidos al mar y las costas. Sus pioneros estudios sobre el oleaje, la tipología de formas costeras y las dinámicas marinas, de gran trascendencia práctica en la ordenación del litoral y en el diseño y dimensionamiento de toda clase de obras marítimas, respondían a una visión completamente novedosa en la ingeniería marítima y de costas de la España de los años 60 y 70 del pasado siglo, influida por los avances realizados en otros países. Especialmente relevante fue la aparición, en 1967, de su Introducción a la estructura del oleaje, obra

#### Pedro Suárez Bores



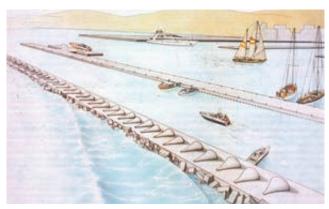
Dibujos originales de Pedro sobre reflexión múltiple.



Dibujos originales de Pedro sobre difracción y reflexión.

de gran impacto en la comunidad portuaria de la época, que difundió las bases teóricas del método integrado de previsión del oleaje e introdujo el concepto de estructura espectral del oleaje -que cierra el círculo de la descripción del oleaje real-, desde entonces considerado como factor de obligada consideración a la hora de calcular y ejecutar cualquier obra de ingeniería costera o marítima. Otras publicaciones destacadas de su producción bibliográfica, que suma 12 libros y 16 textos de apuntes de cátedra, son Hidráulica y procesos litorales (1963), donde se resumen las bases de la actual ingeniería de costas, y Clasificación de formas costeras (1978), que responde a su interés por caracterizar la morfología costera y establecer una clasificación referida a singularidades dinámicas cuando el principal agente del modelado de la costa es el oleaje. Por otra parte, enamorado del mar y atento observador del medio natural costero como era, también fue uno de los primeros ingenieros españoles en considerar e integrar técnicamente aspectos medioambientales y paisajísticos en las obras portuarias y costeras, escasamente presentes en los proyectos de aquella época, lo que le llevó a ser cofundador y luego director del Instituto de Ingeniería Ambiental Agustín de Betancourt, ya desaparecido. Sus ideas y criterios respecto a estas cuestiones se materializarían en diversos proyectos ejecutados posteriormente, así como en varias patentes por él desarrolladas en las que se formulan estos problemas y su interpretación resolutoria.

El interés de Suárez Bores por caracterizar con la máxima precisión posible la estructura y naturaleza del oleaje y la dinámica marina, manifestado desde sus inicios profesionales, le llevó en estos años, aún en el Cedex, a crear, por iniciativa propia y en colaboración con el doctor Luis Tejedor, la Red Española de Medida y Registro del Oleaje (REMRO), la primera del mundo en su clase, formada por un número limitado de registradores (sensores) situados sobre profundidades indefinidas y de funcionamiento continuo, que capta con precisión las características y variación del oleaje en cualquier punto de la costa. Esta red, aprobada técnica y económicamente por el entonces Ministerio de Obras Públicas en 1968 e instalada en diversos puntos del litoral en los años siguientes como una red centralizada de datos en tiempo real, ha proporcionado durante décadas a investigadores y proyectistas series de registro de las variables ambientales marítimas únicas en el mundo, que son de aplicación a cualquier obra marítima costera. Esta red es el antecedente inmediato de la actual red de boyas costeras de Puertos del Estado.



Sistema ambiental Situación verano

Cronológicamente, las primeras aplicaciones prácticas de las investigaciones de Suárez Bores tuvieron lugar

>>> Yo amo al mar y lo amo no solo por su inmensidad y complejidad, sino por la belleza por él creada en su diálogo con la tierra

en la primera playa artificial del mundo, la de Las Teresitas, en Santa Cruz de Tenerife, diseñada por el profesor Iribarren y construida en 1964 como respuesta de la ingeniería marítima española a los crecientes requerimientos costeros exigidos por una demanda turística orientada a la fórmula sol, mar y playa, así como en la de Puerto Rico, en Gran Canaria (1969, junto a Casto Nogales). En ambos casos se incorporaron por primera vez los cálculos por sobreelevación e incidencia oblicua del oleaje, así como los de dimensionamiento y adaptación de la toma de carga de la cinta transportadora de arenas. En la playa grancanaria, a diferencia de la playa tinerfeña -cuya obra consistió en la construcción de dos espigones de escollera emergentes de baja altura de coronación y un espigón de contención con coronación a nivel de media marea-, el espigón de contención se encuentra ya siempre sumergido, consiguiéndose de esta forma una vista despejada del mar con cualquier tipo de marea. En la búsqueda de soluciones para determinar la forma en planta más adecuada para las playas artificiales, Suárez Bores obtuvo la ecuación de estabilidad de playas, según la cual esta depende de dos factores: el transporte sólido por incidencia oblicua del oleaje  $(Q_s)$  y el transporte sólido litoral por la corriente de gradiente de sobreelevación del oleaje (Q<sub>s</sub>), ambos actuantes únicamente en la zona de playa comprendida entre la orilla y la zona de rotura y sus inmediaciones. Según el también ingeniero Juan Miguel Villar Mir (Revista de Obras Pú-

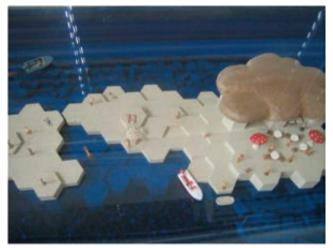


Dique de Cubelles, Barcelona. Con conos difusores, 1976.

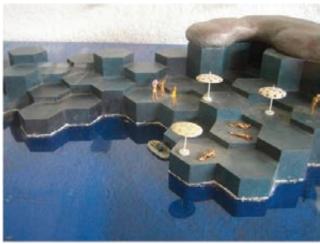
blicas 3.442, marzo de 2004), Suárez Bores fue el primer investigador en formular este principio hoy universalmente aceptado. Otras playas artificiales canarias también debidas al ingeniero vallisoletano serían, posteriormente, las de Veneguera (Gran Canaria) y Breña Baja (La Palma).

Pero quizá la aportación más visible de sus investigaciones se encuentre en el estudio para la ordenación de las playas de Levante del frente litoral de Barcelona (1975-1983), un proyecto encargado por el Ayuntamiento de Barcelona que entrañaba un doble y ambicioso objetivo: por un lado, la reordenación de la fachada marítima de Barcelona en la zona situada entre el puerto y la desembocadura del río Besós para su integración en la ciudad, para lo cual el estudio de Suárez Bores planteó soluciones como la implantación de una autopista litoral en sustitución del trazado ferroviario existente, la creación de una zona verde ajardinada, la apertura directamente al mar del Port Vell, la creación de una nueva marina o la construcción de varias playas en doble concha con sus correspondientes diques de abrigo (Nueva Icaria, Bogatell, Bella I y II y Somorrostro); y por otro, el saneamiento y evacuación de las aguas pluviales de esta olvidada barrera costera formada por un campo de vertidos, para evitar así las periódicas inundaciones que afectaban a las zonas bajas de la ciudad, con medidas como la transformación y mejora del trazado y diseño de los emisarios de superficie y de las playas para resolver el desagüe de la ciudad en el mar. En palabras del propio Suárez Bores, se trataba de "la restauración de uno de los entornos urbanos más degradados del mundo, expuesto a la acción directa de los fuertes y persistentes levantes". El encargo se plasmó en el estudio Playas de Levante de Barcelona (1976), que, incorporado al Proyecto del Plan Especial de Infraestructuras de las Playas de Levante de Barcelona del Ministerio de Obras Públicas (1980),

#### Pedro Suárez Bores



Dique hexagonal en graderío.



Panorama basáltico columnar.



Regeneración de la Playa de Veneguera, Mogán, Gran Canaria.

fue la base de las innovadoras actuaciones llevadas a cabo en esta zona en los años 80 y que permitieron recuperar para el uso ciudadano esta olvidada zona urbana de cara a los Juegos Olímpicos de 1992.

La concepción de esta ordenación de la costa barcelonesa -que más tarde se reproduciría en otros proyectos, como el del frente marítimo de Las Palmas (1990)- puso de manifiesto una nueva forma de comprender los frentes marítimos urbanos, con la creación de nuevas tipologías de obras de abrigo como los diques paisaje, los muelles filtro o el sistema ambiental, caracterizados por bajas cotas de coronación que permiten las vistas al mar, la renovación del agua en las dársenas abrigadas y la libre circulación de la brisa, frente a los gigantescos diques de abrigo, causantes de la formación de barreras ambientales y visuales y de problemas de renovación del agua de las áreas abrigadas. Probablemente el más difundido de todos ellos sea el sistema ambiental. Esta innovación tecnológica, aplicable en la formación de áreas abrigadas, portuarias y costeras, contrasta con el concepto de dique de abrigo, obra única convencional de tamaño y altura de coronación desmesurados, irrebasable o parcialmente rebasable. Frente a ese concepto tradicional, el nuevo concepto de sistema ambiental se basa en un conjunto







Fachada marítima de Barcelona, antes de 1975.

de 1975.

Playas olímpicas de 1983

de obras de baja cota de coronación y pequeño tamaño, separados por espacios acuáticos (canales, dársenas) que actúan como un conjunto hidrodinámico integrado, disipador de energía, al estar formados por elementos estructurantes de tres clases (rebasables, permeables y no reflejantes) que amortiguan las ondas de gravedad de corto periodo, su reflexión y posibles resonancias, y permiten la circulación y evacuación de los caudales de rebase. Este novedoso sistema, que aporta importantes ventajas funcionales y tiene un impacto ambiental considerablemente menor que la obra de un dique tradicional, fue patentado en 1992 y ha sido aplicado en multitud de obras marítimas, entre otras, en los puertos de Los Gigantes (Tenerife) y de Cala Ratjada (Mallorca) o, más recientemente, en 2004, en la zona del Fórum de Barcelona.

Sus estudios sobre dimensionamiento de obras marítimas tuvieron también una importante repercusión en la ingeniería portuaria española. En 1976, a raíz de una grave avería en el dique de Punta Lucero del puerto de Bilbao, detectada al poco tiempo de la entrega de una obra calculada con la mejor tecnología determinista de la época y que tenía repercusiones económicas muy elevadas al afectar al aprovisionamiento de una refinería de petróleo, la junta portuaria, conocedora de la paternidad de Suárez Bores de la red REMRO y de sus investigaciones sobre la aplicación de métodos estadísticos al dimensionamiento de

>Un hombre hecho a sí mismo, en contacto con la naturaleza, conocedor del medio que con esfuerzo y dedicación supo definir su estilo y marcar su misión en la vida, siempre al lado del medio ambiente como hombre, como profesor, como investigador y como inventor. «

las obras marítimas, le encargó el estudio de las causas de esta avería y sus consecuencias. El estudio partió de la consideración de todos los elementos del dique y sus posibles componentes o posibilidades de fallo, analizando todas las variables -aleatorias y deterministas- presentes en cada uno de los componentes de los sistemas de estabilidad y resistencia de la obra marítima, e incluyó ensayos en laboratorios daneses y británicos, trabajos que permitieron obtener la fiabilidad del dique mediante la aplicación del Método Sistémico Multivariado (MSM). Esta formulación, creada por el



Acto de despedida en la Escuela de Caminos, 26 de mayo 1999.

propio Suárez Bores, permite determinar la fiabilidad del componente más débil de la obra (espaldón, manto...) correspondiente al tramo más débil y la optimización de las dimensiones de los diversos componentes de la obra. Su aplicación en el caso del dique de Bilbao mostró claramente la razón de la temprana avería ocurrida en el proyecto inicial e hizo que se reconsideraran los métodos de cálculo existentes. Desde su estreno práctico, el MSM se convirtió en una herramienta fundamental de todo proyecto cuyo objeto sea el dimensionamiento de una obra portuaria, aplicándose con éxito en actuaciones tan destacadas como el dique de Punta Langosteira (A Coruña) y el dique vertical del puerto de Las Palmas, pero también en otros campos, como el estudio de la calidad ambiental de la ría de Huelva.

#### Transmisor de sueños

A lo largo de su vida profesional, Suárez Bores profundizaría en otros temas, aportando nuevas soluciones y aplicaciones prácticas a los problemas planteados por el mar. Destacan, por ejemplo, sus estudios sobre dinámica del flotador en función de la dirección y fuerza del viento y de la superficie de obra viva y muerta sobre la que incide este, aspecto muy relevante en el diseño de instalaciones de atraque, así como otros sobre el diseño



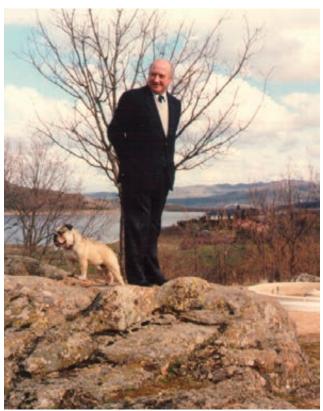
Premio Nacional de Ingeniería Civil 2002.

y cálculo de estructuras. Varias de las innovaciones técnicas que diseñó a raíz de sus estudios e investigaciones sobre ordenamiento de costas y puertos fueron patentadas y comercializadas posteriormente en diversos países de Europa, América y Asia. Entre ellas figuran diversas tipologías de dique-espigón (escalonado en mosaico curvilíneo, escalonado en mosaico cuadrangular, paisaje basáltico columnar, escalonado en graderío y/o mosaico, de coronación disipadora de energía), además de sistemas permeables y disipadores de energía para la construcción de obras de abrigo.

..., maestro de toda una generación de ingenieros y heredero e impulsor de la reconocida tradición marítima española. «

Entre las ingentes aportaciones de Suárez Bores a la ingeniería marítima y costera no es la menor la formación de otros ingenieros mientras estuvo al frente de su cátedra en la Escuela de Ingenieros de la Universidad Politécnica de Madrid, en la que introdujo una forma nueva de abordar la árida materia de las obras costeras.

En el número 163 del año 2011 de la revista Ingeniería Civil, dedicado a su figura un año después de su muerte, Vicente Negro Valdecantos, que primero fue su alumno y después compañero en las funciones docentes, recuerda que en las clases de Suárez Bores fue



Fotografía de su álbum personal.

"la primera vez que en una árida escuela de estructuras se hablaba del paisaje, de obras que se integran en escenarios naturales, de respeto ambiental y de inquietud por observar el medio físico, de diferentes puntos de vista de diseñar las obras marítimas, desde su actividad estructural y funcional hasta la arquitectura de sus formas, ante la melodía de las ondas y las acciones de las olas".

### PRINCIPALES PUBLICACIONES

1963	Hidráulica y procesos litorales.
1963	Geomorfología oceánica
1964	Notas sobre mecánica de fluidos (Tesis doctoral.).
1964	Estructura del oleaje.
1967	Ecuaciones generales de la atmósfera e hidrosfera
1967	Estructura del viento en las capas bajas de la atmósfera.
1967	Introducción a la estructura del oleaje.
1968	Ola de cálculo.
1968	Acción del oleaje sobre estructuras y flotadores.
1968	Acción del viento sobre estructuras y flotadores.
1968	Dinámica del atraque de flotadores.
1968	Ordenación de vías navegables.
1968	Introducción a la dinámica de los sistemas dispersos.
1969	Dinámica del flotador en áreas restringidas.
1976	Apuntes de clase. Oleaje I/II.
1977	Análisis aleatorio multivariado. Terminología y conceptos básicos.
1978	Shore classification-simple forms with prevailing wind wave action.
1978	Clasificación de formas costeras.
1978	Clasificación de formas costeras: Formulación y matriz de evolución.
1979	Sistemas aleatorios multivariados de estabilidad: aplicación a las obras marítimas.
1980	Obras marítimas exteriores. Análisis de fiabilidad de los sistemas de diseño.
1980	Formas costeras.

De carácter afable, aunque temperamental y de una meticulosidad y rigor exhaustivos, Suárez Bores fue, ante todo, un ingeniero del medio natural, un arquitecto de sueños.



## »Premio Nacional de Ingeniería Civil 2003«

Pocos ingenieros suscitan un reconocimiento tan unánime como Enrique Balaguer, leyenda viva de las carreteras españolas, con una destacada dimensión docente en la Escuela de Caminos y gran proyección internacional. En su dilatada trayectoria en el Ministerio de Obras Públicas despuntó como modernizador de la técnica y la normativa de carreteras, pero sobre todo como artífice del primer Plan General de Carreteras y de las primeras autovías españolas, base de la actual red de gran capacidad.

# Enrique Balaguer Camphuis

Padre de las primeras autovías

Javier R. Ventosa

### **Enrique Balaguer Camphuis**

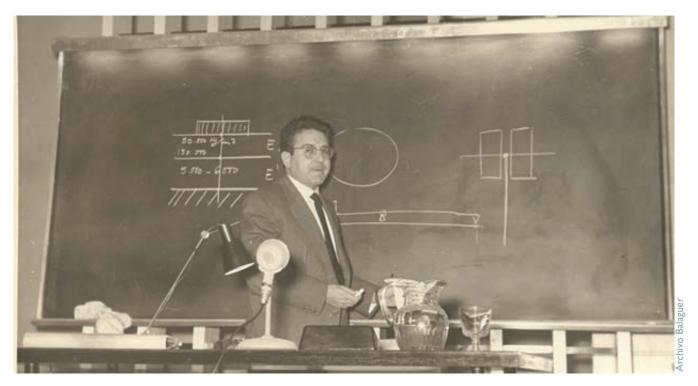


Imagen de Enrique Balaguer dando clase en la Escuela de Caminos.

La trayectoria de Enrique Balaguer Camphuis (Teruel, 1925) parecía abocada desde niño a la enseñanza. Creció en Teruel y en Castellón rodeado de libros en un ambiente intelectual fomentado por sus padres, profesores de la Escuela Normal que le inculcaron la importancia de la educación, destacando, en la posguerra, como bachiller modélico por su inteligencia y memoria fotográfica, y siguiendo la estela familiar, como precoz profesor particular. Al afrontar la elección de carrera, optó por la ingeniería de Caminos, Canales y Puertos. ¿Las razones? "Era -evoca- una carrera de moda, atractiva, salías al campo, a ver exteriores, como decían los ingenieros que conocí en el club náutico de Castellón...". Pesaron también otros factores, como su habilidad matemática y el único antecedente familiar, su abuelo materno, un ingeniero militar holandés nacionalizado británico - "el típico ingeniero de finales del XIX", dice-, que trabajó en Europa y América. Esta elección marcó el camino de quien con los años sería uno de los ingenieros españoles contemporáneos más destacados, como reconoció el Premio Nacional de Ingeniería Civil, pero no cerró las puertas a la enseñanza, actividad que desarrolló en paralelo.

En 1943 llegó a Madrid para preparar su ingreso en la Escuela de Caminos, compatibilizando estos estudios con clases particulares de asignaturas de ciencias. Tras aprobar en dos años "con suerte" –afirma— el duro examen de

ingreso, inició la carrera, y a partir del cuarto curso comenzó a destacar, ganándose el apodo de "cerebro", sobre todo a raíz de dos intervenciones brillantes en el aula, una de ellas en su asignatura favorita, Caminos y Aeropuertos, impartida por José Luis Escario, dejando ya entrever su atracción por las infraestructuras del transporte. Se licenció en 1950 con el título de funcionario del Cuerpo de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

## Especialización en carreteras

Su primer destino en la Administración fue el Servicio de Estudios y Obras Nuevas de Renfe, donde ejerció como ingeniero durante casi una década realizando proyectos de obra en Madrid (estaciones de Atocha y Príncipe Pío) y en las líneas de Valencia a Madrid por Cuenca y Puente Genil-Linares. En esta etapa contrajo matrimonio con María Dolores Ferrer, futura madre de sus cuatro hijos y su compañera hasta hoy.

A partir de 1959, su trayectoria se apartó del ferrocarril y se orientó hacia la carretera. El giro hacia esa especialización tiene su origen en el profesor Escario, en aquellos momenos director del Laboratorio del Transporte y Mecánica del Suelo, que ofreció a su antiguo alumno dirigir la División de Pavimentos, una de las tres en que se organizó este centro de investigación pionero



Obras y tratados específicos sobre carreteras de Balaguer.

en el desarrollo técnico de las obras públicas y radicado en la Escuela de Caminos. Al poco tiempo pasó a depender del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX), creado dos años antes y adscrito como organismo de apoyo al Ministerio de Obras Públicas. En esta época, marcada por el despegue de la actividad en las carreteras, colaboró estrechamente junto al profesor José Antonio Jiménez Salas y Ventura Escario- con la Dirección General de Carreteras y Caminos Vecinales en los estudios, inventarios y análisis de campo de los grandes planes de carreteras de los años 60 (fase final del Plan de Modernización de 1950, Plan General 1961-1976, actuaciones cuatrienales de los Planes de Estabilización), además de contribuir al desarrollo de la normativa técnica y de ensayos.

>> Insigne caminero de 92 años, clarividente y dueño de una memoria portentosa que le dibuja en el rostro sonrisas de complacencia al rememorar cómo eran las carreteras españolas hace 35 años y compararlas con la actual red de gran capacidad.

En esos ocho años en el Laboratorio del Transporte y Mecánica del Suelo, que compaginó con su faceta como profesor en la Escuela de Caminos, dirigió la investigación sobre nuevos materiales y firmes, campo en pleno desarrollo a la luz de los nuevos conocimientos y tecnologías en proyecto, construcción y conservación de carreteras introducidos en España por técnicos de la Dirección General y del Laboratorio, así como de empresas públicas y privadas, que ayudaron a configurar a este centro como una referencia en este ámbito. Entre las investigaciones realizadas destacan la introducción



Balaguer, junto al ministro Javier Sáenz de Cosculluela, en la inauguración de un tramo de autovía.

de nuevos ensayos, técnicas y materiales (emulsiones y riegos asfálticos, mezclas bituminosas, técnicas en frío, hormigones...), la co-dirección en 1961 del tramo de ensayo en la carretera N-II para comparar el comportamiento de firmes (primer intento de estudiar sistemáticamente, bajo tráfico real, los firmes en España), el estudio de canteras y áridos, los estudios y recomendaciones sobre pavimentos o los análisis para solucionar el problema de las roderas. Las conclusiones de estas investigaciones y su posterior implantación contribuyeron a modernizar los pavimentos de las vías españolas en las décadas siguientes.

## Dirección General y Escuela de Caminos

Desde 1967, tras su designación como jefe de la División de Materiales de la Dirección General de Carreteras y Caminos Vecinales, la labor de Balaguer se centró en las fases de diseño y ejecución. Su nuevo destino estuvo marcado por el desarrollo del Plan de Mejora de la Red de Itinerarios Asfálticos (Redia) y el Programa de Autopistas Nacionales de España (PANE), las dos grandes iniciativas aprobadas en la se-

### **Enrique Balaquer Camphuis**



Mapa con el programa de autovías del Plan de 1984. Los trazados azules y verdes identifican las autovías a construir.

gunda mitad de los años 60 para modernizar la red viaria. Su principal cometido fue ampliar el desarrollo de los Servicios Regionales de Materiales –destinados al estudio de materiales de construcción y conservación—, que supuso la agrupación de los servicios provinciales (oficinas de proyectos, servicios de construcción y de materiales, etc.) en servicios regionales para dar una respuesta coordinada al gran número de obras en marcha. Un hito en este proceso fue la puesta en marcha de los Laboratorios Regionales de Control de Calidad, destinados al ensayo de materiales y organizados en tres secciones (suelos, mezclas bituminosas y hormigones hidráulicos), que introdujeron novedosos controles de calidad de los elementos que se estaban utilizando. Toda esta actividad la compatibilizó, a partir de 1968, con la cátedra de Caminos en la Escuela y con la presencia en diversos comités técnicos internacionales.

Sus aportaciones a la modernización técnica de la red se extendieron, en su siguiente etapa en la Dirección General (1971-1976), a la actualización de la normativa técnica de carreteras, llevada a cabo desde la nueva Subdirección General de Normas Técnicas y Prospecciones, que Balaguer dirigió. Colaboró con destacados profesionales e ingenieros (Carlos Kraemer, Juan Antonio Fernández del Campo, Luis Valero, Gonzalo Navacerrada...) en la publicación de normas técnicas en las que recogían tanto la experiencia acumulada en obras de carreteras como el desarrollo técnico experimentado. Destaca el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes de 1976 (PG-3), documento de obligado cumplimiento para la redacción de proyectos, en el que se relaciona un conjunto de instrucciones en distintos ámbitos (materiales, explanaciones, drenaje, firmes, estructuras, señaliza-



Señal informativa de acceso a una autovía.

ción...) para la ejecución de obras viarias, concretando las especificaciones técnicas normalizadas sobre materiales y unidades de obra. El PG-3 mantiene su vigencia hasta hoy, aunque su articulado ha sido profundamente modificado. A esta etapa pertenece la mayor parte de sus publicaciones sobre firmes y trazados.

A finales de 1975, tras ser elegido en votación director de la Escuela de Caminos, tuvo que optar entre seguir en la Administración o asumir la nueva responsabilidad universitaria, cargos de difícil compatibilidad. Tras muchas dudas, aceptó el reto y pasó a ser el segundo director de la Escuela en la nueva época de la Ciudad Universitaria de Madrid, compartiendo la responsabilidad con los subdirectores (Pedro Suárez Bores y Manuel Elices). Dirigió la Escuela en la transición, contribuyendo a normalizar la agitada situación universitaria. En esta etapa también fue designado para dirigir el Colegio de Ingenieros y contribuyó a crear la Fundación Agustín de Betancourt, destinada a fomentar la investigación en la Escuela y facilitar la colaboración con empresas de ingeniería civil.

#### Plan General de Carreteras

Reclamado por su experiencia y prestigio en el mundo de la carretera, Balaguer regresó en septiembre de 1981, tras el paréntesis universitario, al rebautizado Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo como Director General de Carreteras, cargo que ejerció durante

casi toda una década y que cerraría su carrera ministerial. Por aquel tiempo ya era presidente del Colegio Nacional de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (1980-1988), cargo a los que sumaría los de director de la Delegación del Gobierno en las Concesionarias de Autopistas y, dos años después, el de presidente de la Asociación Mundial de la Carretera (1984-1992). En sus siete años y medio al frente de la Dirección General compaginó con éxito todos estos cargos, combinando una elevada capacidad de trabajo con la habilidad de liderar equipos.

Cientos de antiguos estudiantes de ingeniería le recuerdan hoy por su faceta docente, a la que dedicó más de 40 años. Calificado por sus alumnos como profesor sencillo y deslumbrante, reconoce Balaguer su interés desde muy joven por una actividad, la enseñanza, que "siempre me gustó, me tiraba mucho".≪

Confirmado en su puesto tras las elecciones de 1982, su primera misión fue organizar la transferencia de las competencias sobre carreteras a las comunidades autónomas. Al inicio del proceso, la red estatal estaba formada por casi 80.000 kilómetros de carreteras y 2.000 de autopistas, además de 68.000 más de la red provincial, 75.000 de los ayuntamientos y 93.000 de otras redes. Balaguer fue el principal interlocutor técnico de la Administración central en ese proceso y fue quien concertó con los consejeros autonómicos la nueva distribución viaria en función de los criterios establecidos para definir la red de titularidad estatal (las carreteras integradas en itinerarios de interés del Estado) y la red a transferir (aquellas que se desarrollan íntegramente dentro de la Comunidad Autónoma). El proceso de traspaso de competencias fue concluido en Cataluña y País Vasco antes de 1982, se completó en Galicia en 1982 y en el resto de comunidades entre 1983 y 1984, y a su término la Red Estatal de Interés General se había reducido a 20.000 kilómetros. Esta misión requirió mucho sentido común y buenas dotes de negociación, pues afectaba tanto a la red como al personal, que en ocasiones fue también transferido a las administraciones autonómicas.

En paralelo a este proceso, Balaguer y su equipo trabajaban desde los primeros años en un plan con el que el nuevo Gobierno quería dar un impulso histó-



Balaguer y el ministro Sáenz de Cosculluela inspeccionan muestras de mezclas asfálticas.

rico en la modernización de las carreteras: el objetivo era construir una nueva red de gran capacidad para mejorar las comunicaciones. La solución técnica concebida por Balaguer y su equipo para configurar esa red fueron las autovías de primera generación, vías de doble calzada construidas utilizando el método de duplicación de carreteras de calzada única, más económicas y de construcción más rápida que las autopistas, y que encajaban en el plan austero y urgente que se quería desarrollar. En total, se proyectó la construcción de 3.250 kilómetros de este tipo de autovías, que conformaron el programa estrella del Plan General de Carreteras 1984-1993, primer gran instrumento de planificación viaria en la historia reciente española. Fue articulado en objetivos como la mejora de la movilidad y la seguridad, un mayor equilibrio territorial y social y la gestión de la red con criterios económicos, aprovechando lo existente. El Plan Ileva el sello del director general de Carreteras en todas sus fases (concepto, dirección, desarrollo y ejecución), hasta el punto de ser conocido por muchos como Plan Balaguer.

El Plan General de Carreteras, con una dotación inicial de 800.000 millones de pesetas, elevada a su término, tras la mejora de la economía, a 2,5 billones, arrancó en 1986 y se prolongó hasta 1993, agotando ya el mandato de Balaguer, que dirigió su ejecución hasta 1989. El modelo de duplicación de calzadas para las autovías, aplicado a los itinerarios radiales, se sustituyó en 1988 por un modelo de nuevos trazados de dos calzadas, con control de accesos, variantes en todas las poblaciones, supresión de cruces y pasos a distinto nivel, más próximo al diseño de las autopistas y que es el que hoy



Los últimos seis directores de la Escuela de Caminos, en una entrega de premios. De izquierda a derecha, Francisco Martín Carrasco, Vicente Sánchez Gálvez, Enrique Balaguer, Edelmiro Rúa, José Antonio Torroja

conocemos. Al término del Plan se habían construido 3.400 kilómetros de autovías, hito que marcó el despegue de la red de gran capacidad española, formada hoy en día por 17.000 kilómetros de autovías y autopistas (estatales y autonómicas) y que se encuentra entre las de mayor calidad y longitud de Europa.

Aunque las autovías de primera generación tienen sus detractores por entender que son mejorables, la solución implementada por Balaguer fue la única viable en ese momento para dar el nivel de servicio exigido por la demanda real (los fondos comunitarios que permitieron el gran desarrollo posterior de la red llegarían pocos años después), teniendo en cuenta las limitaciones presupuestarias y la situación patrimonial de una red que apenas había contado con inversión en los años previos. Echando la vista atrás, Balaguer, considerado por muchos como el precursor de la transformación de la España de los dos carriles en la España de las calzadas separadas, se muestra hoy "completamente tranquilo y satisfecho" por su contribución a la puesta en marcha de las primeras autovías en España, base de un nuevo modelo viario, luego continuado con éxito, que ha transformado el modo de viajar por carretera en nuestro país.

## Regreso a la Escuela y consultoría

En 1989, tras casi tres décadas dedicadas a la carretera en el sector público, regresó a la Escuela de Caminos para ejercer como catedrático en su último año antes de la jubilación y más tarde como profesor emérito. También retomó la actividad como consultor. En 1993

#### **EL PROFESOR BALAGUER**

La figura de Enrique Balaguer se asocia casi instantáneamente a su paso por la Dirección General de Carreteras, pero cientos de estudiantes le recuerdan sobre todo por su faceta en la enseñanza, a la que dedicó más de 40 años. No faltan quienes creen que esta faceta es la más brillante en la trayectoria de Balaguer, "profesor sencillo y a la vez deslumbrante", según José Luis Elvira, exdirector técnico de Carreteras, que ha dejado una huella imborrable en varias promociones de ingenieros de Caminos.

Educado en Teruel y Castellón junto a sus hermanos Rafael y Manuel en un ambiente intelectual, superó el bachiller de forma brillante, destacando en matemáticas, física y latín, y fue premio extraordinario en el examen de Estado. Su interés por la enseñanza fue precoz –"siempre me gustó, me tiraba mucho" recuerda– y a los 18 años impartió sus primeras lecciones particulares a aspirantes a la Academia del Aire. A partir de los 19 años, compaginó sus estudios de ingreso en la Escuela de Caminos, y después la propia carrera, con las clases que impartía de bachiller y asignaturas de ingeniería. Esta actividad fue el germen de la Academia Díaz-Balaguer, fundada junto a Benito Díaz al licenciarse en 1950 para preparar el ingreso de alumnos en la Escuela, en la que impartió matemáticas durante una década.

En 1960 inició la docencia universitaria en la Escuela de Caminos como profesor de Estadística Matemática (1960-1964) y luego de Caminos y Aeropuertos (1964-1968), compaginadas con su actividad como profesor en la Escuela de Peritos de Obras Públicas (1960-1966). En 1968, tras ganar la oposición, fue nombrado catedrático de Caminos y Aeropuertos, desde donde impartió su magisterio a cientos de futuros ingenieros de Caminos durante más de dos décadas, ganándose el reconocimiento unánime "por su capacidad para transmitir conocimiento y facilitar la comprensión de los temas más complejos", según Roberto Alberola, ex-presidente de la Asociación Técnica de Carreteras. A su jubilación, en 1989, fue nombrado profesor emérito de la Universidad Politécnica de Madrid.

impulsó la creación y luego presidió el Instituto Técnico de la Vialidad (Intevia) en el Grupo Elsamex, centro para el estudio de las carreteras con vertientes en investigación y formación. Su asesoramiento fue reclamado por varias administraciones públicas, entre ellas la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento –a la que orientó tanto en temas de organización y gestión de carreteras como en el nuevo modelo de conservación integral de la red-, la Generalitat de Catalunya y la Diputación Foral de Bizkaia.

A pesar de mantener un elevado ritmo de trabajo, sus ratos de ocio se han ido ampliando desde el final de esta década y ha dedicado más tiempo a sus aficiones, entre las que se hallan la lectura, la música, el cine y los viajes a Benicàssim, y a la familia, en la que uno de sus cuatro hijos ha seguido sus pasos como ingeniero.

## LA DIMENSIÓN INTERNACIONAL

Balaguer ha tenido una relevante dimensión internacional en la Asociación Mundial de la Carretera (PIARC), foro supranacional que reúne a las administraciones de carreteras de 121 gobiernos para compartir conocimientos sobre infraestructuras viarias. En sus más de 30 años de participación en la asociación (1960-1992), tanto desde los comités técnicos (materiales, firmes, seguridad vial, trazados...) como en los congresos mundiales, a los que presentó valiosas comunicaciones, y más adelante desde los órganos de gestión, contribuyó a la modernización de las carreteras de los países miembros y a la expansión del organismo.

Particularmente relevante fue su etapa como presidente de la PIARC (1985-1992), que coincidió en el tiempo con la parte final de su cargo como director general de Carreteras. En ella sentó las bases de una nueva etapa en la asociación. Entre sus logros se encuentra el impulso a la redacción del documento precursor del primer Plan Estratégico de la Asociación, que fue aprobado en 1995 y cuyo modelo continúa hoy vigente. También promovió la renovación de su actividad interna, sustituyendo estructuras de dirección anticuadas e implantando el actual Consejo, recomendando a los presidentes no renovar el mandato al agotar su legislatura y preparando a la asociación para la primera presidencia no europea. Su presidencia se caracterizó por ser también un periodo de expansión, plasmada en su compromiso con los países en vías de desarrollo, en la reincorporación de numerosos países americanos, entre ellos Estados Unidos en 1989, y en el impulso a la constitución de grupos regionales de carreteras, como el Consejo de Directores de Carreteras de Iberia e Iberoamérica (DIRCAIBEA), mecanismo creado en 1995 por iniciativa de la Dirección Géneral de Carreteras española y que aún hoy está vigente, permitiendo intercambiar conocimientos y tecnología en materia vial entre los países de lengua española y portuguesa. En reconocimiento a su trayectoria en la asociación, en 1997 fue nombrado presidente de honor de la PIARC.

Con el nuevo siglo, mantuvo la labor de consultor y puso su sabiduría y presencia al servicio de iniciativas ligadas a la carretera: desde la difusión editorial -coordinó la obra Un siglo de caminos en España (2007) y participó en la redacción de La calidad en las obras públicas y la edificación (2013), además de escribir en revistas especializadas- hasta la colaboración en jornadas y premios de entidades a las que ha estado ligado, como el Colegio de Ingenieros, la Fundación Agustín de Betancourt o la Asociación Técnica de Carreteras.

El reconocimiento a su figura del mundo de la carretera y la ingeniería se inició en este siglo con el Premio Nacional de Ingeniería Civil del Ministerio de Fomento de 2003, concedido en atención a "su brillante trayectoria profesional, especialmente vinculada al mundo de la carretera, en la que destaca su dilatada carrera docente, así como el relevante impulso dado a la modernización de la red nacional de carreteras", y se ha extendido a otros premios en la década actual que son testimonio de gratitud social hacia uno de los grandes



Enrique Balaguer, junto a antiguos responsables de la Asociación Mundial de la Carretera.

de la ingeniería, insigne caminero de 92 años, clarividente y dueño de una memoria portentosa al que se le dibujan en el rostro sonrisas de complacencia al rememorar cómo eran las carreteras españolas hace 35 años y compararlas con la actual red de gran capacidad, una transformación radical a la que ha contribuido de forma decisiva.

Balaguer ha contribuido de forma decisiva a la transformación radical de las carreteras españolas.



## »Premio Nacional de Honor de Ingeniería Civil 2003«

Este madrileño, nacido el 18 de noviembre de 1933 y fallecido en el año 2000, recibió el Premio Nacional de Ingeniería Civil del año 2003, a propuesta del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX), como "premio de honor a título póstumo", valorando el Jurado el mérito de toda una vida profesional como maestro de ingenieros, su dedicación a la docencia y su relevancia en el sector de los prefabricados.

# José Antonio Fernández Ordóñez

El ingeniero de la emoción

Luis Solera Selvi

#### José Antonio Fernández Ordóñez



Viñeta in memoriam de Peridis para El País el 04.01.2000 Tendedor de puentes entre orillas físicas y espirituales.

José Antonio Fernández Ordóñez -o JAFO, como se le conocía cariñosamente mediante el acrónimo que forman sus iniciales y por el que es nombrado y citado en innumerables ocasiones, hasta en el título de un libro dedicado a su persona- obtiene su titulación de ingeniero en la Escuela de Caminos de Madrid en el año 1959, consiguiendo el grado de doctor en 1967. Su labor docente en la propia Escuela empieza en 1960 como adjunto de Santiago Castro Cardús, impartiendo la asignatura de Estilos Artísticos. En 1973, tras la jubilación de Castro, se hace con la asignatura de Historia y Estética de la Ingeniería y en 1981 gana por oposición la cátedra de esta materia, área que cuadra perfectamente con su peculiar interés transversal, conjugando la parte eminentemente técnica con la visión artística y crítica de cualquier estructura construida cuidadosamente e inserta en el paisaje. De la influencia y huella de viejos colegas como Celestino Espinosa o Lucio del Valle, así como de otros más actuales como Tomás García-Diego Huerga o Fernando Sáenz Ridruejo, hereda su gran interés por la historia de la obra civil española, que intentará catalogar, especialmente la relativa a puentes, presas y canales.

Muy pronto se incorpora a la empresa Pacadar, fundada en 1944 por su padre, el ingeniero Francisco Fernández Conde, que tenía la exclusiva para España de varias patentes de Freyssinet mediante las que desarrolló diferentes tipos de vigas pretensadas, frecuentemente utilizadas en los pasos elevados que empezaban a menudear por carreteras y travesías peninsulares. En la empresa familiar desarrollará complejos tipos de vigas y apoyos que en proyectos futuros y personales serán



En 1971 visita el taller de Chillida para supervisar el hormigón de una de las esculturas de la serie "Lugar de encuentros".

su seña de identidad. Si bien es cierto que su obra emblemática pudiera ser el puente de Martorell sobre el río Llobregat, en colaboración con su excelente compañero Julio Martínez Calzón, no es difícil adivinar su huella en múltiples obras pontoneras de todo el país. Sus líneas puras, sencillas, los variables sistemas de apoyos, ya sean en palizadas o pilas de alzado triangular o delta, la blancura de sus hormigones y, sobre todo, los tableros o cubrimientos de acero corten, que ofrecen siempre una especie de in vetus tempore con su gama cromática de ocres, son peculiaridades de JAFO. Otro aspecto diferenciador muy recurrente en este ingeniero es el modo personal con que viste las cubiertas de sus puentes y pasos elevados, aparentemente con

> >>> La ingeniería no es cuestión solo de ciencia, sino también de carácter, finura de percepción, entusiasmo y pureza de emoción. «

sencillos petos o barandillas de acero donde la recta vertical y sucesiva de los barrotes es predominante, aunque a veces juega con centros circulares y arcos en expansión, como se puede observar en el puente de Felipe Yubara sobre la autovía A-2 en Madrid, y que parten de la influencia en rejería de los diseños de Eusebio Sempere, puestos en práctica en el paradigmático paso elevado sobre el paseo de la Castellana.

Otro aspecto muy destacable de este ingeniero es su fijación por el puro arte conceptual y expresivo, que



Puente de Juan Bravo. Madrid, construido en 1968



Pont del Diable en Martorell sobre el río Llobregat que termina en 1974.

pone de manifiesto en muchas de sus obras y que es reflejo del mundo artístico en el que se mueve, donde es frecuente el diálogo con un elenco de pintores, grabadores, escultores y otros profesionales de las bellas artes, como Eduardo Chillida, Eusebio Sempere, Lucio Muñoz, Andreu Alfaro o Antonio López. Sus interesantes colaboraciones con el arquitecto Fernando Higueras Díaz puede que introduzcan nuevas ideas y conceptos en su manera de proyectar, siempre teniendo presente el arte, bien conceptual, constructivista o informal aunque dotado de una riqueza expresiva y creadora indudable.

## Obras más significativas

Probablemente su primera intervención destacada sea la de la casa del artista Lucio Muñoz Martínez, construida entre los años 1968 y 1971 en el pueblo madrileño de Torrelodones, donde colabora con el arquitecto Fernando Higueras Díaz. La huella geométrica del entramado de vigas del tipo Pacadar y sus im-



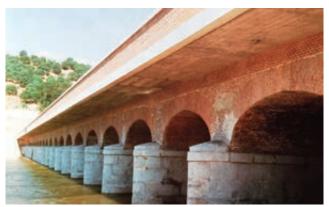
Termina en 1983 el puente del Milenario en Tortosa sobre el río Ebro.

pactantes tejadillos volados son evidentes en una amplia vivienda muy exigente que se diseña también como taller de trabajo de dos artistas, el propio Muñoz y su compañera pintora Amalia Avia. Es su primera inmersión en el mundo del arte, donde se introduce con su amplio bagaje ingenieril y toma contacto con la pintura y el grabado.

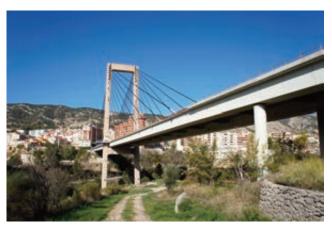
Pero su primer proyecto auténticamente impactante es el conocido popularmente como puente del paseo de la Castellana, en Madrid, que en realidad es un paso elevado que conecta las calles de Eduardo Dato con Juan Bravo, salvando la vaguada del propio paseo de la Castellana. Proyectado en el año 1968, se realizó entre 1969 y 1970, siendo los responsables del proyecto básico y constructivo así como de la dirección de obra el propio JAFO y Julio Martínez Calzón con Alberto Corral López-Dóriga. El paso tiene una longitud total de 320 metros con un interesante acabado en la cabecera de la calle de Serrano a base de escalinatas y ajardinamientos. Es una estructura de tipo mixto de vanos múltiples, con una tipología muy novedosa en aquella época por la característica propia del pretensado en la losa del tablero y la incorporación de materiales inéditos como el acero corten autopatinable y resistente a la corrosión. Por otro lado, la elección del hormigón blanco de alta resistencia le da un aspecto estético y cálido.

La simbiosis de un tratamiento ingenieril formal con elementos clásicos, como son los fustes de las pilas, y una fusión terminal con el puro arte que representan las esculturas que envuelven esta obra hace que el conjunto, muy novedoso así como bello, armonioso y atractivo, haga que el viandante visualice todo y se concentre, aunque sea unos instantes, en esta exhibición de arte callejero que rompe cualquier rutina de un ciu-

#### José Antonio Fernández Ordóñez



En 1984 se termina la rehabilitación del puente histórico de Aldea del Fresno sobre el río Alberche junto a JulioMartínez Calzón y Alfredo Granados.



Puente de Fernando Reig sobre el río Barxell en la ciudad de Alcoy inaugurado en 1987 en una instantánea actual.

dadano propenso a la abstracción o introspección cuando circula, generalmente con prisas, por cualquier vía urbana de una gran metrópoli.

Se inauguró en 1971 y alberga un excelente museo de escultura abstracta al aire libre, cuyo diseño también ejecutaron los anteriores con la colaboración del escultor Eusebio Sempere, culminándose la colección con la incorporación de la escultura en hormigón "Lugar de encuentros III", conocida pupularmente como la Sirena Varada, en 1978, obra de Eduardo Chillida. Resulta evidente que la propuesta de crear el propio Museo de Escultura de Arte Abstracto y su relación profesional con los artistas involucrados acentuó el interés de JAFO por el arte y una cultura plena, que debería entregarse para su exhibición sin ninguna cortapisa a la sociedad civil.

Es preciso destacar, con respecto a esta obra, que dentro de las trabas municipales, surgió la idea de incorporar al proyecto común un añadido del "encaje paisajístico" de la estructura en su área de influencia visual. El dictamen estético lo elaboró el ingeniero Ángel del Campo Francés, que fue favorable al proyecto original, siendo probablemente el primer estudio ambiental de este tipo que se realizaba en España. Debe señalarse que desde el año 1970 será una constante su colaboración con Martínez Calzón, pues ambos fundan en ese año un estudio de ingeniería dedicado a obras singulares, especialmente puentes.

Otra de sus obras más interesantes es el conocido como pont Nou del Diable o puente de Martorell sobre el río Llobregat, cuyo proyecto ganó el concurso público en 1970 y que fue construido entre los años 1973 y 1974. Es un puente pórtico mixto con pilas estructurales en hormigón blanco muy vistoso. Dispone de tres vanos separados por dos grandes pilas o células de apoyo en forma de delta invertida con atractivos alveolos u óculos. Su proceso constructivo fue de carácter tradicional, con encofrados de madera para las pilas y voladizos sucesivos del dovelaje, completándose el cierre en clave del tablero y formando ese subconjunto metálico tan característico en las obras del tándem JAFO-JMC (José Antonio Fernández Ordoñez y Julio Martínez Calzón). Su huella escultórica queda reflejada en los volúmenes delta que nos recuerdan algunas obras de Jean Arp o Henry Moore, al tiempo que se comunica orgánicamente con el mítico puente del Diablo y su asombroso arco apuntado central. Se dice en los círculos íntimos de JAFO que es la obra más querida de su autor.

>>> Académico de número de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, el propio JAFO afirmó que le gustaría ser recordado siempre, sencillamente, por las cubiertas del Museo del Prado«

Se pueden destacar también otras significativas obras, siempre en colaboración con Martínez Calzón, como son las estructuras levantadas en la autovía A-2, especialmente los pasos gemelos curvos a la altura de San Fernando de Henares o los pasos elevados de las calles de Felipe Yubara y Torrelaguna, en los primeros kilómetros de esta vía rápida. También marcó un hito especial la construcción, en 1978, del puente del Milenario sobre el río Ebro, en la ciudad de Tortosa. De cara a la Exposición Universal de Sevilla de 1992, JAFO dejó su huella construyendo el icónico puente



En 1986 junto a la construcción del puente IV Centenario sobre el río Guadalquivir en la ciudad de Sevilla.

del IV Centenario sobre el río Guadalquivir, y en Córdoba levantó sobre el mismo río, en 1993, el precioso puente del Arenal.

Durante un tiempo y debido a su creciente interés por el respeto, cuidado y conservación de las estructuras históricas que deberían mantenerse en la memoria colectiva ingenieril, entra en un ámbito conservacionista y diseña proyectos como la readaptación del viejo puente de Algete sobre el río Jarama, obra que dirigió en 1982 y donde también colaboró su socio Martínez Calzón, así como Alfredo Granados. También actuó para la rehabilitación y puesta en valor del histórico puente de Aldea del Fresno sobre el río Alberche, además de otras intervenciones en puentes de origen romano, califales o clasicistas.

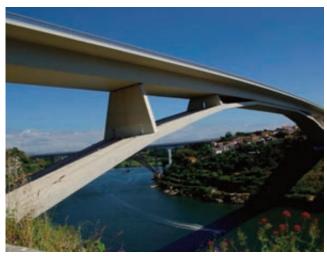
Significativa fue su intervención para salvar de las aguas del pantano de Alcántara el vetusto puente de Guijo de Granadilla, que se erigía sobre el cauce del río Ala-



Entre los años 1996 y 1999 se realiza la pasarela de Abandoibarra en Bilbao.

gón, proyecto que llevó a cabo en el año 1981 el prestigioso estudio de arquitectura que componían Jerónimo Junquera y Estanislao Pérez-Pita, terminándose su traslado en 1984. La presencia providencial de JAFO en la presa que se estaba construyendo obedece a sus clásicas excursiones anuales con sus alumnos de Historia y Estética de la Ingeniería, donde se impartían clases prácticas de la asignatura, y al interesarse por el futuro del antiguo puente y recibir como respuesta de los técnicos que quedaría bajo las aguas del pantano, decidió promover su rescate, lo que se logró en un tiempo récord, mientras que las aguas embalsadas iban subiendo de cota y anegaban ya hasta el nuevo emplazamiento de la obra.

Otra actuación de gran interés que lleva a cabo es el puente atirantado sobre el río Barxell, en la ciudad alicantina de Alcoy, bautizado como puente de Fernando Reig en reconocimiento al ingeniero de caminos y alcalde de esta localidad. Se terminó en el año 1987 y gozó en su día de fama y reconocimiento, pues se le considera la primera obra mundial por dimensión de luz para el tipo de puente atirantado con tablero prefabricado. También obtiene el premio Construmat de 1987 a la mejor obra de ingeniería civil. Está ubicado en la salida hacia la N-340 dirección Alicante y soporta una fuerte presión de tráfico de vehículos pesados. Probablemente, junto al viaducto de San Jorge, representa la mejor y más glamurosa imagen pontonera de la ciudad de Alcoy. Encabezaron el proyecto José Antonio Fernández Ordóñez y Julio Martínez Calzón, y también formaron parte del equipo Manuel Burón Maestro, Francisco Millanes Mato, Ángel Ortiz Bonet y Javier Marco Ventura.



En el año 1998 gana el concurso del Puente del Infante Don Enrique, último proyecto de JAFO, que fue inaugurado en 2003.

## **PUBLICACIONES Destacadas**

Eugène Freyssinet, 1979.

Eduardo Torroja, ingeniero, en colaboración con José Ramón Navarro Vera y Patrick Maher, 1999.

Tres puentes, tres ciudades, 1995.

Catálogo de 30 canales españoles anteriores a 1900, con la colaboración de Rosario Martínez Vázquez de Parga,

Catálogo de los puentes de León anteriores a 1936, en colaboración con Tomás Abad Balboa y Pilar Chías Navarro, 1988.

En obras colectivas destacan sus trabajos sobre el pensamiento estético de los ingenieros, la relaciones entre ingeniería y paisajismo, el agua y los asentamientos humanos, o la CEHOPU y la necesidad de los estudios históricos de las obras públicas, entre otros.

José Antonio Fernández Ordoñez escribió multitud de artículos técnicos y culturales para las revistas ROP, DYNA, Guadalimar, Revista de Economía, Arbor, El Ciervo, Arteguía o Revista de Occidente, y participó en numerosos congresos y seminarios. Estos textos han sido editados por José Ramón Navarro Vera en el libro Eduardo Torroja, ingeniero.

En colaboraciones internacionales, destacó su intervención como experto en los estudios de rehabilitación del pont du Gard en Francia. También figuró como comisario en la famosa exposición "El arte del ingeniero" en el Centro Pompidou de París.

La pasarela de Pedro Arrupe en Bilbao sobre el río Nervión es un proyecto sobre el que trabajó desde 1995, pero que no pudo terminar por su fallecimiento. Cercana al Museo Guggenheim y Abandoibarra, da servicio a la Universidad de Deusto. Se trata de un diseño

## **PUBLICACIONES** Sobre Fernández Ordóñez

JAFO: Homenaje a José Antonio Fernández Ordóñez (2001), de José María Aguirre González y otros, CICCP.

Pensar la Ingeniería. Antología de textos de José Antonio Fernández Ordóñez (José Ramón Navarro Vera, ed., 2009, CICCP).

La tesina titulada Relación entre la obra de José Antonio Fernández Ordóñez y Eduardo Chillida Juantegui, de Guillem Collell Mundet (2005).

espectacular, muy singular, con seis entradas en cabeceras, en vez de las dos habituales, construida a base de láminas plegadas que forman la chapa de acero inoxidable y donde predominan las formas geométricas sencillas y racionales. Se utilizó acero inoxidable del tipo dúplex y madera de lapacho recordando el casco y cubierta de un barco. Siguiendo escrupulosamente el diseño, fue terminada por su hijo, el arquitecto Lorenzo Fernández Ordóñez, encolaboración de Francisco Millanes, e inaugurada en el año 2004. Consiguió el Premio Bilbao-Ría 2000 que se otorgó en el año 1995.

Su último proyecto, que tampoco vería terminado, data de 1997. Es el puente Infante Don Henrique sobre el río Duero, en la ciudad de Oporto, donde colabora con Antonio Adao da Fonseca, Francisco Millanes Mato, Alberto Díaz y Alexandre Burmester. Se trataba de un proyecto ambicioso mezclando los aspectos constructivos con los estéticos. Es un puente con un gran arco abatido del tipo Maillart, muy esbelto, sobre el que apoya un tablero rígido que acentúa la geometría de la obra, otorga limpieza a las líneas y en cierto modo, se esconde o mimetiza para no competir con los otros grandes e históricos puentes de la ciudad. Obtuvo el premio Metro do Porto del año 1997.

Cabe destacar la incursión de JAFO en el área del urbanismo y preservación del medio ambiente, en la que se le reconocen proyectos en colaboración, entre los que destaca el diseño para la Avenida de la Ilustración en la ciudad de Madrid, trabajando con Jerónimo Junquera y Estanislao Pérez-Pita, o el de la localidad cacereña de Moraleja, presentando un proyecto junto a José Ramón Navarro Vera mediante el cual se pretendía recuperar la zona deprimida donde está ubicado un puente histórico sobre el cauce de la Rivera de Gata. Debido a su fallecimiento, serán también Francisco Millanes y Lorenzo Fernández-Ordóñez quienes finalicen ese Plan Especial en 2007.

## RECONOCIMIENTOS

- 1959 Segundo premio del Concurso Nacional de Arquitectura, en colaboración con el arquitecto Fernando Higueras, por un teatro infantil al aire libre.
- 1968 Premio Nacional de Arquitectura con Higueras y Miró por la Casa de Lucio Muñoz en Torrelodones-Madrid.
- 1974 y 1979 Presidencia del Colegio Nacional de Ingenieros de Caminos.
- 1979 Prix Europèen de Musée de l'anèe del European Museum Trust por el proyecto y construcción del Museo de Escultura Abstracta del paseo de la Castellana, en colaboración con Julio Martínez Calzón y Eusebio Sempere.
- 1980 Colegiado de Honor del Colegio Nacional de Ingenieros de Caminos.
- 1981 Catedrático de Historia y estética de la ingeniería en la Escuela de Caminos de Madrid, dedicándose a una docencia transversal, en la que además de cálculos complejos y economía de medios se propone impregnar la profesión con un carácter humanista, cultural e histórico, donde se preste atención al patrimonio de la obra civil, hasta entonces invisible o ausente salvo por las doctas alertas al respecto de algunos colegas como Eduardo Saavedra o Pedro Celestino Espinosa y, muy especialmente, Carlos Fernández Casado. En este sentido, es impresionante su intento de catalogar toda la pontonería española en estudios de gran detalle y consistencia, obra que aún tiene pendiente la profesión y los estudiosos de la historia de estas estructuras y que debería culminarse como manifestación de respeto a la obra civil histórica que deberemos transmitir a generaciones
- 1985 Premio Diploma Construmat por el proyecto de recuperación, conservación y readaptación del puente sobre el río Jarama en la localidad madrileña de Algete, donde también colaboró Julio Martínez Calzón y Alfredo Granados. También se le concedió este premio -que otorga la Generalitat de Catalunya-.
- 1987 Premio Diploma Construmat por el puente de Fernando Reig en la ciudad de Alcoy.

- 1988 A causa del poderoso talante conservacionista en defensa de la obra pública que desplegó JAFO y a su interés histórico y artístico sobre gran parte del patrimonio existente en la obra civil, es elegido académico de número de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando.
- 1990 Discurso de entrada en la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando desarrollando el pensamiento estético de los ingenieros.
- 1992 Medalla de Oro en el Concurso Internacional para la Exposición Universal de Sevilla.
- 1993 Es nombrado vocal del Real Patronato del Museo del Prado y, en seguida, presidente, cargo que ocupó hasta su fallecimiento el 3 de enero del año 2000. En el Prado realizó labores fundamentales de orden técnico o estructural, así como relacionadas con los fondos de la propia pinacoteca. De su proyecto renovador surgirá la ampliación del museo a cinco edificios, la catalogación y ordenación de las colecciones, así como la apertura de 27 nuevas salas en el anejo edificio del Palacio de Villanueva y la reconocida transformación que hace Rafael Moneo en el edificio central y el claustro de los Jerónimos. Es conocida la reflexión de JAFO al respecto, exclamando que le gustaría ser recordado siempre, sencillamente, por la sustitución de las cubiertas del Museo del Prado.
- 1994 Formará parte como numerario de la Real Academia de Ingeniería de España.

Ha sido reconocido como Doctor Honoris Causa por la Universidad de Extremadura y fue condecorado con la Gran Cruz de la Orden Civil de Álfonso X El Sabio.

IAFO también intervino en la creación del Centro de Estudios Históricos de Obras Públicas (CEHOPU), junto a Manuel Díaz Marta, José Mañas, Jaime Lorenzo, Ignacio González Tascón y el escritor Juan García Hortelano, entre otros. También se le reconoce su apoyo en la creación de la Fundación Juanelo Turriano, abierta en 1987 y dedicada al desarrollo y conocimiento de la historia de la ingeniería.

Como referente en el control de la calidad en la construcción y como impulsor de la prefabricación en la edificación, su figura perdurará a través de las distintas generaciones de ingenieros a las que ha formado.



# »Premio Nacional de Ingeniería Civil 2004«

"Su trayectoria profesional vinculada a las obras públicas de las infraestructuras españolas, sobre todo en relación con el transporte, las obras hidráulicas y el medio ambiente [...] poniendo de relieve los aspectos sociales, económicos, estéticos y tecnológicos de dicha actividad" le valió a Clemente Sáenz Ridruejo el Premio Nacional de Ingeniería Civil del año 2004.

# Clemente Sáenz Ridruejo

Ingeniero y geólogo, apasionado de los paisajes y sus pueblos, la historia y las letras

Clemente Sáenz Sanz y Amaya Sáenz Sanz

### Clemente Sáenz Ridruejo



Foto de promoción de 1954 (A la que pertenecían, entre otros, Manolo Grasset, Gabino Guedán, Juan Benet, Ramón del Cuvillo o Pepe Espinet).



Viaje de alumnos a Robledo con Clemente Sáenz García y su hijo Clemente en el centro con corbata (1951).

Clemente Sáenz Ridruejo nació en Soria el 3 de mayo de 1928. Su padre, Clemente Sáenz García (1897-1973), fue un destacado ingeniero, geólogo, matemático e historiador, catedrático de Geología Aplicada a las Obras Públicas desde 1930 en la Escuela de Ingenieros de Caminos de Madrid y miembro numerario de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

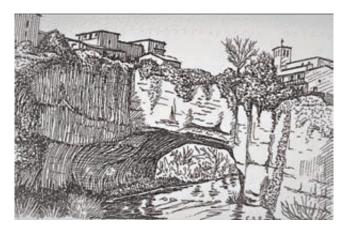
Su primera infancia transcurrió entre Soria, Reinosa y Madrid, pues su padre era ingeniero director de las obras del embalse del Ebro. Ingresó en la Escuela de Caminos, en 1949, y se graduó como ingeniero en la promoción de 1954. Cursó, además, los estudios de Ciencias Geológicas, carrera en la que se licenció en 1968. En 1967 obtuvo el título de doctor ingeniero.

Tras sus estancias como ingeniero en la Diputación de Guipúzcoa (1955) y en la Jefatura de Obras Públicas de Soria (1956), Clemente Sáenz trabajó para la Sociedad de Reconocimientos Geofísicos con Mariano Fernández-Bollo entre 1956 y 1959. Esos años los recordaría como muy formativos, pues tuvo la oportunidad de iniciarse en el mundo de la geofísica, una ciencia complementaria de la investigación geológica, naciente en ese momento, de la que Fernández-Bollo era un adelantado. Pero no solo eso, sino que los estudios geofísicos (especialmente los aplicados a presas y túneles) le llevaron a muchos lugares de aquella España en desarrollo, durmiendo en hostales o en pajares, con los aparatos a lomos de mulas hasta las cerradas más recónditas, donde además de la toma de datos había que levantar esquemas geológicos, lápiz y cuaderno en ristre. Y cómo no, inspeccionar viejos muros de casonas e iglesias o restos de fortificaciones olvidadas, recoger fósiles, o hacer espeleología, que para todo había tiempo.

Idénticamente le dejaron huella sus trabajos con José Torán, cuya maestría a menudo evocaba. Así lo hizo en su discurso de recogida del Premio Nacional de Ingeniería cuando recordaba la primera vez que le contrató aquel hombre brillante que tenía siete oficinas en Madrid (por donde circulaban de redactores jefes Carmen Martín Gaite y Rafael Sánchez Ferlosio, o de impresor principal Jaime Valle-Inclán) ":...me llevó a la tasca del Redruello, junto al Congreso, y nos dieron las cuatro de la mañana. Y así dos noches más; ¿qué hacíamos?: escribir todos los ítems posibles de geología aplicada, geofísica, geotecnia, correcciones de terrenos, etc.que puedan entrar en una obra pública". De todos aquellos momentos salió un libro-guía, que sentó las bases teóricas y que ha resultado muy útil con el tiempo.

En 1959, Clemente se incorporó como asesor en materia de geología aplicada a Auxini y posteriormente a Initec, dirigiendo el grupo de geología de estas sociedades hasta 1978. Al servicio del Estado, en 1978 fue nombrado director del Servicio Geológico de Obras Públicas, cargo que ocupó hasta 1984. Desde este año hasta 1986 fue miembro del Consejo de Obras Públicas. En representación del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, fue consejero de Hidráulica Santillana entre 1978 y 1996, miembro de la Comisión Nacional de Geología o vocal del Instituto Geológico y Minero de España, entre otros cometidos.

Durante casi cincuenta años de actividad profesional recorrió España realizando labores de asesoría en materia de geología aplicada, geofísica y geotecnia para las principales infraestructuras de nuestro país. La vasta labor se refleja en más de quinientos informes en diversos ámbitos, gran parte de los cuales se ordenan en



Arco natural de Puentedey sobre el río Nela (Burgos). Dibujo original de Clemente Sáenz

los estantes de la Cátedra de Geología Aplicada de la Escuela de Caminos de Madrid.

Destaca su trabajo en el área de las grandes presas. Participó muy directamente en un gran número de las construidas en España en la segunda mitad del siglo XX, tanto en el campo de la redacción de los informes geológicos previos, como en el asesoramiento de las incidencias acaecidas durante su fase de construcción; entre ellas, algunas de las más relevantes del patrimonio español, como Aldeadávila, Almendra, Valdecañas, Torrejón, Eume, Portodemouros, Belesar, Arbón, Canelles, La Barca, Alcorlo, Cortes de Pallás y muchas más. En términos cuantitativos, de las 639 grandes presas inventariadas en España construidas entre 1958 y 1991, intervino directamente en 149, y en otras 13 de las 69 que estaban construyéndose aquel año. Asesoró además sobre diversos problemas en muchas presas anteriores a 1958, y en otras posteriores a 1991 (por ejemplo, los de estabilidad de las laderas de las de Yesa e Itoiz en los últimos años de su vida profesional) e incluso intervino como perito del Colegio de Caminos en algunos casos especialmente difíciles, como la presa de Tous. Ello sin contar las cerradas fluviales estudiadas y que finalmente no se aprovecharon por diferentes motivos, que suman otras 170 y sus intervenciones como perito del Colegio de Caminos. Como consecuencia de esta labor, en 1975 fue elegido vocal del Comité Español de Grandes Presas.

En relación también con las grandes presas españolas están sus estudios de emplazamiento de diversas centrales subterráneas, siendo firmante de los informes geológicos de: Belesar, Mediano, Torrejón, Bao, Villalcampo II, San Agustín, Miranda, etc.

En el campo de las restantes obras hidráulicas, diversos canales llevan su sello en los estudios de asesoría geológica: Guadalhorce, Guadarranque, Bembézar, Monegros, Bardenas, Tajo-Segura, entre otros.

A la misma especialidad pertenecen los saltos hidroeléctricos, como el del canal de Cornatel, donde coincidió con su amigo y compañero Juan Benet. Otros trabajos del mismo tipo fueron los de la Muela de Cortes en la Umbría de Cuenca, el Bao, varios de los del Mijares, alto Segura, alto Bibey, el río Tera, etc. También informó las traídas de aguas de distintas ciudades y comarcas, entre las que destacan Bilbao, Barcelona, Málaga, Pamplona o la Hoya de Huesca.

Algunas de las obras mencionadas incluyen los estudios de infraestructuras tan notables como los túneles del Talave del Tajo-Segura (de más de 30 kilómetros), el del trasvase Guadiaro-Majaceite (12 kilómetros), los estudios para el que atravesaría la oscense Sierra Caballera (de aproximadamente igual longitud), o de San Agustín, cercano a los 10 kilómetros.

> >>> De las 639 grandes presas inventariadas en España construidas entre 1958 y 1991, Sáenz Ridruejo intervino directamente en 149.

No escapó a su actividad la elección de los corredores ferroviarios más adecuados a los trazados de alta velocidad españoles: la nueva variante de Pajares -con la elección de la más apropiada entre varias decenas posibles-, el trazado de Madrid a Zaragoza y el de Zaragoza a Lérida, el Madrid-Córdoba, o el trazado más adecuado para el túnel de Guadarrama en la L.A.V. Madrid-Valladolid contaron con su asesoría. En el caso de los corredores de Madrid a Zaragoza, tomó así mismo parte activa en el estudio del impacto ambiental de los corredores del Jalón y del Alto Duero, cuestión en la cual sus trabajos fueron pioneros en el campo de las obras públicas, combinando un profundo conocimiento del terreno desde el punto vista geológico e hidrológico con el histórico, ambiental y patrimonial.

También informó acerca de las condiciones geológicas de variantes de ferrocarriles como las de Bobadilla (tras la construcción del sistema de los embalses malagueños de Guadalhorce-Guadalteba), Peñarrubia de Sil (al ejecutarse este embalse), Logroño-Castejón, o el minero de Villablino (como consecuencia de la construcción de



Enrique Balaguer y Clemente Sáenz con el Rey Juan Carlos I.

la presa de Las Rozas de Sil), y soterramientos urbanos como los de Córdoba, Burgos o Palencia.

Las principales centrales nucleares españolas contaron con sus informes geológicos y estudios sismotectónicos: Santa María de Garoña, Ascó, Vandellós, Cofrentes o Almaraz entre las construidas, y Vergara, Escatrón, Valencia de Don Juan o Ametlla entre las que quedaron sin edificar, además de Lemóniz, construida, aunque no llegó a entrar en funcionamiento. En el mismo campo, dirigió las prospecciones de uranio en diversas zonas de España.

En el ámbito de la hidrogeología efectuó y dirigió trabajos que comprenden el estudio integral del Levante español entre el Ebro y Valencia, el de la cuenca del río Mula, etc. Abundantes también han sido sus aportaciones al aprovechamiento de fuentes y al diseño de captaciones concretas, además de los estudios regionales de trasvases naturales entre cuencas. E idénticamente las investigaciones encaminadas al estudio de las impermeabilizaciones de embalses y cerradas, como el caso de Canelles, entre otros menores.

En estudios de carreteras destacan la autopista del Llobregat, los accesos a Galicia (tramos del Sil y de la cuenca minera), la autopista Burgos-Malzaga, el tramo Salinas-Mondragón de la autopista Vitoria-San Sebastián, el Guadalajara-Torija de la autovía de Madrid a Zaragoza, el tramo y puente del Tablate en la Granada-Motril, etc.

## El profesor

Ante todo, para Clemente Sáenz Ridruejo la enseñanza fue su vocación, que desarrolló primero como profesor adjunto y posteriormente como encargado de cátedra en las escuelas de Obras Públicas y de Ingenieros de Caminos de Madrid (de 1958 a 1973) y, fundamentalmente, como catedrático de Geología Aplicada a las Obras Públicas en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid (entre 1973 y 1998), donde además dirigió durante muchos años el departamento de Ingeniería del Terreno. Siguió ejerciendo su labor docente en esta misma escuela, primero como profesor emérito y finalmente como ad-honorem. A su muerte, el laboratorio de Geología recibió su nombre. en virtud a su dedicación a la Escuela.

Los que tuvieron la suerte de asistir a sus clases podrán recordar cómo, además de lo puramente programático, era frecuente la digresión en temas relacionados con el paisaje y su íntima relación con la geología. No era infrecuente que, camino del laboratorio de Geología, allá en los sótanos más alejados de la actual escuela, se le uniese algún alumno curioso que quisiera seguir la lección. Era un profesor muy querido por sus alumnos y prueba de ello es que actualmente se otorga un premio anual al mejor profesor (elegido por los alumnos) que lleva el nombre de Clemente Sáenz Ridruejo.

> >>> Los que tuvieron la suerte de asistir a sus clases podrán recordar cómo, además de lo puramente programático, era frecuente la digresión en temas relacionados con el paisaje.

Volviendo a su quehacer, la perspectiva amplia de la labor del ingeniero fue una constante en sus lecciones y en sus escritos. Conjugaba con naturalidad ingeniería y geología, territorio y paisaje (fruto de la aludida experiencia profesional, acumulada en todas las provincias de nuestro país), énfasis en los aspectos medioambientales (en los que se puede decir sin género de duda que fue un pionero entre los ingenieros civiles españoles), amor por la naturaleza, y también por la historia y la cultura. Estaba convencido de la dimensión social y humanística del quehacer técnico, y así procuró transmitir esta inquietud a sus alumnos y discípulos.



Acto de entrega de medallas en el Colegio de Ingenieros de Caminos, 1986. Izquierda Eduardo Torroja, centro Enrique Balaguer y a la derecha Clemente Sáenz.

Muchos recordarán los años de la transición en la Escuela de Caminos. La exposición "Caminos de un tiempo" rindió en 2006 un tributo merecido a aquellos momentos. Fue entonces, hacia 1973, cuando se fraguó la Asociación de Culturales, impulsada por Balaguer y por Torroja como directores que contaron además con el apoyo de José Antonio Fernández Ordóñez y Clemente Sáenz. De ahí surgieron viajes en busca de presas, canales, puentes o castillos, aderezados de tertulias.

Fuese en busca del Ebro y su cabecera, en la toba de Orbaneja del Castillo, buscando la casa natal de Goya en Fuendetodos, en la presa de Santolea, o recorriendo el desfiladero de la Yecla en Burgos, todos aquellos viajes trufados de ingeniería, arte y camaradería profesoralumno perviven en el recuerdo de los que los gozaron.

## En defensa de su profesión

Clemente Sáenz era un ingeniero amante de su profesión. Desde los primeros años 70 estuvo muy involucrado en el Colegio y en sus actividades. Cuando falleció en 2006 era presidente de la Asociación de Ingenieros de Caminos, vicepresidente del Colegio de Ingenieros de Caminos -cargo este que ya había ocupado en otra fase anterior—, además de miembro de la junta del Instituto de la Ingeniería de España (del que fue vicepresidente). Había también formado parte de la junta de otras sociedades (como la Asociación Española de Túneles y la de Ingeniería Sísmica) y durante muchos años fue presidente de Asociación Española de Geología Aplicada a la Ingeniería.

Esa actividad colegial y asociativa es la expresión de su convencimiento de la dimensión social de su profesión. Como en tantas otras causas, Clemente ejerció siempre una desinteresada dedicación en estos frentes en los que creía servir a los intereses de sus compañeros. A veces con visión crítica del desempeño de los propios organismos a los que pertenecía, pues, en sus propias palabras, "para cambiar las instituciones hay que estar en ellas".

Fue a su vez patrono-fundador de las fundaciones Ingeniería y Sociedad, y Desarrollo y Naturaleza, y miembro del Capítulo Español del Club de Roma, además de miembro de más de una docena de sociedades científicas.

## Los castillos, los ríos, los viejos caminos...

Clemente Sáenz fue un experto "castellólogo". Su vinculación familiar con Soria, con sus paisajes y sus pueblos, despertó en él el interés por las viejas y menguantes ruinas que aparecen acá y allá por el alto llano numantino, que diría Machado, y que tantas veces visitó y analizó en compañía de su padre, andariego y experto como pocos. No solo le interesaron los grandes fuertes, sino las pequeñas torres, los puentes fortificados, o las viejas cercas que, más o menos desdentadas y malbaratadas, rodean Almazán, Galisteo, Artajona o la misma Soria. Fruto de esa afición fue Soria medieval y sus castillos, un monumental libro inédito concebido en los años 60 con Florentino Zamora, Soriano y archivero de la Biblioteca Nacional.

De ella emergió un pequeño escrito emocionante, denominado "La agonía de los castillos españoles" (publicado en el libro JAFO. Homenaje a José Antonio Fernández Ordóñez, Colegio de Ingenieros de Caminos, 2001), en el cual repasa las causas, de las bélicas a las sísmicas pasando por las urbanísticas, que tanto han deteriorado el patrimonio castellológico español. Y precisamente para promover su defensa, permeneció durante muchos años a la Asociación Española de Amigos de los Castillos (de la que fue largo tiempo vicepresidente) y formó parte de la junta directiva de Hispania Nostra (asociación sin ánimo de lucro que defiende, salvaguarda y pone en valor el patrimonio cultural y natural de España).

Si los castillos fueron probablemente una derivación natural de sus andares curiosos por los páramos sorianos, su conocimiento de la "intrahistoria" de los ríos españoles fue sin duda consecuencia de sus años de ingeniero en formación. Esa intrahistoria está plasmada en "Los ríos de España", que editó en 1987 con Miguel

### Clemente Sáenz Ridruejo



Castillo de Langa de Duero (Soria).

Arenillas (Guía Física de España. Los ríos. Alianza Editorial, Madrid, 1987). Pero también en su curiosidad por otros aspectos de los ríos, tales como aquellos que se salen de bajo los puentes y, montaraces, abandonan sus madres, y como el Alagón en Coria, dejan al puente huérfano de río, en mitad del campo. Como decía Clemente, "... yo, si fuera río, buscaría conductos zapadores a diestro y siniestro, hasta encontrar nuevo álveo alejado de la rosca sillar de mi ignominia..." ("Cuando los ríos pasaban bajo los puentes", Cauce 2000. Madrid, 1999). Como en tantas otras cosas, las perspectivas originales, fruto de la curiosidad, adornan el discurso más allá de lo puramente ingenieril.

Y qué decir de los caminos. ¿Qué hay de los caminos de la Mesta? Allá por los primeros setenta, acompañado entre otros por su querido Emilio Ruiz (castellano esencial, amigo de la infancia, economista y poeta) se embarcó en un detallado viaje por la Cañada Oriental soriana, deteniéndose en contaderos, esquileos, recorriendo las vargas y cuerdas, y, sobre todo, observando cómo el desarrollo se llevaba por delante los vestigios de una red de caminos tejida popularmente -aunque amparada por reyes- desde la Edad Media, mientras sus usuarios, los pastores trashumantes, progresivamente desaparecían de los puertos de la Ibérica y sus pueblos se reducían a ruinas fantasmales. En la defensa de ese patrimonio rural español se puede considerar a Clemente Sáenz un adelantado, participando activamente en las incipientes asociaciones de defensa de las cañadas que aparecieron posteriormente en España.

Si de caminos hemos de hablar, habría que poner en la mesa también las vías romanas, y, cómo no, el Camino de Santiago, objeto de su predilección desde un seminal artículo en la Revista de Obras Públicas ("Geomorfología del Camino de Santiago", ROP, 3.311, 1992), y del que publicaría después un libro que trata de la geología del mismo (Patrimonio geológico del Camino de Santiago, Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid, 1999). Libro donde se plantea cómo surgió el trazado que, desde Jaca o Roncesvalles, atraviesa La Rioja, Castilla, el Bierzo y penetra en Galicia por el Cebreiro. Copiamos de la introducción: "Convendrá preguntarse acerca de quiénes trazaron este camino. Está claro, de entrada, que no se trata de una obra preconcebida, con un 'proyecto' único, sino que, en cierto modo, se ha hecho camino al andar, según la ya muy manida y afortunada acuñación de Antonio Machado. A nuestro modo de ver, la traza 'definitiva' es resultado de un tejer de generaciones (tal vez, a veces, también destejer), de personas que en su mayor parte han quedado anónimas. Sin duda sufrió un proceso de 'tanteo y error', con aproximaciones sucesivas a un óptimo bastante bien alcanzado, de difícil superación desde el punto de vista fisiográfico". Y donde de nuevo, al extraordinario conocimiento del territorio, superpone Clemente las figuras de tantos protagonistas históricos que se asomaron a las rutas compostelanas, como Suero de Quiñones, César Borgia, San Francisco o Aymeric Picaud, o el anecdotario geológico de fósiles, minerales, morrenas o sillares que amenizan la ruta.

## >>> Pionero en compaginar el respeto al medio natural y al patrimonio cultural con la construcción de infraestructuras. «

Dejaríamos huérfana esta descripción de su trayectoria sin hacer mención a su declarado interés por tantos otros aspectos, como la toponimia, la espeleología, las viejas obras hidráulicas, o la minería romana. Las ahora tan conocidas Médulas de León fueron objeto de un trabajo en el que se anticipó a estudios posteriores, haciendo uso de técnicas fotogeológicas para identificar múltiples explotaciones auríferas de León y Galicia (Contribución al estudio de la minería primitiva del oro en el noroeste de España. Ediciones Atlas, Madrid, 1974). Ese interés derivaría de tantos viajes de trabajo a los Saltos del Sil, a Compostilla, a los canales del Bierzo... y de esa permanente curiosidad por las huellas humanas en el paisaje.

Como en el caso de su actividad ingenieril, Clemente Sáenz participó activamente de múltiples sociedades que reflejan esa diversidad de intereses: fue vicepresidente del Centro de Estudios Sorianos (encuadrado en el C.S.I.C), de la extinta Asociación de Amigos de la Trashumancia y participó en la fundación de SAAS-2, la Sociedad de Autores y Artistas Sorianos. Y así mismo fue académico correspondiente de las Reales



Clemente Sáenz con el presidente de la American Society of Civil Engineers (ASCE).

Academias de Bellas Artes de San Fernando y de la Historia.

En el Colegio de Ingenieros de Caminos promovió la creación (junto con sus colegas y amigos José Antonio Fernández Ordóñez y Juan Benet) de la colección de libros Ciencias, Humanidades e Ingeniería del Colegio de Ingenieros de Caminos, cuyo objeto fue promover la perspectiva humana del quehacer ingenieril. Y presidió durante muchos años el Comité de Libros del Colegio.

Con esa misma inquietud, estuvo en primera línea de iniciativas cívicas como la defensa del entorno histórico, literario y paisajístico del río Duero a su paso por Soria, llevando a cabo además la concepción del proyecto finalmente realizado. Probablemente se trata del primer caso en el que el significado no solo ambiental,

sino literario de un paraje (la hoz del Duero soriana, cantada por Machado y Gerardo Diego, y fabulada por Bécquer) se ha impuesto a su utilidad pública como punto de paso. La iniciativa, abanderada por el Centro de Estudios Sorianos y liderada entre otros por Clemente Sáenz, logró conducir el proyecto a la salvaguarda del lugar, que es precisamente hoy uno de los reclamos de su ciudad natal, insertado en esa difusa categoría de los Paisajes Culturales.

Su carrera le valió distintos reconocimientos. Era miembro de honor del Instituto de la Ingeniería de España y Medalla de Honor del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, así como International Honorary Fellow de la American Society of Civil Engineers (ASCE). Era también miembro del Comité de Honor de la Asociación Española de Amigos de los Castillos.

En febrero de 2006, recibió el Premio Nacional de Ingeniería Civil 2004, en "reconocimiento a su trayectoria profesional vinculada a las obras públicas de las infraestructuras españolas, sobre todo en relación con el transporte, las obras hidráulicas y el medio ambiente (...) poniendo de relieve los aspectos sociales, económicos, estéticos y tecnológicos de dicha actividad". En el acto la ministra de Fomento recordó la apuesta de Sáenz Ridruejo por la mujer para cargos de responsabilidad hace más de treinta años, "la profesión de ingeniero es una profesión de hombres, este es un ministerio de hombres, se pasa por la galería y sólo se ven retratos de ministros, y cuando he sabido que además sus valores profesionales e intelectuales fue de los primeros en introducir a la mujer en puestos de responsabilidad, he considerado más justo aún este premio para este hombre preclaro."

Clemente Sáenz Ridruejo falleció en Madrid el día 1 de marzo de 2006.

Profundo conocedor del territorio, maestro muy querido por generaciones de ingenieros.



# »Premio Nacional de Ingeniería Civil 2005«

Hablar de Calatrava es hablar de uno de los ingenieros-arquitectos más conocidos de nuestro país. Innovador e inquieto y, como él mismo afirma, en constante búsqueda. Sus obras se reparten por medio mundo y sus proyectos nunca pasan desapercibidos, basándose en la observación de la naturaleza y el estudio del movimiento, en el uso de materiales que proponen formas casi imposibles y en la integración con el paisaje para los que están destinados.

# Santiago Calatrava Valls

La vanguardia que seduce

Begoña Olabarrieta



Auditorio "Adán Martín" en Santa Cruz de Tenerife.

Ingeniero y arquitecto, escultor y artista polifacético, el valenciano Santiago Calatrava Valls es uno de los españoles con mayor proyección internacional. Sus puentes, estaciones de ferrocarril, espacios urbanos, edificios y torres se encuentran en medio mundo y tienen unas señas de identidad tan marcadas que, en muchos casos, son conocidos como "calatravas".

## Formación y trayectoria profesional

Nacido en Benimamet (Valencia) el 28 de julio de 1951, desde muy temprana edad comenzó a interesarse por el arte, y en 1968 finaliza los estudios en la Escuela de Bellas Artes y Oficios de Burjasot, que realizó asistiendo a las clases nocturnas. Un año después comienza su carrera en la Escuela de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Valencia y en 1973 presenta su trabajo de fin de carrera sobre entornos urbanísticos.

Su inquietud por continuar formándose y experimentado le llevan a la ciudad suiza de Zúrich, donde comienza sus estudios de Ingeniería Civil en la Escuela Politécnica Federal (ETH, según sus siglas en alemán), doctorándose entre 1979 y 1981 en Ciencias Técnicas por el Departamento de Arquitectura, con su tesis "Acerca de la Plegabilidad de las Estructuras". Es en ese momento donde ya el uso de los materiales, la estética y la búsqueda de nuevas formas y soluciones determinan su visión de los proyectos constructivos. También en esta ciudad fue cuando comenzó a impartir clases a los alumnos del Instituto de Estática de la Construcción de la ETH, y como profesor auxiliar en el Instituto de Estética Plana y Construcciones Ligeras de esa misma escuela.

Desde entonces la ciudad alemana de Zúrich se convierte en uno de sus lugares habituales de trabajo, abriendo en ella su primer estudio de ingeniería civil y arquitectura en 1981 y, más tarde, en 1989, otro en París



Puente de la Mujer en Buenos Aires (Argentina).

y el tercero, dos años más tarde, en Valencia, donde estaba inmerso en la Ciudad de las Artes y de las Ciencias.

Con vocación internacional desde el inicio de su carrera. Calatrava pronto se sitúa entre los arquitectos-ingenieros más reconocidos y demandados internacionalmente. Doctor "honoris causa" por más de una veintena de universidades, en su palmarés cuenta con decenas de premios, menciones e invitaciones para formar parte de los más prestigiosos organismos, dentro y fuera de nuestras fronteras.

A partir del año 1992 consigue un masivo reconocimiento en España, fue nombrado miembro de la Real Academia de Bellas Artes de San Carlos (Valencia), posteriormente Doctor Honoris Causa por la Universidad Politécnica de Valencia (1993) y por la Universidad de Sevilla (1994); y recibió otros galardones como la Cruz de Sant Jordi (1994) y la Medalla de Oro al Mérito de las Artes por el Ministerio de Cultura (1995). En 1999 se le concede el Premio Príncipe de Asturias de las Artes; en aquel entonces Calatrava todavía no había cumplido los 50 años y el acta del jurado reconocía "su merecido prestigio internacional", su aportación "a la construcción de puentes y edificios, un original entendimiento del volumen y el empleo de nuevos materiales y tecnologías en la búsqueda de una estética innovadora". En el año 2000 es nombrado miembro honorario de la Academia de Bellas Artes de San Fernando en Madrid.

Desde entonces no ha parado de recibir galardones: en 2005 los premios nacionales de Arquitectura y de Ingeniería Civil otorgados por el Ministerio de Fomento, y más recientemente otros como el galardón al edificio verde más innovador, en 2010, por su proyecto del Museo do Amanhã (Río de Janeiro); el Premio Europeo de Arquitectura (2015), o el Premio de Arquitectura de Oriente Medio por su proyecto de la "Dubai Creek Tower", llamada a ser la torre más alta del mundo.

En 2005 recibía el Premio Nacional de Ingeniería Civil en reconocimiento a una trayectoria profesional –tal y como afirmaba el jurado de aquel año- "de singular sensibilidad para integrar los elementos estéticos, estructurales y funcionales de las infraestructuras de transporte y convertir estas en espacios públicos que dotan a las ciudades de nuevos referentes. Con ello, Santiago Calatrava está contribuyendo decisivamente al reencuentro entre técnica y sociedad, entre las infraestructuras y los ciudadanos".

> >> La ingeniería no es cuestión solo de ciencia, sino también de carácter, finura de percepción, entusiasmo y pureza de emoción. «

La visión de Calatrava de la obra civil va más allá de la utilidad. Creador de grandes estructuras en un estilo que combina elementos visuales grandiosos que interactúan con los principios más rígidos y tradicionales, afirma que la ingeniería le permite ahondar en la búsqueda de modelos para reproducir lo que ocurre en la naturaleza, como son el movimiento y el dinamismo, donde se aúnan el cálculo, el rigor matemático y físico, la tensión y la energía cinética de las formas estables para de esta forma hacerlas arquitectura.

Menos conocido en su faceta como escultor, su concepción de los proyectos arquitectónicos y urbanísticos parte de su obra escultórica, de sus estudios en los que las formas cobran vida, casi torciéndose en sí mismas, como la conocida torre Turning Torso de Malmö, en movimientos casi imposibles. En la obra de Calatrava la visión del entorno se une al movimiento. escogiendo elementos que lo definen para caracterizar el proyecto, para hacerlo vivible a los ciudadanos.

## Los puentes

Los puentes quizá sean sus proyectos más representativos, conjugando en ellos la finalidad de hacerlos útiles tanto para peatones como para vehículos con su idea de monumento urbano.

### Santiago Calatrava Valls



Puente de Lusitania en Mérida.

En el inicio de sus proyectos en España, a finales de la década de los ochenta del siglo pasado, es cuando Calatrava proyecta sus primeros puentes con esas formas, técnicas, materiales y concepto visual característicos suyos que variaron el paisaje ahí donde se fueron sucediendo. El primero dentro de nuestras fronteras fue el de Bach de la Roda, que le hizo merecedor en 1988 del Premio de las Artes de la Ciudad de Barcelona. Convertido en aquel entonces en un hito urbanístico, consiguió integrar espacios hasta entonces marginales en el paisaje urbano, en un momento en el que la Ciudad Condal se preparaba para los Juegos Olímpicos de 1992. Un proyecto en el que se añadió, además, una estación de cercanías y una amplia zona verde, utilizando para ello los terraplenes del corte ferroviario. El puente consiguió transformar el entono conectando mar y ciudad.

El segundo, el denominado puente Nueve de Octubre, se construyó en Valencia entre 1987 y 1989. Fue diseñado como un doble viaducto formado por dos tableros, uno para cada sentido de la circulación, con un espacio central, descubierto en el centro, y extremos laterales reservados para el paso de peatones. Entre sus características más destacables, la ligereza conseguida gracias a las formas de sus apoyos -por una parte triángulos de hormigón al estilo de los tajamares clásicos y, por otra, a los pilares simplemente apoyados, como bielas-. Será en este puente donde se empiece a conocer su faceta escultórica, ya que situó dos obras propias en las cabeceras del mismo que se asemejan a grandes alas sobre pedestales.

En aquellos años, los puentes de Calatrava empiezan a ser cada vez más demandados, y en 1988 la Junta de

Extremadura le encarga el que se denominó Lusitania, en Mérida -ciudad que en aquel momento se encontraba en pleno desarrollo como capital autonómica-, para conectar el centro histórico con un polígono construido en la parte septentrional del Guadiana, aliviando así el flujo del tráfico. En un entorno urbano pero rodeado de naturaleza, el puente, de grandes dimensiones determinadas por la anchura del río, se diseñó con un arco pronunciado, ligero, creando una estructura que se funde con la llanura, el agua y las colinas al fondo, hasta cierto punto imitándolas.

El de Devesa en Ripoll será otro de los puentes construidos por el arquitecto valenciano en aquellos tiempos. Cuenta con una pasarela peatonal que salva una diferencia de altura de cinco metros sobre el río Ter, cerca del centro de la localidad, conectando la zona de la que recibe su nombre con la estación de ferrocarril.

#### Sevilla 92: El Alamillo

Será en Sevilla donde Calatrava consolide su popularidad como diseñador y constructor de puentes en España. La Exposición Universal de 1992 fue uno de los hitos más importantes en la historia reciente de la capital hispalense y contribuyó a mejorar de forma significativa las infraestructuras de la ciudad y sus alrededores. Una de estas mejoras fue la de construir hasta ocho nuevos puentes sobre el río Guadalquivir, uno de ellos el "calatrava" del Alamillo. Cuenta con 250 metros de longitud sobre el tramo del río conocido como meandro de San Jerónimo y se conecta a un viaducto (también firmado por Calatrava) para automóviles, ciclistas y peatones que cruza la isla de la Cartuja. Ese viaducto, puerta de entrada norte del recinto, es una estructura continua con una parte inferior abovedada y con superposición de niveles: uno superior para el tráfico vehicular y dos inferiores para peatones y bicicletas. Sobre sus dos calzadas se construyeron además voladizos para proporcionar sombra a los millones de visitantes que se acercaron a la Expo. Pero lo que supuso una auténtica novedad técnica y de diseño fue el puente del Alamillo en sí. De su pilón, con 142 metros de altura y una inclinación de 58 grados, parten trece pares de tirantes que lo sujetan. El par de tirantes superiores de 300 metros de longitud eran los más largos del mundo en aquel momento. El puente salva una luz de 200 metros y para su construcción hubo que emplear una de las mayores grúas de tierra disponibles en aquel momento, capaz de levantar 200 toneladas métricas a 150 metros de altura. Su figura de arpa soporta todo su peso. Con este puente, Calatrava creó una nueva tipología de puente atirantado sin cables de retenida en la parte posterior del pilono. En su concepción, utilizó los ya mencionados estudios del movimiento y del cuerpo humano, en concreto su escultura Turning Torso, en la que los cubos de mármol apilados que la componen se equilibran gracias a un alambre tensado. De nuevo utilizando una perfecta combinación de tecnología, ingeniería y arte escultórico, consiguió la creación de un puente integrado en el paisaje, con formas totalmente ligeras que evitan en todo momento el elemento estático.

Tras el puente del Alamillo vendrán otros muchos. En 1995 culmina el del puerto de Ondarroa que cruza la ría que el Artibai forma en su desembocadura en el mar Cantábrico. Fue diseñado para aliviar del tráfico pesado portuario a la ciudad, pero una vez más también se pensó en los peatones, a los que mediante sus pasarelas se les ofrecieron nuevas oportunidades para disfrutar de la costanera, hasta aquel entonces interrumpida.

También ese año realizó el puente de la Alameda, en Valencia, de 130 metros. Fue construido, sobre el antiguo cauce desviado del río Turia para conectar el distrito de la Universidad en el norte con el casco antiguo de la ciudad. A este proyecto se asoció, además, una estación de Metro, realizada al mismo tiempo, alineada en el mismo eje longitudinal directamente debajo del puente.

En 1997 construye en Bilbao el puente peatonal del Campo de Volantín, también llamado Zubizuri. Sobre la



Torre de telecomunicaciones de Montjuic en Barcelona.

ría del Nervión une ambas márgenes en un momento de saneamiento, recuperación y desarrollo turístico de la zona para integrarla en la ciudad. Se diseñó como un arco inclinado que une dos plataformas, con rampas de acceso y escaleras en ambas orillas, que sostiene la estructura peatonal con cables de hierro recuperando la ría como zona de paseo.

En 1999 Murcia también recibirá dos "calatravas" para dar respuesta a las nuevas necesidades de tráfico y conexiones de la ciudad, interviniendo en la mejora de la capacidad del puente del Hospital y construyendo una nueva pasarela peatonal, ambas sobre el río Segura. Tras este, el último de los puentes que Santiago Calatrava ha realizado en España hasta el momento es el de la Serrería, en Valencia, en 2008, parte de una de sus intervenciones más emblemáticas, la Ciudad de las Artes y las Ciencias. Situado en el borde más oriental de la misma, la cubierta del puente se extiende 180 metros y está suspendida de un pilón curvo inclinado a una altura de 118,6 metros, del que surgen los 29 tirantes que lo sostienen, determinando su fuerte efecto visual en línea con el conjunto en el que se integra.

### Santiago Calatrava Valls



Museo del Mañana en Río de Janeiro (Brasil).

## En el extranjero

Echando un visitado a las atracciones turísticas de muchas ciudades del mundo, se constata que los puentes de Calatrava se integran entre sus propuestas: En Manchester, el puente peatonal sobre el río Trinity; en Berlín, el puente Kronprinzen (que le valió el ECC European Steel Design Award en 2003 por el uso de acero en su construcción); en Buenos Aires, el puente de la Mujer, en la revitalizada zona de Puerto Madero; o el que se incluyó en el Complejo Olímpico de Atenas en 2004.

Además, Jerusalén, Tel Aviv, Dallas, Calgary o Toronto entran también en la lista de elegidos. Pero de todos ellos, sin duda, uno de los más nombrados es el Ponte della Constituzione de Venecia, que se vino a sumar en 2008 a los tres que ya permitían cruzar el Gran Canal (el de Rialto, el de los Descalzos y el de la Academia) y que es también conocido como el Quarto Ponte. En una ciudad caracterizada por decenas de pequeños puentes peatonales, esta moderna construcción se pensó para comunicar Piazzale Roma con una de las entradas a la ciudad, la zona de la estación de trenes Santa Lucía. Consta de un arco de acero, otros dos arcos laterales y otros dos más bajos, realizados con tubos de acero y placas, formando cuadros de sección cerrada. Las escaleras y el tablero del puente se realizaron en vidrio templado, piedras naturales de Istria y traquita; para el parapeto se utilizó vidrio, y bronce para la barandilla. Por la noche, los focos de iluminación del puente están diseñados para añadir un efecto aún más escenográfico a su ubicación sobre las aguas del canal.

En entornos aún más lejanos del estudio de Calatrava – Zúrich, ciudad en la que lleva años asentado-, se trabaja en proyectos en China, como en la localidad de Wuhan, en tres puentes sobre el canal de Huasahn; o también en Doha (Qatar), con una impresionante infraestructura formada por tres puentes conectados por túneles subacuáticos en la bahía de la ciudad. Y, año a año, el listado de ciudades con un "calatrava" se sigue ampliando.

### Sus edificios

Creador polifacético e incansable, Calatrava también se ha destacado por la construcción de edificios, estaciones de tren, torres de comunicación, etc. Y no solo los puentes son el objeto de su innovación, pues en todos estos edificios ha volcado igualmente su forma de entender los espacios y la integración en el entorno.

Una de sus primeras y más reconocidas obras fue la ampliación de la estación Stadelhofen, en Zúrich, que le hizo merecedor de dos galardones en Suiza, situándole en primera línea en aquel momento. Se trataba de un proyecto de ampliación y redefinición de la infraestructura ya existente en el corazón de la ciudad, incluyendo una tercera vía y creando una galería comercial, algo nada sencillo, pues la ubicación de la estación original estaba situada contra una pequeña colina próxima al lago Zúrich y había que trabajar en un tramo curvo y con un desnivel pronunciado. La solución fue excavar parte de la colina para acomodar diversas funciones y luego reconstruirla con una estética nueva. Para ello se trabajó en cuatro zonas: galerías subterráneas, plataformas, galerías superiores y

## **PROYECTOS EN ESPAÑA**

2011	El Palacio de Exposiciones y Congresos, Oviedo.
2009	Ágora - Ciudad de las Artes y las Ciencias, Valencia.
2009	Ciudad de las Artes y de las Ciencias, Valencia.
2009	Obelisco plaza de Castilla, Madrid.
2008	Puente de la Serrería, Valencia.
2006	Palau de les Arts Reina Sofía, Valencia.
2003	Auditorio Adán Martín, Santa Cruz de Tenerife.
2001	Escenografía "Las Troyanas", Valencia.
2000	Aeropuerto de Sondica, Bilbao.
1999	Puente peatonal Manrique, Murcia.
1999	Puente Hospital, Murcia.
1997	Puente Campo Volantín, Bilbao.
1996	Torre de control del Aeropuerto de Sondica, Bilbao.
1995	Remodelación de la plaza de España, Alcoy.
1995	Recinto ferial, Santa Cruz de Tenerife.
1995	Puente de la Alameda y estación del Metro, Valencia.
1995	Puente del puerto, Ondarroa.
1992	Pabellón de Kuwait, Sevilla.
1992	Torre de comunicaciones de Montjuic, Barcelona.
1992	Puente del Alamillo y viaducto de la Cartuja, Sevilla.
1991	Puente peatonal de la Devesa, Ripoll.
1991	Puente Lusitania, Mérida.
1988	Puente 9 de Octubre, Valencia.
1987	Puente Bach de Roda - Felipe II, Barcelona.

un jardín exterior. La estética de esqueleto metálico es una de sus señas de identidad y un elemento que ya se ve en este proyecto y que seguirá desarrollando y perfeccionando en los años siguientes.

Dos años más tarde del éxito de Stadelhofen, Calatrava empieza a triunfar también con sus edificios dentro de nuestras fronteras. Un ejemplo de ello fue en la Expo 92 de Sevilla –en la que ya estaba trabajando en el puente del Alamillo- con el pabellón de Kuwait, que significó la proyección internacional de un país poco conocido hasta entonces. El edificio se diseñó en una estructura de dos pisos, con una plaza elevada acotada por dos paredes curvilíneas y cubierta con unas costillas móviles de 25 metros de longitud. A esta se añadió una terraza de escalones a lo largo de cada

lado, siguiendo la inclinación de la superficie vidriada. Para la zona de acceso se diseñaron puertas giratorias seccionadas de perfil aerodinámico.

## La torre de Montjuic

En aquel año de 1992, si Sevilla tenía la Expo, Barcelona tuvo los Juegos Olímpicos, y Calatrava será el encargado de crear una nueva torre de Comunicaciones en Montjuic, a la altura de todo el proceso de remodelación que experimentaba la ciudad. Su imagen futurista lo consiguió: líneas en movimiento, formas abstractas en blanco para materiales modernos, y una cierta evocación a la aerodinámica. En su concepción se encuentra de nuevo el estudio del cuerpo en movimiento, unido al espíritu olímpico que se vivía en aquel entonces. Con una altura de 136 metros, la parte superior, que alberga la zona de retransmisión, es una plataforma circular que recuerda a una flecha con su respectivo arco que hace un claro guiño al deporte; y, para rematar el efecto, su orientación, que coincide con el ángulo del solsticio de verano, hace que actúe como reloj de sol proyectando la sombra de la aguja central sobre la plaza. Una vez más rompiendo con la forma habitual de este tipo de construcciones, esta torre no se basa en un tronco vertical, sino que está formada por un fuste inclinado con estructura metálica sobre tres apoyos. En el límite entre la estática y la dinámica, asegura el equilibrio al hacer coincidir el centro de gravedad de la base con la resultante vertical del propio peso.

Un desafío a lo tradicional, ya antes alcanzado bajo la plaza de España de la localidad alicantina de Alcoy, con la construcción de una sala polivalente totalmente vanguardista, cuyo único espacio de 90 metros de largo y nueve metros de alto en un plano trapezoidal, tiene una estética que recuerda a una sucesión de espejos conseguida gracias a la estructura del soporte primario del techo, un arco cuya curva se repite a lo largo del espacio.

## Puesta en escena

Junto a estaciones y torres se une, a inicio del siglo, el proyecto de puesta al día del aeropuerto bilbaíno de Sondica, para el que ya en 1996 había diseñado una torre de control. En esta ocasión uno de los elementos más destacados es la cubierta de su gran sala acristalada, con la que consigue un efecto aerodinámico, sobresaliendo y "volando" hacia arriba en la dirección

### Santiago Calatrava Valls

del campo de aviación, extendiéndose por las áreas administrativas, restaurantes y zonas de espera.

Esta propuesta plástica, que es casi una puesta en escena, tendrá su reflejo años más tarde con un uso totalmente diferente en el auditorio Adán Martín, de Santa Cruz de Tenerife, finalizado en 2003. El edificio, situado en el paseo marítimo entre el parque marino y el borde del puerto, conecta la ciudad al mar y con ello crea un hito urbano significativo, conseguido al abrir ambas partes con terrazas y un paseo peatonal que cruza de lado a lado el edificio. Este parece una enorme escultura en movimiento, pese a estar realizado en hormigón, gracias a la dramática curvatura de su techo que se asemeja a una ola al estrellarse contra la costa que se eleva a una altura de 58 metros sobre el auditorio principal antes de curvarse hacia abajo y estrecharse hasta un punto que transmite todo su movimiento. Para completar el efecto, el edificio se compone de varias plataformas creando diferentes fachadas y con ello diferentes visiones de una misma estructura.

**El** entorno en el que se ubica una obra es fuente de inspiración. La herencia cultural de la ciudad o del espacio en el que se ha de integrar, los elementos naturales del entorno. Todo ello adquiere un especial significado cuando me enfrento al papel sobre el que comienzo un diseño. La observación de la naturaleza, el estudio del movimiento también son elementos que están presentes a la hora de enfrentarme a un nuevo proyecto. «

Pero, sin duda, la gran puesta en escena la realizó creando un espacio vanguardista e integrado en su concepción de la Ciudad de las Artes y las Ciencias de Valencia, construida entre 1994 y 2009 para dotar a la ciudad de un centro de conocimiento y ocio, en torno a 35 hectáreas, que se compone de diferentes espacios organizados a medio camino entre la ciudad vieja y el barrio costero de Nazaret. En este diseño, ideó varios elementos en progresión lineal: El Palau de les Arts Reina Sofía, el Museu de les Ciències Príncipe Felipe, l'Hemisferic, l'Umbracle, l'Oceanografic y el Ágora, cada uno con su propio concepto que responde a diferentes funciones, pero uni-



Rascacielos Turning Torso situado en Malmö (Suecia).

ficando su lenguaje arquitectónico, materiales y colores, dando un sentido común a todo el proyecto.

El Palau de les Arts Reina Sofía es el edificio principal del conjunto. Situado en el margen occidental del eje, es una construcción majestuosa, con formas sinuosas, que abarca 37.000 metros cuadrados de superficie, con espacios para distintos usos artísticos: Sala Principal, Aula Magistral, Anfiteatro, Teatro de Cámara y Sala de Exposiciones. Calatrava dio a este diseño un carácter iconográfico de escultura monumental, con una serie de volúmenes aparentemente dispuestos al azar entre los que destaca la cubierta o pluma, de 230 metros de longitud y más de 70 metros de altura, a la que se unen dos cáscaras realizadas en acero laminado con recubrimiento exterior cerámico que abrazan el edificio exteriormente. Los distintos volúmenes del edificio se apilan entre cubiertas horizontales de paso y la cáscara que rodea el edificio también permite la circulación periférica exterior a los distintos auditorios, terrazas ajardinadas, cafeterías y restaurante ofreciendo al visitante unas hermosas vistas de la ciudad y los jardines.

Por su parte, el Museu de les Ciències Príncipe Felipe cuenta con 40.000 metros cuadrados distribuidos en

## PROYECCIÓN INTERNACIONAL



L'Hemisféric en la Ciudad de las Artes y las Ciencias de Valencia.

Desde el inicio de su carrera Calatrava ha tenido vocación internacional. Su estreno en 1983 fue el proyecto de Baumwollhof Balcony, en la ciudad donde hoy reside y trabaja, Zúrich, cinco años antes de su primera intervención dentro de nuestras fronteras, que sería el puente de Bach de la Roda en Barcelona.

Frente a los 24 proyectos realizados en España entre 1987 y 2011, del estudio de Calatrava han salido 63 proyectos internacionales, si contamos los que, aunque no están finalizados, ya están en marcha.

En el entorno internacional destacan sus puentes, como el de Buenos Aires, Venecia, Jerusalén o los tres que está proyectando en la capital de Qatar, Doha. También espacios para uso público, como el Complejo Olímpico de Deportes de Atenas en 2004, conjunto que incluyó un estadio, un salón techado, un centro acuático olímpico, dieciséis canchas de tenis y un velódromo. Todos conectados por un gran bulevar, el Axis Central, en el que se mantienen las señas de identidad de Calatrava: la tradicional forma de peineta proyectada sobre el plano con sus nervios radiales de circulación. Además, el bulevar se delimitó por un Ágora, una avenida curva a la sombra de una gran pérgola metálica.

Su interés escultórico por el movimiento se aprecia muy bien en la torre Turning Torso (2005), ubicada en Malmö (Suecia), su primer edificio residencial y su primer rascacielos. La más alta de Escandinavia, la torre se inspira en una escultura del mismo nombre realizada por Calatrava, y en ella se plasma todo el movimiento del cuerpo humano mediante una pila de cubos colocados elegantemente alrededor de un núcleo. En su traslación al edificio, se crearon nueve unidades de caja, en forma de cubos con puntas triangulares; cada una de ellas contiene cinco plantas de unos 2.000 metros cuadrados. Con este edificio, Calatrava creó una nueva tipología de edificios en altura: las torres en rotación. Esta nueva tipología ha tenido una enorme influencia en numerosos edificios en altura construidos en los últimos años.

La ciudad de Nueva York alberga otra de las obras más llamativas del arquitecto, el intercambiador de transporte del World Trade Center, el Oculus, completado con un centro comercial con forma de paloma desde el exterior. El blanco de su estructura, que contrasta con los edificios de los alrededores, y su gran arcada interior lo han convertido en uno de los lugares más visitados y fotografiados de la Gran Man-

Pensando en el futuro de la ingeniería Civil, Calatrava expresa su interés por la sostenibilidad y el respeto al medioambiente, elementos que contempló en su proyecto en la zona portuaria de Río de Janeiro, el Museu do Amanhã, inaugurado en 2015. Situado en un entorno con edificios de interés histórico, en su diseño la altura se limitó a 18 metros sobre el nivel del muelle para proteger las vistas desde la bahía del Monasterio de Sao Bento, edificio declarado Patrimonio Cultural de la Humanidad por la Unesco. Se trata de un edifico sostenible: el agua de la cercana bahía se utiliza para el sistema de climatización y la energía se recoge con paneles fotovoltaicos integrados en el techo que pueden ser ajustados al ángulo óptimo de sol.

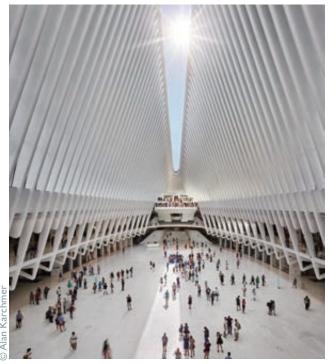
Para los próximos años Calatrava tiene previstas varias inauguraciones de los proyectos ahora en marcha, todos ellos fuera de nuestras fronteras, como es el caso de la Dubai Creek Tower, que previsiblemente se convertirá en la torre más alta del mundo. Se trata de un diseño futurista inspirado en la flor del lirio, que albergará a su vez los jardines y los ascensores panorámicos más altos del mundo.

tres pisos en los que se escenifica el tema que alberga en su interior: su imagen aparenta ser el esqueleto de algún animal prehistórico o quizás una enorme ballena. La realidad es que para su diseño Calatrava exploró de nuevo las formas del cuerpo humano y la columna vertebral, plasmada en la repetición asimétrica de la estructura con forma de costillas metálicas blancas unidas mediante elementos horizontales longitudinales que envuelven la fachada acristalada.

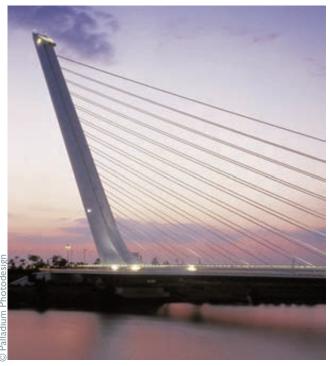
Conjuntamente con el museo se inauguró, en el año 2000, l'Umbracle. Se trata del aparcamiento del complejo, en cuya cubierta se ha situado un pequeño jardín público urbano formado por unas marquesinas metálicas que cubren una zona ajardinada compuesta por más de 50 especies florales autóctonas de la Comunidad Valenciana. L'Hemisferic es un edificio diseñado para albergar un espacio tecnológico y educativo, con salas IMAX, y un planetario. Su forma es la de un gran globo ocular dentro de una piscina que se complementa con el "párpado", conformado por los listones de metal verticales articulados, que se pueden levantar para permitir vistas a la piscina. La puesta en escena se consigue con la combinación entre la estructura y el agua, cuando la cúpula se transforma en un globo al reflejarse en la piscina.

L'Oceanografic, con un volumen de 110.000 m<sup>2</sup> -lo que lo convirtió en el mayor museo de estas características en Europa y el tercero a nivel mundial- y el

### Santiago Calatrava Valls







Puente del Alamillo en Sevilla

#### "HAY QUE AVANZAR EN EL USO DE MATERIALES SOSTENIBLES Y NUEVAS TECNOLOGÍAS"

#### ¿Cuál es su visión de la Ingeniería Civil?

Hay un elemento esencial en mi enfoque de la ingeniería civil que parte de una búsqueda constante. De la misma manera que el dibujo, primero, y la escultura, posteriormente, me llevaron a introducirme en el ámbito de la arquitectura, a la ingeniería llegué a través del estudio del rigor de las matemáticas y la física que se requieren en este cambo.

El cálculo en ingeniería está basado en métodos empíricos nacidos de la observación de los fenómenos naturales, para tratar de crear modelos matemáticos que nos permiten reproducir realidades naturales, evaluar y predecir el comportamiento de la naturaleza.

Todo ello me llevó a escribir la tesis doctoral sobre la plegabilidad de las estructuras que llevaba como subtítulo Natura mater et magistra. La ingeniería me permite ahondar en la búsqueda de modelos que permiten reproducir lo que ocurre en la naturaleza, cuestiones como el movimiento y el dinamismo de la naturaleza.

#### ¿Qué papel juega en el servicio a los ciudadanos?

Uno de los aspectos más importantes de las intervenciones que llevamos a cabo en la ingeniería civil es la capacidad para buscar cohesionar el espacio urbano, y que las infraestructuras que diseñamos y desarrollamos sean capaces de reflejar y propiciar la transformación que los servidores públicos quieren conseguir dotar a las ciudades.

Hace unos meses tuve la oportunidad de participar en un ciclo de conferencias celebrado en la ONU y expresar mi opinión sobre cómo la planificación de determinadas infraestructuras públicas en las ciudades puede contribuir a mejorar, recuperar y consolidar y/o integrar entornos urbanos y convertirlos en polo de atracción

de desarrollo económico, turístico, etc. Se puede conseguir que un edificio como la estación de Lieja, por poner un ejemplo, con independencia de su mayor o menor escala, tenga su propio contexto y que, más allá de su indiscutible contenido funcional, contribuya a mejorar este contexto desde los puntos de vista urbanos, paisajísticos, culturales, etcétera.

#### Cuando comienza un proyecto nuevo, ¿qué factores le inspiran?

El entorno en el que se ubica es importante como fuente de inspiración. La herencia cultural de la ciudad o del espacio en el que se ha de integrar, los elementos naturales del entorno. Todo ello adquiere un especial significado cuando me enfrento al papel sobre el que comienzo un diseño. Como señalaba antes, la observación de la naturaleza, el estudio del movimiento también son elementos que están presentes a la hora de enfrentarme a un nuevo proyecto.

#### ¿Cómo ve usted la Ingeniería Civil del futuro?

La ingeniería ha de adaptarse para dar respuesta a cuestiones medioambientales que importan cada vez más, no solo a los ciudadanos, también a los ingenieros. Será necesario redoblar los esfuerzos para tener muy presentes el impacto medioambiental generado por las infraestructuras, tanto en el proceso de construcción como en su bosterior uso. Será importante avanzar en el uso de materiales sostenibles. Todos estos asuntos no podrán evitarse para que se integren armoniosamente en el paisaje.

Luego, hay que seguir profundizando en el uso de las nuevas tecnologías para ponerlas al servicio del diseño y construcción de las infraestructuras, de manera que nos ayude a encontrar las soluciones más óptimas para los retos que se nos plantean.



Puente de la Constitución en Venecia (Italia).

Ágora son las dos últimas construcciones que cierran el conjunto, junto con el puente de la Serrería, ya mencionado. El Ágora es un espacio diáfano multifuncional que conforma una gran plaza cubierta en la que se levanta un edificio de 68 metros de altura. En el diseño original destaca su cubierta móvil, formada por 163 lamas metálicas, que se apoya sobre una estructura porticada de acero y una parte superior cerrada en vidrio.

Dos años más tarde de terminar el macro proyecto valenciano, Calatrava se encargó del proyecto del palacio de Exposiciones y Congresos de Oviedo, que, construido sobre una gran explanada cubierta por vidrio y acero, fue diseñado con forma elíptica. Un espacio de espacios, con centro de celebración de los eventos, edificios de oficinas, un hotel y un centro comercial.

Después de Oviedo, se ha centrado en su carrera internacional desarrollando varios proyectos, actualmente en marcha, en los Emiratos Árabes Unidos, China, Francia, Italia, Suiza, Bélgica y en Estados Unidos, donde recientemente su propuesta ha sido seleccionada para realizar una escultura en el River Park de la ciudad de Chicago.

Santiago Calatrava vislumbra para el futuro una ingeniería civil medioambientalmente responsable que minimice el impacto en todo el proceso, con soluciones y materiales sostenibles y conjugándola con el uso de las nuevas tecnologías para solucionar los retos constructivos actuales que deben estar al servicio de las ciudades y los ciudadanos.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Tzonis, A.; Caso Donadel, R.: Santiago Calatrava. Los puentes. Editorial Electa, 2007.

Revista ARQHYS. 2012, 12: Arquitectura ingeniería de Santiago Calatrava. Equipo de colaboradores y profesionales de la revista ARQHYS.com. Obtenido en junio de 2018 de http://www.arqhys.com/contenidos/calatravaingenieria.html.

https://calatrava.com/

Las obras de Ingeniería Civil y Arquitectura suelen ser testigo de la época en la que se desarrollan. Ingenieros y Arquitectos han de ser conscientes de ello y aplicarlo en sus proyectos teniendo en cuenta que las obras les sobrevivirán y se convertirán en herencia para la generaciones venideras.



# »Premio Nacional de Ingeniería Civil 2006«

En la ya antigua controversia entre ingeniería y estética o entre ingeniería y arte, Torroja Cavanillas acaba con la polémica y defiende la genial idea de que un ingeniero, de por sí, ya hace una labor artística. "Al igual que ocurre con la arquitectura -dice Torroja-, toda obra de ingeniería es una obra de arte, estéticamente mejor o peor resuelta, pero obra de arte al fin y al cabo".

# José Antonio Torroja Cavanillas

El ingeniero de la libertad y el silencio

Luis Solera

### José Antonio Torroja Cavanillas



Torroja impartiendo clase en una toma de 1980.

El Jurado que concedió a Torroja Cavanillas el Premio Nacional de Ingeniería Civil de 2006 motivaba la decisión unánime en "su dilatada y brillante trayectoria profesional y su capacidad para combinar muy diversas facetas, como ingeniero, siempre vinculadas al desarrollo y modernización de la ingeniería civil española. Como referencia ineludible en la proyección de obras públicas y de ingeniería, y de manera especial en el diseño de puentes, en los que ha conseguido aunar utilidad, originalidad y estética. En reconocimiento también a su fértil dedicación a la enseñanza de la ingeniería como profesor y director de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid y Barcelona".

De esta manera tan precisa se elogiaba oficialmente la figura de José Antonio Torroja Cavanillas en el mundo de la ingeniería civil, cuya obra buscó conjugar, en su labor de diseño y en su técnica constructiva, la eficiencia con el arte y la estética.

En su dilatada carrera profesional como proyectista y constructor existen muchos ejemplos donde el sentido unitario de técnica y arte se verán perfectamente conjugados y, ciertamente, al igual que le ocurría a su padre, juega hábilmente con el cálculo y la geometría: "Cada curva matemática –llegaría a decir– lleva en su ser la justeza de una ley, la expresión de una idea, el pregón de una virtud". Aunque referido a su padre, siempre se ha prestado atención a esta idea por el conciso, aunque preciso artículo que escribió para la revista Ingeniería y Territorio, número 79: "El hecho de incluir aquí a un ingeniero cuya relación con las artes fue solamente la de ser ingeniero viene a reconocer que ingeniería y arte van siempre potencialmente unidas".

## Formación y trayectoria profesional

Torroja Cavanillas nació en Madrid, el 28 de marzo del año 1933, en el seno de una familia donde la ingeniería y la construcción eran tradición. Su padre fue el insigne ingeniero de caminos y profesor Eduardo Torroja Miret (1899-1961) del que heredó su interés científico y técnico por las artes constructivas, así como su faceta de investigador y docente universitario. Su abuelo, Eduardo Torroja Caballé (1847-1918), fue un excelente geómetra y matemático; su interés por la construcción hizo que se licenciara en arquitectura en el año 1869 y también ejerció la docencia universitaria en Valencia y Madrid.

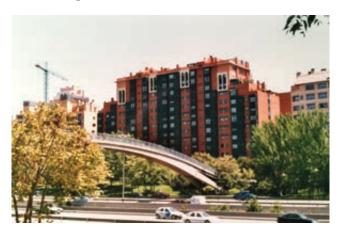
## Mi labor es ejercer un callado servicio a la sociedad.

Torroja Cavanillas se licencia como ingeniero de caminos en 1957 en la Escuela de Madrid, y en el año 1960 entra a trabajar en el estudio Oficina Técnica Torroja que dirigía su padre. Se doctora en la Escuela de Caminos de Madrid en 1962 y comienza su labor docente ese mismo año como profesor de la asignatura Puentes y Estructuras Metálicas. En 1967 obtiene la cátedra de la asignatura Hormigón armado y pretensado, ejerciendo esta función en las escuelas de Caminos de Barcelona y Madrid. Entre los años 1973 y 1979, ocupa la dirección de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (ETSICCP) de Barcelona, que había contribuido a fundar, y desde el año 1981 hasta el año 1989 la de Madrid. En el año 2003 es nombrado profesor emérito de la Escuela de Caminos de Madrid y ha ejercido como presidente del Colegio Oficial de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos durante una docena de años, desde 1988 hasta el año 2000. Ha recibido el título de Doctor Honoris Causa por la Escuela de Barcelona y L'École Nationale des Ponts et Chaussées de París. En 2006, además del Premio Nacional de Ingeniería Civil otorgado por el Ministerio de Fomento, recibe la medalla de la Asociación Española de la Carretera.

Hasta hace pocos años ha presidido el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, dependiente del Consejo Superior de Investigaciones Cien-



Pasarela de Ángel Gordillo sobre la M-30 reformada en el año 2009.





Montaje comparativo de las pasarelas de Torroja en la calle Rafael Bergamín sobre la M-30, a la izquierda la histórica de 1980 y a la derecha la que sustituyó a la anterior, construida en el año 2009.

tíficas (CSIC), cuyo embrión fue el antiguo Instituto de la Construcción y Edificación que fundó en 1934 su propio padre junto a José María Aguirre González, Modesto López Otero y otros profesionales de la ingeniería y la arquitectura. También preside la Fundación Eduardo Torroja, relevante organismo que desarrolla actividades en las que se relacionan la arquitectura con la ingeniería civil, potenciando la colaboración mutua y ahondando en la investigación, nuevas tendencias y conocimientos de ambas disciplinas, apoyándose en los ejemplos integradores del propio Eduardo Torroja. Desde la propia fundación se colabora con el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja por medio de los "Seminarios Torroja" en los que se organizan e imparten multitud de seminarios, ponencias y coloquios monográficos en temáticas acordes con las nuevas tecnologías de la ingeniería civil, así como novedosos materiales o técnicas vanguardistas.

Recibe del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (CICCP), en el año 2011, el premio Santo Domingo de la Calzada con el que se le reconoce su especial dedicación a la profesión y su interés por aumentar el prestigio y reputación de esta institución. En este acto se le concedió la medalla de honor del CICCP en septiembre de 2013, se le rindió un merecido homenaje por su labor como profesor visitante entre los años 2000 y 2008, que aportó prestigio a la nueva Escuela de Caminos en la Universidad de Castilla-La Mancha.

Actualmente ocupa la presidencia de honor de la Asociación Científico-Técnica del Hormigón Estructural (ACHE) y el pasado mes de marzo, Torroja recibió la Medalla Agustín de Betancourt que concede la Universidad Politécnica de Madrid, en un acto presidido por su rector, Guillermo Cisneros. Pepa Cassinello, profe-

### José Antonio Torroja Cavanillas



Sector de arco de uno de sus pasos superiores de la calle Marqués de Torroja y Avenida de Pio XII sobre el M-30 Norte.

sora de la ETS de Arquitectura de la UPM y directora de la Fundación Eduardo Torroja, destacó que esta medalla es un reconocimiento a una poliédrica y relevante trayectoria profesional, también resaltó que Torroja "es uno de los más admirados y queridos referentes de la vanguardia en la ingeniería española y en su enseñanza". En cuanto a su obra, destacó que "durante más de sesenta años ha sido innovadora, plural y extensa; puentes, viaductos, autovías, carreteras, edificios... Siempre al servicio de las cambiantes demandas de la sociedad, aunando la innovación técnica con la necesaria optimización de procesos constructivos y el estético lenguaje de la desnudez que imprime la racionalidad aprendida".

## >> Ingeniería y arte van siempre potencialmente unidas. «

De entre las variadas e interesantes manifestaciones de Torroja Cavanillas se podría resaltar esta reflexión: "Suelo enseñar a mis alumnos a valorar el pasado y siempre les expongo que mi obra favorita es el Camino de Santiago, obra anónima que ha perdurado en el tiempo y se ha convertido en un auténtico modelo para la construcción de carreteras. Mi sueño sería el de proyectar un puente con libertad absoluta, sin condicionantes técnicos o económicos; ya, ya sé que se trata de un sueño imposible, pero no renuncio a él". Su frase profunda y lapidaria, muy lejana de lo que ahora entendemos por ingeniería del espectáculo, es la siguiente: "Mi labor es ejercer un callado servicio a la sociedad". Resulta reveladora y simpática su manifestación en una entrevista que le hizo el diario El País con fecha 18/07/2007 cuando confiesa que en muchas presentaciones o alusiones a su persona ha pasado de

ser el hijo de su padre a ser el padre de su hija, en referencia a la enorme fama de su padre Eduardo así como a la de su hija Ana, popular cantante del grupo musical Mecano.

## **Proyectos** y construcciones

Aunque en la mayoría de sus obras predomina su idea de utilitas, también destaca su originalidad, belleza e innovación. Desde la década de los 60, ha intervenido en la redacción de más de 500 proyectos de todas las ramas de la ingeniería civil y también ha realizado numerosos trabajos de planeamiento territorial y urbano. La labor de proyecto se ha visto, desde sus orígenes, complementada con su participación en dirección de obras, especialmente en el campo de las grandes estructuras. A mediados de los años 90, siempre como director del estudio Torroja Ingeniería, se inició en el desarrollo de sistemas de gestión para el mantenimiento de estructuras, siendo precursores de nuevos métodos de inspección y de evaluación de estructuras existentes, así como de evaluación del riesgo potencial de socavación en estructuras sobre cauces.

El propio Torroja confiesa que guarda un gran recuerdo de sus primeras obras en Marruecos: el depósito de agua en Sidi-Bernoussi, que concluyó en 1961, el puente pretensado sobre el río Souss o los depósitos de agua de Khouribga y Bou-Iniba, terminados en 1962. De aquellos años queda esta reflexión poética difundida en una entrevista:"Quien no ha dormido alguna noche en una jaima del inmenso Sáhara, rodeado por la hospitalidad berebere y un absoluto silencio, no podrá admirar el infinito cielo negro en contraste permanente con los millones de estrellas que fulguran en la bóveda celeste."

En 1964 se encarga del proyecto del nuevo puente de Belesar sobre el río Miño en Portomarín, que se elevará sobre viejas estructuras anegadas por el propio embalse del mismo nombre que se estaba construyendo. Allí se rescataron restos de un viejo puente medieval y Torroja tuvo que diseñar esta obra atendiendo a la nueva situación del vetusto puente, así como al propio itinerario del Camino de Santiago, al que daría servicio el nuevo, sin perder de vista el emboque hacia la vieja estructura y el ermitorio, ya que estos monumentos son visitados por los peregrinos que lo cruzan.

En orden a recalcar los aspectos sencillos, rectilíneos y utilitarios de una estructura pontonera, se podrían



Viaducto de San Pedro de la Ribera-Cudillero en la autovía A-8 reformado en el año 2009 según proyecto de Torroja y construido por el Grupo Puentes.



Puente Internacional sobre el río Miño en Tuy en imagen del año 2007.

poner como ejemplo varios de sus proyectos, como el puente internacional de Tuy sobre el río Miño, en la autovía que une esta localidad con la portuguesa de Valença do Minho, o la complejidad de su viaducto de Tamaraceite, correspondiente al acceso norte a la ciudad de Las Palmas de Gran Canaria, donde también levantó los cuatro puentes del Barranco de Maya y de Calabozo para conformar la nueva variante de la Cuesta de Silva, obras que se terminaron en 1981. Otra estructura destacable es la pasarela sobre el río Duero en la localidad soriana de Almazán, con un tablero sinuoso a base de losas prefabricadas de sección triangular, que fue la primera estructura peatonal construida en España en la tipología de "banda tesa" para tableros.

Un proyecto especialmente interesante de Torroja es el ejecutado en el año 2009 en la carretera N-632 (Eje Cantábrico), que discurre por la costa asturiana. Entre los años 1992 y 1994, se construyó el viaducto de San Pedro de la Ribera sobre el río Esqueiro, cerca de Cudillero, según proyecto de Manuel Juliá Vilardell. Al aprobarse la nueva autovía A-8, hubiera sido lógico construir un nuevo viaducto, propio de una vía ancha y rápida, pero en este caso se propuso readaptar la estructura de una nacional ensanchando el tablero para que pudiera dar servicio a ambos sentidos de la nueva autovía. Era una estructura de 750 metros de longitud con un tablero curvo e inclinado de hormigón pretensado al que, en una compleja reestructuración, se consiguió duplicar la anchura hasta los 23 metros por medio de una nueva alma central de hormigón y acero, siempre conectado al cajón preexistente, y amplios voladizos. En la misma A-8, también tuvo ocasión de proyectar el viaducto de Ontón, cerca de la localidad cántabra de Castro Urdiales.

En los años 80 y 90 Torroja Cavanillas trabajó en varios frentes: en el término lucense de Chantada proyectó un viaducto sobre el río Miño, y en las inmediaciones de Zaragoza construyó el puente de Las Fuentes sobre el río Ebro, por el que le concedieron el premio Construmat de 1991 a la mejor obra de ingeniería civil. Otra obra interesante es el puente de los Frailes sobre el río Júcar, en los límites de la provincia de Albacete, y en Valencia también proyecta varios pasos elevados conocidos como puentes de Pinedo.

En Madrid tiene intervenciones interesantes, como son los puentes curvos del enlace de la calle Marqués de To-



Iglesia de Nuestra Señora de Guadalupe, junto al Parque de Berlín, en Madrid.

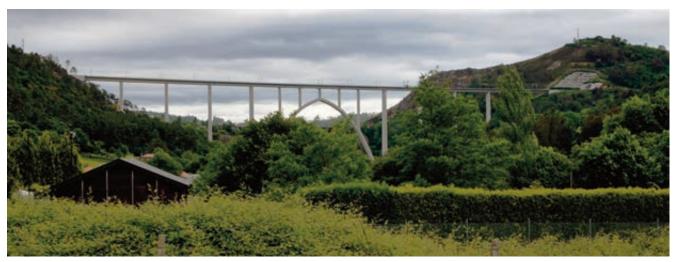
rroja y la avenida de Pío XII con la M-30, obras complejas por el entramado de nudos de comunicación previamente existentes, así como las dos pasarelas que en 1978 diseñó para la M-30 en su tramo norte, una que da acceso desde el centro a la calle Rafael Bergamín y otra que lo hace a la calle Ángel Gordillo. Cada una de ellas constaba de un arco biarticulado de hormigón armado con luces de 103 metros que cubrían el ancho del propio corredor de la M-30. Existían rampas de acceso en ambas cabeceras que apoyaban en la zona de riñones de los propios arcos. Tras las reformas de la M-30 del año 2009 fueron modificadas y el Ayuntamiento contó de nuevo con Torroja para los nuevos proyectos. El arco biarticulado de Ángel Gordillo subsiste, mientras que para la pasarela de Rafael Bergamín se optó por una nueva estructura, bella y original.

Uno de los últimos proyectos dirigidos por Torroja personalmente entre los años 2008 y 2011 ha sido el Arco del Ulla para la línea de alta velocidad Madrid-Santiago. Este arco es récord de altura sobre el terreno para la alta velocidad; fue objeto de un concurso convocado por ADIF donde TORROJA INGENIERÍA participó junto con DRAGADOS y TECSA. Es el proyecto más laureado de la oficina puesto que recibió los premios de San Telmo (Demarcación Galicia), Acueducto de Segovia (que es premio nacional del colegio de Madrid) y premio a la mejor obra de hormigón de la asociación ACHE.

Se dice, y con cierta razón, que José Antonio Torroja siempre hace referencia a sus obras mostrando gran dosis de humildad, pues utiliza para ello la primera persona de plural otorgando gran relevancia al grupo que componen los profesionales de su estudio. También Javier Manterola manifestó en alguna ocasión que en los nuevos tiempos cada vez era más frecuente que las obras fueran anónimas o se asignaran a colectivos de profesionales, perdiéndose la personalidad o protagonismo del ingeniero proyectista. En el caso de Torroja Cavanillas, o del propio estudio que dirige, resultan impactantes sus actuaciones en la autovía A-67 (Cantabria-Meseta) que se produjeron entre los años 2004 y 2008, unas veces actuando en el proyecto constructivo y otras veces aportando la asistencia técnica a la propia dirección de obra. La belleza y armonía de los diferentes pasos que luchan por cruzar los escarpes de la cordillera Cantábrica son indiscutibles. El viaducto de Montabliz sobrecoge, especialmente cuando se admira desde el punto más bajo, que es el cauce del río Bisueña, apreciando el agigantamiento de esas pilas enormes y la curvatura del tablero pleno.

## Trabajos de edificación

Torroja también trabaja la edificación, pudiéndose destacar su colaboración en los templos religiosos, concretamente en la iglesia de Nuestra Señora de Guadalupe



Viaducto del AVE sobre el río Ulla. Proyecto de Torroja para la UTE Dragados-Tecsa que construye el Grupo Puentes de A Coruña.

(1965), frente al parque de Berlín, en Madrid, conocida popularmente como el templo del Sombrero Mejicano. Se trata de un proyecto dirigido por el prestigioso arquitecto Félix Candela Outeriño y Enrique de la Mora Palomar, en el que colabora José Ramón Azpiazu Ordóñez y, como técnico ingeniero, el propio Torroja. De planta octogonal, ocupa interiormente una circunferencia de 55 metros de diámetro. Su cubierta consta de una estructura laminar compuesta por ocho paraboloides hiperbólicos y cuyo espesor no llega a superar los 4 centímetros. En el cerramiento lateral se instala otra lámina plegada muy fina con vidrieras que, en unión de los cuatro pilares centrales, soporta el peso de la cubierta. También es destacable su intervención en la iglesia parroquial de San Luis Gonzaga en la ciudad de Barcelona, terminada en 1969. Por otra parte, en edificación industrial, son muy relevantes sus naves y bodegas, como la de González Byass en Jerez de la Frontera.

## **PUBLICACIONES DESTACADAS**

Los trabajos escritos por José Antonio Torroja abarcan desde 1962 a 2015. Entre ellos podemos encontrar artículos en las principales publicaciones de ingeniería civil, participación en obras colectivas, así como ponencias en diversos congresos y jornadas nacionales e internacionales. Algunos de los más relevantes son los siguientes:

Torroja Cavanillas et al. (1962): "El canódromo madrileño", Informes de la Construcción, vol. 14, n.º 138.

Torroja Cavanillas (1974): "Dimensionamiento y comprobación (en sección fisurada) de secciones de hormigón pretensado para los estados límites", Revista de Obras Públicas, n.º 3.110.

Torroja Cavanillas (1992): "Ingeniero generalista o Ingeniero especialista" "Revista de Obras Públicas", n.º

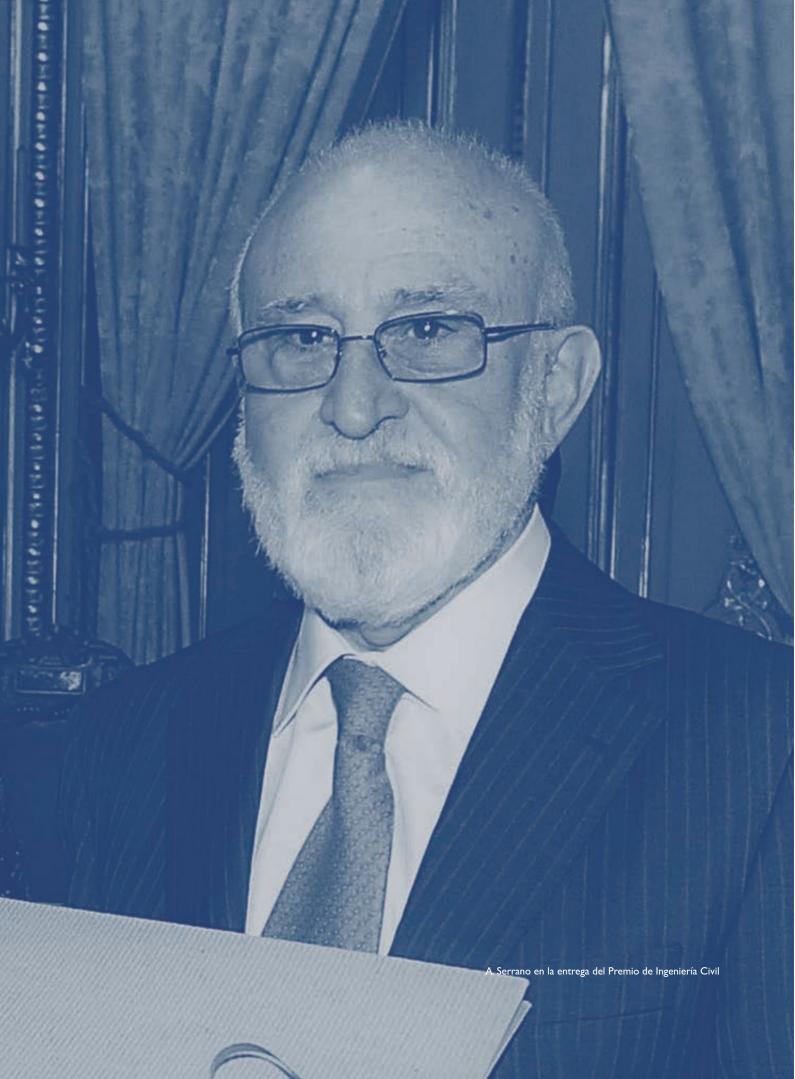
Torroja Cavanillas et al. (2008): "Diálogo sobre la forma", Ingeniería y Territorio, n.º 84.

Torroja Cavanillas (2010): "Félix Candela y el paraboloide hiperbólico: forma estructura y forma visual" Fundación Juanelo Turriano y UPM.

Torroja Cavanillas et al. (2011): "Estructuras de la variante de la Cuesta de Silva en Gran Canaria", Hormigón y Acero, n.º 260.

Torroja Cavanillas (2015): "Origen e historia de los puentes extradosados", Jornadas de la ACHE.

Mi sueño sería el de proyectar un puente con libertad absoluta, sin condicionantes técnicos o económicos; ya sé que se trata de un sueño imposible, pero no renuncio a él.



# »Premio Nacional de Ingeniería Civil 2007«

Nacido en La Matanza de Acentejo (Tenerife) en 1935, Alcibíades Serrano es una autoridad mundial en Geotecnia, una disciplina que, según sus propias palabras, "no es para vanidosos, porque todo lo que hacemos los geotécnicos lo enterramos, nadie ve lo que hay debajo de un puente, una presa o una central nuclear". Por eso se sorprendió cuando, en 2007, le concedieron el Premio Nacional de Ingeniería Civil y consideró que, más que un premio a su aportación profesional, aquel galardón era un reconocimiento a la geotecnia española.

# Alcibíades Serrano González

Fuera de los límites de la ciencia

Julia Sola Landero



A. Serrano junto a Claudio Olalla, actual catedrático de ingeniería y morfología del terreno.

Alcibíades Serrano González, Catedrático emérito de Mecánica de Rocas en la Universidad Politécnica de Madrid, su trayectoria profesional ha estado vinculada fundamentalmente al Laboratorio de Geotecnia del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX), del que fue director durante casi una década. Sus trabajos de investigación y sus publicaciones sobre la Mecánica de Rocas son conocidos en los cinco continentes. Como experto geotécnico ha participado en proyectos de cimentaciones de puentes, túneles, vías de AVE, carreteras, edificios, presas, puertos o centrales nucleares. En buena medida, ha estado presente en las obras de infraestructura más importantes que se han desarrollado en España en los últimos 50 años.

Hijo de un maestro que vivía en la pequeña isla canaria de la Gomera, aprendió a estudiar en soledad. Desde niño estuvo rodeado de libros y se dedicó a leer cuanto podía, y ya en la más temprana adolescencia

descubrió la existencia de las matemáticas, disciplina que se convirtió en su gran pasión, hasta el punto de que estudiaba lo justo para aprobar las otras asignaturas y el resto del tiempo lo dedicaba a leer y a estudiar matemáticas. Fue su profundo conocimiento de las matemáticas lo que le dio una perspectiva excepcional sobre el campo de la ingeniería. Esta afortunada síntesis marcó el sello de su trayectoria profesional, en la que aunó el desarrollo teórico más refinado en sus proyectos y la aplicación práctica de sus fórmulas matemáticas, que comprobaba en el "tajo" como ingeniero de campo.

Pero la vocación que le llevaría a estudiar ingeniería de Caminos fue aún más temprana. Cuando sólo tenía seis años, oyó contar a María Luisa Beltrán, su maestra de La Gomera, que en uno de sus viajes había cruzado el canal de Suez, una obra que conectaba dos grandes mares para acortar la travesía de los buques. Ante la fascinación del niño, la maestra también habló de otro



A. Serrano junto a un grupo de compañeros de obra.

gran canal construido en el lejano Panamá para unir dos océanos. Fue el relato de aquellas prodigiosas obras las que plantaron en su imaginación la semilla de su futura vocación. De forma que, nada más acabar el bachiller decidió estudiar la que por entonces era una de las carreras más difíciles del panorama universitario, la ingeniería de Caminos, Canales y Puertos. Estudios que compaginó con la carrera de Ciencias Exactas, presentándose en junio a Caminos y en septiembre a Matemáticas.

## >> En sus clases magistrales no hablaba un solista sino una orquesta.

Perteneció a la primera generación de alumnos del profesor José Antonio Jiménez Salas, un docente legendario que creó escuela y concitó el cariño y la admiración de sus discípulos. Creador de la Mecánica del Suelo en España, de él se dijo que en sus clases magistrales "no hablaba un solista, sino una orquesta, porque en sus enseñanzas había dimensiones técnica, científica, ingenieril, humana y religiosa".

Terminó Caminos en 1960, en una España en vías de desarrollo en donde en materia de infraestructuras estaba todo por hacer. Enseguida empezó a trabajar en Entrecanales, empresa constructora que por aquellas fechas tenía en su plantilla a una veintena de ingenieros y que en el futuro se convertiría en el gigante Acciona. Serrano recuerda de aquellos años la vocación de servicio que sentían los jóvenes ingenieros, la enorme ilusión que ponían en todo lo que hacían y las dificultades



A. Serrano pronunciando el discruso homenaje al profesor José Antonio Jiménez Salas (2016), "Padre de la geotecnia española".

para desarrollar su trabajo. "Éramos más pobres e idealistas, y como no había ordenadores, nos teníamos que conformar con maquinitas de multiplicar que funcionaban con manivelas. Por ejemplo, antes tardábamos en hacer círculos de deslizamiento aproximadamente cinco o seis horas, ahora se hacen mil círculos en un minuto".

En Entrecanales trabajó durante cinco años y después, hasta 1988, se dedicó al estudio y la investigación en el Laboratorio Nacional de Geotecnia de España, dependiente del CEDEX y dirigido por el profesor Jiménez Salas. Animado por éste, en 1968 ingresó en la Universidad de Cambridge, uno de los centros punteros en el mundo en materia de Geotecnia, con la misión de traer a España toda la información de lo que se estaba haciendo allí.

## Alumno brillante

En Cambridge se incorporó al grupo de trabajo dirigido por el profesor Roscoe, quien dijo de él que "había sido el alumno más brillante que había tenido nunca". Roscoe estudiaba las teorías de Sokolovski que en ese momento comenzaban a introducirse, sobre la plastificación en el campo de los esfuerzos. En la universidad inglesa deslumbró a propios y extraños por sus estudios de las deformaciones del terreno y las condiciones que tenían que cumplir en cada momento para que fuesen coherentes con las tensiones existentes en el mismo. Desarrolló así su afamada "teoría de los campos asociados", que permite describir durante la rotura del suelo, la interacción entre el campo de tensión y el campo de deformación.

Ya de vuelta a España a finales de 1969, se encargó de organizar por primera vez los cursos de doctorado

#### Alcibíades Serrano González



A. Serrano recibiendo la placa de Socio de Honor de la Sociedad Española de Mecánica de Rocas.



Placa de Socio de Honor de la Sociedad Española de Mecánica de Rocas.

sobre todas las teorías que venían trabajándose en el grupo de Cambridge. Entre 1969 y 1973 impartió clases en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos de Santander, donde fue el profesor encargado de poner en marcha por primera vez la asignatura de Mecánica del Suelo y Cimentaciones; y entre 1967 y 1979 impartió clases de Geotecnia y Cimientos en la Escuela Técnica Superior de Caminos en Madrid.

En aquellos años también dirigió varias tesis doctorales y de ellas, las que recuerda con más cariño son las referidas al estudio mecánico de medios discontinuos, con las que trató de apartarse del enfoque clásico de abordar los problemas, que consistía en adoptar "a priori" la estructura de las ecuaciones constitutivas que rigen el material. En lugar de elegir uno de los dos modelos de estructura matemática - de tipo elástico o de tipo plástico -, él prefería interrogar directamente a la naturaleza estudiando los suelos granulares, analizando cada una de las partículas del medio y observando el movimiento de cada una de ellas.

# Escrutando suelos y rocas

Una de sus líneas preferenciales de actuación ha sido la Mecánica de Rocas, un ámbito del conocimiento arduo y complicado por la dificultad que presenta considerar al terreno como un discontinuo y a la imposibilidad de encontrar modelos matemáticos capaces de simular toda su complejidad. Sobre su aportación a esta disciplina, John A. Hudson, catedrático emérito del Imperial College de Londres y uno de los máximos es-



Cartel homenaje a A. Serrano "Mecánica de Rocas aplicada a Túneles".

pecialistas en mecánica de rocas, dijo de él que "sus trabajos teóricos sobre cimentaciones en medios rocosos han supuesto poder disponer de un marco teórico y conceptual que no existía con anterioridad".

En 1987 fue designado director del Laboratorio de Geotecnia del CEDEX, donde continuó con las líneas de trabajo del profesor Jiménez Salas, pero poniendo el acento en otras disciplinas, como la geofísica aplicada al reconocimiento del terreno para analizar los campos de deformaciones, o en el desarrollo y análisis de ondas superficiales para prospecciones de terrenos, modificando frecuencias para, de ese modo, hacer una especie de sondeo geofísico. También avanzó en el estudio de la Dinámica de Suelos, materia desconocida en España hasta los primeros años 80. Tanto era así que cuando entre 1978 y 1979 dirigió los estudios de las cimentaciones de la Central Nuclear de Vandellós, hubo que enviar las muestras de suelo a California para diagnosticar sus propiedades dinámicas.

Entre sus trabajos más complejos, Serrano destaca la cimentación de las centrales nucleares de Vandellós y Ascó. Fue en Ascó, cerca del río Ebro, donde encontró quizás el mayor problema de su carrera profesional: el terreno era expansivo y con el agua se hinchaba y se movía. Serrano se incorporó al proyecto de la central para solucionar este problema, la obra ya estaba empezada y tuvo que hacer infinidad de cálculos e intervenciones para impedir que el agua se filtrara. La central comenzó a funcionar en 1984 pero llegó a hacer un modelo matemático calculando y pronosticando los levantamientos que iba a tener la central hasta 2005.

Sin embargo, su proyecto más difícil fue probablemente un puente en Guinea-Bisau para salvar el río Mansoa, una obra que no llegó a culminar debido al estallido de la guerra civil en aquel país africano en 1999. Con cerca de un kilómetro de longitud, el puente estaba localizado cerca del mar, por lo que había que tener en

cuenta la subida de las mareas, además de la fuerte velocidad del agua en su desembocadura. Por añadidura, los terrenos estaban compuestos a base de fangos casi líquidos, lo que hizo que la cimentación fuese especialmente complicada y hubiese que buscarla a 80 metros de profundidad. Además de aquel puente inacabado, también considera el puente del Río Miño entre España y Portugal, como una de las obras más complicadas, debido a que la roca donde se apoyaba la estructura se debilita con enorme facilidad.

#### En tierras canarias

En los años 70 realizó la cimentación del imponente puente de Silva, que conecta Las Palmas de Gran Canaria con Agaete y que en su época llegó a ser el puente más alto de Europa. En Canarias el terreno no es sedimentario, sus suelos volcánicos suelen tener muchas oquedades, la roca "cruje", se rompe y se hace polvo, por lo que se pierde la resistencia. Las pilas cimentadas sobre piroclastos dificultaron enormemente la construcción del mismo, por eso, para levantar la infraestructura hubo que realizar la cimentación mediante pilotes hechos a mano.

En Canarias participó también, junto con Claudio Olalla, Eduardo Pradera Gámez y Diego Fernández de Castro, en la obra dirigida por Antonio Cárdenas Carrillo para permitir la restauración y apertura al público del auditorio de los Jameos del Agua, situado en una caverna volcánica, que llevaba varios años cerrado debido a su inestabilidad estructural. Entre las aportaciones de Serrano se encuentra la metodología de análisis, realizada para definir los riesgos existentes en los materiales de origen volcánico que constituyen la bóveda del auditorio natural. Ello es debido a que los materiales volcánicos canarios presentan notables particularidades y en general, características de resistencia no lineales poco conocidas. Por ello, para trabajar sobre este tipo de suelos es necesario realizar sofisticados ensayos e interpretarlos a la luz de nuevas teorías, diferentes a las de otros tipos de suelos y rocas. Esto tiene una especial relevancia en los piroclastos de baja densidad, que plantean unos problemas específicos en cuanto a posibles colapsos o roturas bruscas, que se producen de forma repentina, sin que existan deformaciones previas significativas que sirvan de advertencia. Por ello es importante disponer de un marco teórico y práctico que describa y permita estimar las propiedades de resistencia y deformabilidad de los piroclastos canarios.

#### Alcibíades Serrano González





A. Serrano con la Ministra Magdalena Álvarez quien le hizo entrega del Premio Nacional de Ingeniería Civil.



Durante el discruso de A. Serrano en el acto de entrega del Premio Nacional de Ingeniería Civil (2007).

# Saber renacentista

De Alcibíades Serrano se dice que siempre ha unido con imaginación y maestría, la teoría y la práctica a la hora de abordar un proyecto. Que le gusta formular sobre el tablero y bajar al "tajo". De vida larga y fecunda, podría decirse que casi todos los actuales catedráticos de Geotecnia de este país, han sido alumnos suyos.

Su capacidad intelectual ha dejado espacio suficiente para detenerse a estudiar historia española y universal, para la lectura (relee la Eneida en latín), para disfrutar de la pintura, lo que le ha llevado a visitar innumerables veces el Museo del Prado los domingos a primera hora de la mañana, y acudir habitualmente, melómano consumado, al Auditorio Nacional de Música de Madrid.

Podría decirse que Alcibíades Serrano es un hombre del Renacimiento, que ha sabido aplicar su amplio saber fuera de los límites de la ciencia. Por eso defiende que "hay una cosa que no da la tecnología y es el juicio crítico a la hora de hacer un trabajo".

### **PUBLICACIONES DESTACADAS**

Serrano ha participado en la publicación de una veintena de libros o monografías relacionados con distintos aspectos de la Ingeniería Geotécnica. De particular trascendencia ha sido su colaboración junto con el profesor Jiménez Salas y otros alumnos de éste, en la redacción de los tomos II y III del libro "Geotecnia y Cimientos" sobre las propiedades y mecánica de los suelos y de las rocas, de uso extendido en universidades, y en empresas de ingeniería y constructoras, en todo el mundo hispanoparlante.

También ha colaborado en la redacción de distintas normativas geotécnicas de uso en España y en particular en el Código Técnico de la Edificación. Ha publicado cerca de un centenar de artículos y ha participado en decenas de cursos y congresos nacionales e internacionales. Su actividad como conferenciante es uno de los aspectos que mayor prestigio le ha otorgado tanto en España como en el extranjero. De particular importancia son sus múltiples publicaciones en las revistas internacionales de mayor y reconocido prestigio, en el dominio de la Geotecnia.

Estos son algunos de sus libros:

- Geotecnia y Cimientos II (1976) en colaboración con J.Á. Jiménez Salas y J.Ĺ. Justo Alpañés, pp. 1186. Ed. Rueda. Madrid.
- Geotecnia y Cimientos III (1989) en colaboración con otros Profesores, pp. 2115. Éd. Rueda. Madrid.
- Construction of Roads on Soft Soils (1980) en colaboración con otros expertos. O.C.D.E. París.
- "La plasticidad aplicada a la Mecánica del Suelo" (1976). Separata capítulos II y IV del Libro Geotecnia y Cimientos II. Laboratório del Transporte y Mecánica del Suelo.
- Movimientos de tierras de demoliciones. En colaboración con J.Mª Rodríguez Ortiz, A. Uriel y J. Sanz. Norma Básica I del M.V.
- Cimentaciones del terreno. Colaboración con J.Mª Rodríguez Ortiz, A. Uriel y J. Sanz. Norma Básica 2A del M.V.
- Cimentaciones. En colaboración con J.Mª Rodríguez Ortiz, A. Uriel y J. Sanz. Norma Básica 2B del M.V.
- Norma Tecnológica de Galerías y Túneles. En colaboración con J.A. Jiménez Salas y J.Mª Rodríguez Ortiz.
- Norma para la redacción del proyecto de túneles, del M.O.P.U. con colaboración con J.Mª Rodríguez Ortiz. M.O.P.U.

- Estudio Normalizado de Pequeñas Obras de Paso. Separata Geotécnica del M.O.P.U. En colaboración con J.Mª Rodríguez Ortiz.
- Apuntes de Mecánica de las Rocas. (1996). Publicaciones de la E.T.S. de Ing. C.C. y P.
- Carga de hundimiento en macizos rocosos. (1994). Monografía M-36. en colaboración con C. Olalla. CEDEX. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas.
- Mecánica de Rocas I. Descripción de las Rocas. (1997). 315 pp. Publicaciones de la E.T.S. de I.C.C. y P. Madrid.
- Mecánica de Rocas II. Propiedades de las Rocas. (1997). 537 pp. Publicaciones de la E.T.S. de I.C.C. y P. Madrid.
- Elementos de Estática de los Túneles. (1997). 139 pp. Publicaciones de la E.T.S. de I.C.C. y P. Madrid.
- Cargas admisibles de Cimentaciones en Macizos Rocosos. (1996). Monografía M-54. CEDEX-MOPT. En colaboración con C. Olalla.
- Carga de Hundimiento en un Macizo Rocoso Anisótropo con un criterio de Rotura no lineal. (1998). Monografía CEDEX. M-60 M° Fomento. En colaboración con C. Olalla.

Su excelencia como ingeniero de Caminos no se debe sólo a sus profundos conocimientos teóricos, sino también a su capacidad para excuchar el lenguaje de la naturaleza y descifrarlo en clave matemática.



# »Premio Nacional de Ingeniería Civil 2008«

Apasionado desde niño por la ingeniería aplicada al dominio del agua, Roque Gistau se autodefine como un servidor público cuyo objetivo, en su casi medio siglo de vida profesional, ha sido trabajar por el bien común en la gestión del agua urbana, en España y el exterior. Su decisiva contribución a la modernización del Canal de Isabel II y al éxito de la Exposición Internacional de Zaragoza 2008 le valió el Premio Nacional de Ingeniería Civil y un lugar entre los grandes de la ingeniería contemporánea española.

# Roque Gistau Gistau

Pasión por el agua

Javier R. Ventosa

#### Roque Gistau Gistau



Roque Gistau, ante una foto de la presa de El Atazar, la principal del Canal, en los años 90.

En ocasiones, los hechos vividos en la niñez marcan el camino a una persona. Puede ser el caso de Roque Gistau Gistau (Bielsa, 1946), impactado desde su infancia en el Pirineo oscense por las obras de aprovechamiento hidroeléctrico del Alto Cinca, desarrolladas, a partir de 1915, por ingenieros que construyeron en esta zona un importante sistema de canales, presillas y saltos de agua. Aquel despliegue combinado de agua y de técnica hidráulica, cerca de su lugar de correrías, despertó en su alma infantil el deseo de "hacer eso" algún día y, con los años, esta ha sido la razón aducida por él para explicar por qué optó por estudiar Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, especialidad de Hidráulica, en la que ha sido reconocido como un maestro por toda la profesión.

Su formación académica le apartó del entorno rural. A los 10 años marchó interno a Zaragoza para cursar el bachillerato, despuntando como alumno excelente. Ávido de aprender como estaba, comenzó a leer a Joa-

quín Costa, cabeza del regeneracionismo del siglo XIX e impulsor de la política hidráulica implantada en décadas posteriores, algo que le influiría en la elección de su carrera universitaria. Acabado el bachiller, inició los estudios de Minas en Oviedo, pero un año después se cambió a la Escuela de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos de Madrid. "Elegí Hidráulica y Energética -recuerda-, es lo que me apetecía y a lo que luego me he dedicado". Compaginó estos estudios con la carrera de Empresariales, algo inusual entre los ingenieros, "que odiaban la economía", pero no para él. "Siempre me interesó la gestión empresarial", dice. Terminó Caminos en 1970 y Empresariales un año después.

Su vida laboral arrancó ya en el último año de carrera, al entrar como becario en Construcciones Civiles (Coviles). En esta empresa, entre proyectos y planos de obras hidráulicas, aprendió desde abajo e interiorizó la esencia de la profesión. Con capacidad, esfuerzo y pasión por el trabajo, fue ascendiendo, primero a jefe de



El Canal impulsó en la época de Gistau un nuevo sistema de saneamiento en los grandes municipios. En la imagen, Estación de Depuración de Aguas Residuales de Arroyo de la Vega.

obras y, con apenas 30 años, seguramente debido a su formación económica, a director técnico, con responsabilidad en proyectos. En 1973, la compra de la empresa por Obrascón, base de OHL, trajo a Gistau tres lustros de plenitud como ingeniero de proyectos, siempre desde el nivel de gestión, primero como jefe de di-

> >> Todos los que trabajamos en el mundo del agua tenemos la misma vocación de servicio.

visión, luego como subdirector de edificación y finalmente como director de construcción. En los primeros años de la democracia, cuando se levantaron decenas de presas, recorrió España interviniendo en varios proyectos: saneamiento de marjales (Castellón), presas de Riaño (León), Montanejos (Castellón) y Sierra Boyera (Córdoba), acequias de Najerilla (La Rioja)... Fue una etapa "muy gratificante para un ingeniero, pero muy dura", recuerda.

### Los años del Canal

En 1986, con un perfil ya inclinado hacia la gestión, su vida dio un giro al ser contratado como director económico y financiero por el Canal de Isabel II, la empresa pública que abastece de agua a Madrid y que dos años antes, en plena descentralización autonómica, había sido transferida desde el Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo a la Comunidad de Madrid. Gistau llegó a una empresa "bien parida y tradicionalmente bien gestionada, que ha pasado por todos los avatares políticos manteniendo siempre un servicio de alta calidad", pero también una compañía pública con una organización administrativa rígida, un campo de actuación limitado y unos procesos y medios anclados en el pa-

## Roque Gistau Gistau



Con Joaquín Leguina, presidente de la Comunidad de Madrid, en los años 90.

sado, incapaz de dar respuesta a los problemas de agua de los madrileños. La ampliación de funciones, derivada de la nueva Ley madrileña de abastecimiento y saneamiento de aguas, fue un punto de inflexión en la historia del Canal, ya que lo abocó a acometer una modernización que ha sentado las bases de la empresa actual. Este proceso, ya iniciado en su etapa de director financiero, fue impulsado por Gistau entre 1988 y 1995, cuando fue su director gerente.

En estos años de cambios, el Canal transformó su filosofía para afrontar la implantación del Plan Integral del Agua en Madrid (PIAM), embrión de un nuevo modelo de abastecimiento y saneamiento de agua para toda la Comunidad. Este plan estratégico, gestionado por Gistau, no solo amplió el ámbito de abastecimiento del Canal a todo el territorio autonómico, sino que extendió su campo de actividad desde el abastecimiento a la depuración de aguas residuales y la conservación de los ríos. Una revolución para la empresa pública nacida en 1851. Con ese objetivo, desde el Canal se proyectaron y construyeron los nuevos sis-



Gistau, junto al presidente chileno Ricardo Lagos, ante la depuradora La Farfana, en 2003.

temas de abastecimiento para suministrar agua con el mismo nivel de calidad a todos los municipios madrileños. También se erigió un nuevo sistema de saneamiento en los grandes municipios –incluidas las Estaciones de Depuración de Aguas Residuales-, hasta entonces solo existente en la capital. Esta dotación de infraestructuras "financiada íntegramente con fondos propios" y continuada en planes posteriores, puso los cimientos del Canal como primera empresa española

> >>> Los ingenieros planificamos, proyectamos, construimos y operamos las infraestructuras, creamos el hardware del país, para que funcione. Somos servidores sociales \( \)

en realizar el ciclo integral del agua (captación, tratamiento, abastecimiento y saneamiento). Como parte de esta estrategia, también se fortaleció la estructura del Canal con la absorción de empresas que abastecían la sierra Norte y el sur de Madrid, la incorporación de una nueva presa (La Aceña) y el desarrollo de un sistema de pozos de agua subterránea como recurso frente a la sequía.

En esta época se realizaron otros cambios trascendentales para mejorar la eficacia del Canal, sobre todo la introducción de un nuevo modelo de gestión de empresa, con parámetros novedosos como el control financiero y la gestión comercial orientada al cliente, que modernizaron la organización, iniciando el camino de la autosuficiencia financiera de la empresa. Como director gerente, Gistau introdujo innovadoras herra-



aérea del recinto de la Exposición Internacional sobre el agua, junto a un meandro del río Ebro, en 2008.

mientas informáticas en sustitución de los procesos manuales que mejoraron la gestión del servicio, entre ellas sendos modelos de red, para conocer el estado de los 10.000 kilómetros de tuberías, y de gestión de sequías, capaz de predecir cuándo tomar medidas frente a este fenómeno.

En conjunto, dio un empujón modernizador al Canal liderando un equipo de directores "brillantes" y contribuyó a crear una empresa más moderna basada en la eficiencia y la sostenibilidad financiera, consolidándola como un modelo de servicio público de aguas para todos los madrileños, además de situarla entre las grandes compañías mundiales. Estos años intensos, que forjaron su prestigio como gestor de empresas, fueron para él, "sin duda", su etapa más feliz. Aún estaría ligado al Canal hasta 1996 como director general de la emprese Interagua.

## En la órbita privada

Tras desligarse del Canal, el régimen de incompatibilidades para los altos cargos vigente en España apartó a Gistau un tiempo del sector, en lo que él denomina

"años de cuarentena", y fue llamado para ejercer como secretario general del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, con José Antonio Torroja como presidente. Desde este cargo contribuyó a la defensa de la profesión y la mejora de los servicios prestados a los colegiados, aunque, apunta, "sobre todo aprendí a convivir con compañeros de carrera".

Fue un intervalo de apenas dos años (1996-1998), tras el cual regresó al sector de la mano de Aguas de Barcelona (Agbar), la principal empresa privada de agua de España, que le contrató como nuevo director general de Aquagest, filial de gestión de servicios de agua y saneamiento. Para Gistau, reincorporarse al sector privado no fue un gran cambio en el modo de trabajar, pese a las diferencias de concepto y de intereses existentes con el modelo público. En su ideario, "el servicio del agua debe ser un servicio público que tiene que tener un control público; el modelo de gestión puede ser público o privado, lo único que importa es que sea eficiente", afirma. En este punto, subraya que todas las empresas en las que ha trabajado, tanto públicas como privadas, comparten el objetivo de dar la máxima calidad de servicio. "Todos los que trabajamos en el mundo del agua -afirma- tenemos la misma vocación de servi-

## Roque Gistau Gistau



Pabellones en el recinto de la Expo del Agua, recuperados para diversos usos ciudadanos.

cio". Una filosofía aplicada durante los casi cinco años en Aquagest. "Siempre entendimos que si el servicio era de calidad, la rentablidad llegaría. Y así fue", concluye.

Sin dejar la órbita privada, en 2002 inició una nueva etapa que le llevaría a Chile y a otros países de la región, al ser designado por Agbar como presidente de una compañía participada por el grupo catalán, Aguas Andinas, responsable del abastecimiento de agua en Santiago de Chile. Su experiencia como ejecutivo en gestión de aguas urbanas fue decisiva en esa designación. En Santiago asumió la misión de "poner en orden y modernizar" la principal compañía privada de aguas del país, que tenía paralelismos con el Canal de Isabel II (tamaño de población servida y de volumen de agua portada, autosuficiencia financiera, modo de gestión), pero también diferencias en cuanto al marco de actuación (concesional) y la titularidad del recurso (en ese país, a diferencia de España, el agua es un bien privado). La empresa, privatizada dos años antes, afrontaba un proceso de ajuste de un nuevo modelo de gestión y de ejecución de un importante paquete de inversiones, derivados de un plan estratégico que a Gistau le correspondió pilotar, como ya hizo en el Canal. Durante esta etapa se amplió la red de abastecimiento, se impulsó la introducción de tecnologías punta y la integración de sistemas para mejorar la eficiencia, se reformó el sistema tarifario y, como gran hito, entró en servicio La Farfana, una de las cinco mayores plantas depuradoras del mundo, que, trabajando en red, trata el 75% de las aguas residuales de Santiago, un servicio hasta entonces inexistente. Al término del plan, el servicio de aguas de la capital había crecido en calidad y cantidad, y la empresa ya era la mejor de Latinoamérica en su sector.

# Expoagua de Zaragoza

De vuelta a España, en 2004, trabajó un año como delegado general del Grupo Agbar en Madrid, pero la vida le llevaría pronto por otros derroteros. En esa época, aún de bonanza económica, el Gobierno promovía una Exposición Internacional sobre el agua en Zaragoza y para su organización se pensó en Gistau por su doble condición de aragonés y experto en temas del agua, pero también como ingeniero, economista y gestor de





La recuperación de las riberas del Ebro para la ciudad de Zaragoza es uno de los logros de la Expoagua que más enorgullecen a Gistau.

grandes empresas. En febrero de 2005 asumió este desafío por dos motivos: "aportar algo a mi tierra, en la que nunca había trabajado, y dejar mi contribución al mundo del agua". El reto era inmenso, pues se partía de cero, "no existía ninguno de los tres componentes para montar un negocio: recursos económicos, recursos humanos y objetivos claros", tan solo una fecha, el 14 de junio de 2008, para la inauguración. Un plazo que, desde el primer día, se antojó muy corto y que puso a prueba la capacidad de Gistau para adaptarse a los grandes retos de gestión.

En esos tres años y medio hasta la apertura de la muestra, Gistau y un reducido aunque eficaz equipo que conformó en breve tiempo conciliaron la constitución de la sociedad estatal Expoagua Zaragoza 2008 - "pusimos hasta el nombre", dice- con la obtención de la financiación entre los socios, e incluso la compra de parcelas del recinto para celebrar el evento, situado en el meandro del Ebro en la zona Ranillas. También crearon el continente y el contenido de la muestra (pabellones, edificios y equipamientos), así como un argumentario sólido para difundir su mensaje, que, resumido en el lema Agua y Desarrollo Sostenible, buscaba abrir un debate entre países sobre el uso mundial de los recursos hídricos y su sosteniblidad ante la amenaza del cambio climático. Superada la fase conceptual, el último reto fue transformar los proyectos en obras de la muestra y, además, coordinarlo con las obras de infraestructuras para mejorar la accesibilidad (cierre de cinturones Z-30 y Z-40, nueva terminal del aeropuerto, remate de la estación de tren...), dos líneas de actuación que supusieron el mayor volumen de inversión y de obra pública en la historia de la ciudad.

El equipo de Gistau cumplió el compromiso y consiguió abrir el día fijado y mostrar al mundo, durante



Con los Reyes de España, en la inauguración de la Expo del Agua.

93 días, el resultado del esfuerzo común: un recinto de 25 hectáreas que albergaba pabellones, estructuras emblemáticas (Torre del Agua, Palacio de Congresos, Acuario Fluvial) y obras singulares de ingeniería, además de parques, espacios y dotaciones con el agua como hilo conductor (parque Luis Buñuel, plan de riberas, azud del Ebro), que configuraron el continente de la muestra. En la parte del contenido, por la zona de Ranillas desfilaron más de 2.000 expertos, procedentes de 105 países, para difundir conocimiento y despertar conciencias ante el cambio climático en el marco de la Tribuna del Agua, foro de debate inédito que inspiró el documento final de la Expo (Carta de Zaragoza) destinado a orientar las políticas de aguas de los gobiernos del mundo. "Nunca he visto tanta concurrencia de notables, tantos pensamientos y reflexiones en torno al tema del agua", rememora Gistau.

La Expo, que tuvo 5,6 millones de visitantes (estaba pensada para 6 millones) hasta su clausura, el 14 de

## Roque Gistau Gistau



Medalla de oro de Zaragoza y medalla del premio Basilio Paraíso, dos galardones que reconocen la labor de Gistau en la Expo del Agua.

septiembre, fue un éxito de organización y proyectó a Zaragoza a la vanguardia mundial de la gestión del agua y la sostenibilidad ambiental. Como artífice del éxito, que él atribuye "a un equipo excepcional y al apoyo de los accionistas", Gistau recibió el reconocimiento social -"es lo que de verdad me llega al alma" - y las más altas distinciones de su tierra (medallas de oro de Aragón y de Zaragoza) y premio Basilio Paraíso y, extendido a toda su carrera, el Premio Nacional de Ingeniería Civil del Ministerio de Fomento en 2008. Todas ellas las luce con orgullo, al igual que el informe del Tribunal de Cuentas sobre Expoagua, que avaló el rigor aplicado en la gestión y recomendó aplicar a eventos similares los procedimientos de control implementados en la Expo.

Sin embargo, la Expo, "el proyecto más difícil de mi vida", le dejó un sabor agridulce por no haber alcanzado todos los objetivos que se fijó. Hoy, una década después, cree que ha contribuido, en su modesta medida, a "dejar muchas cosas de utilidad para la ciudad", no solo las infraestructuras, que sin la muestra "hubiesen tardado años en realizarse", sino, sobre todo, la integración del río Ebro en la ciudad, el antiguo límite urbano que hoy, gracias a los parques y al renovado frente fluvial, es una de las zonas favoritas de ocio de los zaragozanos. Cuando ahora pasa por la zona de Ranillas, aplaude el proyecto post-Expo, que ha recuperado la zona dando uso público a los edificios existentes, pero le hubiera gustado haber mantenido vivo el legado de la Tribuna del Agua a través de la creación de un núcleo permanente de transferencia de conocimiento sobre el agua.



Fotografía de su álbum personal.

# La etapa final

Tras la Expo, el último lustro de su trayectoria profesional, hasta febrero de 2014, lo dedicó a presidir la Asociación Española de Abastecimiento de Agua y Saneamiento (AEAS), una asociación profesional de operadores, profesionales y organismos públicos con responsabilidad en abastecimiento y saneamiento, a la que Gistau aportó su experiencia de más de 40 años para representar a este sector y actuar como portavoz de sus intereses. Desde esta atalaya siguió, como sigue hoy, la evolución en España. Y, comprometido por "ser hasta el último día un servidor público", como leyó en el discurso de entrega de uno de sus premios, aportó su implicación en los debates abiertos y formuló propuestas dirigidas a mejorar el funcionamiento de uno de los sectores estratégicos para el país.

En esta etapa postrera, su incansable actividad no ha cedido y se ha incorporado a distintas instituciones e iniciativas que, ya jubilado, le mantienen activo. Desde el Colegio de Ingenieros de Caminos, para el que presidió la Asociación de Ingenieros y es patrono de la Fundación de Ingenieros, hasta el Ministerio de Fomento, como vocal del Consejo Asesor de Fomento, integrado por expertos independientes que asesoran al titular del Departamento en materia de planificación, o el Comité Nacional de Grandes Presas, además de acudir a los numerosos actos donde es convocado. Con tintes más solidarios, también es vocal en el Consejo Asesor de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) y participa en la Fundación Energía sin Fronteras, desde donde se coordinan grupos que realizan trabajos de abastecimiento de agua, modestos pero muy necesarios, en países de África. "Lo peleé con todas las instancias, pero nadie cogió el testigo, por lo que fracasé", dice con su proverbial sinceridad.

# EL PAPEL DEL INGENIERO EN LA SOCIEDAD

Enamorado como está de su profesión, Roque Gistau cree que la sociedad actual, huérfana de principios, no valora en su justa medida las aportaciones de la ingeniería para resolver las demandas sociales. Y, ya que no se hace desde filas propias, defiende la puesta en valor de la profesión que, con su ingente labor, crea infraestructuras para mejorar la calidad de vida de todos. "Los ingenieros planificamos, proyectamos, construimos y operamos las infraestructuras, creamos el hardware del país, para que funcione". El papel del ingeniero, pues, está claramente definido: "Somos servidores sociales".

En una época dominada por la tecnología, que amenaza con relegar al individuo, Gistau reivindica, por insustituible, el valor del ingeniero. "El proceso de reflexión necesario para planificar, ordenar y resolver la necesidad planteada no tiene alternativa al cerebro humano y precisa de un periodo de maduración y los ajustes necesarios" escribió en su discurso para agradecer la entrega del Premio Nacional de Ingeniería Civil. Y para fomentar esa alternativa, el camino es buscar la excelencia en la preparación académica y el desarrollo de capacidades que ha caracterizado siempre a los ingenieros: "formación rigurosa y profunda, capacidad de análisis y habilidades para la decisión". Son capacidades que se adiestran con "voluntad, trabajo, autoexigencia y afán de servir", ha escrito. Desde luego, el mundo

actual, vertiginoso y cambiante, requiere para los ingenieros del futuro una formación excelente, "mejor que la nuestra", debido a los avances tecnológicos y las nuevas condiciones del entorno (cambio climático, desarrollo sostenible), que hay que conocer mejor. También demanda atributos como el liderazgo o la capacidad para trabajar en cualquier lugar, lo que a su vez exige el dominio de idiomas y de las reglas del juego del mundo globalizado. Y es que el ingeniero de hoy, como ya experimentó Gistau, tendrá que salir fuera, al mercado internacional, en algún momento de su carrera.

Califica de "muy bueno" el nivel del ingeniero español aunque sin llegar al nivel de sus precursores del XIX, a los que se relee con gusto, "excepcionales y muy polivalentes". De hecho, reivindica la formación más integral de los ingenieros españoles que les diferencia de los foráneos, más especializados, y su liderazgo en campos como la ingeniería sanitaria, donde nuestras empresas "son de lo mejor del mundo". Gistau reclama que el esfuerzo exterior de la ingeniería debe ir acompañado de una estrategia potente de país, pero, por encima de todo, reflexiona, "está en nuestra mano" conseguir que la ingeniería mantenga e incluso eleve el nivel actual, para lo cual hace falta "esfuerzo, marcarse unas metas y luchar por ellas".

El tiempo libre que le queda a este altoaragonés de costumbres modestas, cercano en el trato y franco se lo dedica a su familia -su esposa, María José, compañera durante casi medio siglo, y sus cuatro hijos, uno de ellos ingeniero como él, que le han dado nueve nietos–también lo dedica a sus aficiones, pasear, leer -le fascinan la arqueología industrial y la historia de la ingeniería- y a su última pasión: la ebanistería. Una afición, al igual que la ingeniería, despertada en la niñez, en este caso por un carpintero a cuyo taller belsetano acudía a realizar pequeños trabajos, y que ahora, tras aflorar tardíamente, ha perfeccionado en un taller de la sierra madrileña y proyecta llevar a Bielsa. Afortunadamente para todos, entre sus dos aficiones de niño, Gistau eligió la ingeniería.

Comprometido por "ser hasta el último día un servidor público".



# »Premio Nacional de Ingeniería Civil 2011«

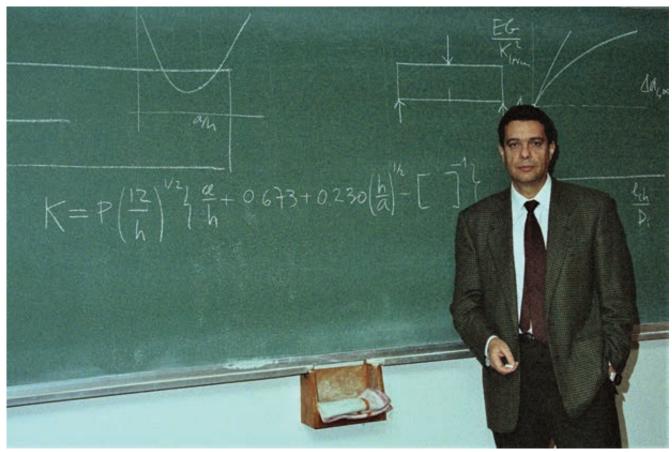
Con gran curiosidad desde niño, cuenta Manuel Elices que sus vivencias en un pequeño instituto de enseñanza media, con menos de 20 alumnos por curso y el campo y el mar muy cerca, acrecentaron su interés por la naturaleza y, en particular, por las ciencias.

# Manuel Elices Calafat

Fascinado por la ingeniería de los materiales

Carmen Fort Santa-María

#### Manuel Elices Calafat



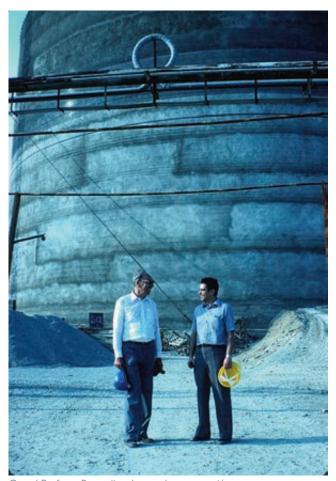
Profesor Manuel Elices Calafat en clase.

Manuel Elices Calafat, Doctor ingeniero de Caminos, es académico numerario de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales y de la Real Academia de Ingeniería. Catedrático de Ciencia de los Materiales en la Universidad Politécnica. También es académico desde 2004, en la sección de Ingeniería y Ciencia de Materiales, de la Academia Europea, y es el primer ingeniero español académico de la National Academy of Engineering de Estados Unidos (sección extranjeros). Desde 2008, es académico de la Real Academia de Doctores de España. Confiesa que su mayor satisfacción profesional ha sido la creación de una carrera nueva y el fomento de una nueva disciplina cuya importancia ha ido aumentando en el mundo ingenieril. "Es de esperar que esta nueva titulación tenga un impacto importante en el crecimiento económico del país".

Nació en Mahón (Menorca) el 2 de abril de 1938. Supera sus estudios de bachillerato con una nota media de sobresaliente y se desplaza a Madrid para estudiar ingeniería en la Universidad Politécnica. En 1963 termina la carrera de Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos con el número uno de su promoción, y un año

más tarde obtiene la licenciatura en Ciencias Físicas por la Universidad Complutense de Madrid con nota media de sobresaliente. En 1968 obtiene el doctorado en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos con sobresaliente cum laude y premio extraordinario. Además, realiza estancias postdoctorales en Gante, Standford, Northwestern, Carnegie Mellon y en el Centro Internacional de Física Teórica en Trieste.

Fue galardonado con el Premio Nacional de Ingeniería Civil, en el año 2011, principalmente por dos razones: la primera, por su labor pionera e innovadora al introducir en la ingeniería los conceptos de seguridad estructural basados en la mecánica de la fractura. Esta disciplina se ha aplicado en estructuras de hormigón, metálicas y mixtas y ha proporcionado criterios de diseño y ensayo de materiales que aparecen en los códigos de diseño internacionales (FIB, ASTM, ACI, ISO, entre otros); en particular ha tenido una contribución destacada en la patología de los aceros para estructuras pretensadas y en el estudio de la fractura de hormigones. Creando y fomentando el desarrollo del Grupo Español de Mecánica de la Fractura y Seguridad



Con el Profesor Bruggeling durante la construcción de los depósitos de gas natural licuado.

Estructural integrado por ingenieros de todas las especialidades, con lo que ha contribuido muy especialmente a que las estructuras sean más seguras. La segunda razón fue por su influencia en la docencia, investigación y aplicaciones de la ciencia e ingeniería de materiales en España. Ha sido el creador de la carrera de Ingeniero de Materiales (carrera de carácter transversal) y ha fomentado su desarrollo en numerosas universidades españolas e iberoamericanas. Estos estudios están siendo muy valorados por su formación interdisciplinar y los alumnos que la terminan cuentan con buenas expectativas de empleo. No hay que olvidar que la ciencia de materiales, junto con la energía y la información, son los pilares que sustentan el desarrollo de las sociedades avanzadas.

Lleva dedicado a la enseñanza, desde 1971, como catedrático de Física y ciencia de materiales en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos de Madrid.

# **Inicios** e inquietudes

Cuenta Manuel Elices —que tuvo curiosidad desde niño— que las vivencias en un pequeño instituto de enseñanza media —menos de 20 alumnos por curso, con el campo y el mar cerca— acrecentaron su interés por la naturaleza y, en particular, por las ciencias.

La decisión de estudiar Ingeniero de Caminos la tomó, entre otros motivos, por su fascinación por las estructuras: puentes, presas, cubiertas laminares... Sin embargo, una vez iniciados los estudios en la Escuela de Caminos sintió la necesidad de seguir profundizando en algunas asignaturas de carácter básico y compaginó los estudios de ingeniería con los de ciencias físicas.

Comenzó su andadura profesional aunando la investigación de la obra pública en el Laboratorio Central de Ensayo de Materiales del Ministerio de Obras Públicas, con la docencia como profesor ayudante en la cátedra de Resistencia de materiales. Al poco tiempo obtuvo por oposición la cátedra de Física en la Escuela de Caminos de Madrid y, desde 1975, decidió dedicarse exclusivamente por vocación a la docencia y a la investigación, creando el departamento de Ciencia e Ingeniería de los Materiales.

Las curiosidades que empezó a sentir desde niño se fueron transformando en inquietudes, lo que probablemente hizo que en su época investigadora se empezaran a gestar las dos actividades fundamentales que, sin abandonar la docencia, acabaron marcando su trayectoria profesional: la creación de la carrera de Ingeniero de Materiales y la fundación del Grupo Español de Fractura y Seguridad Estructural.

# Trayectoria profesional

Inició su trayectoria como docente, con la enseñanza de Física en los primeros cursos de la carrera de Ingeniero de Caminos de la Universidad Politécnica de Madrid. A la vez, fue abriendo camino a la Ciencia e Ingeniería de materiales, impartiendo clases de esta asignatura, inicialmente desde 1969 en cursos de postgrado, posteriormente, desde 1970, en cursos de doctorado, y a partir de 1975 como asignatura de 5.º curso de la carrera de Ingeniero de Caminos.

En numerosas ocasiones ha sido profesor invitado en Universidades de Estados Unidos (Stanford, Carnegie Mellon, Northwestern), Hispanoamérica (Argentina,

#### Manuel Elices Calafat



Profesor Manuel Elices con el equipo del Departamento de Ciencias de Materiales de la UPM en 2005, al que, comenta, debe todos sus logros.

Chile, Uruguay, Perú), Europa (Francia, Reino Unido, Italia) y Asia (Japón, Taiwán).

Cuenta con la dirección de 22 tesis doctorales, de las cuales más de la mitad han obtenido premio extraordinario. Ha sido formador de numerosos científicos, de los que al menos una docena son actualmente catedráticos muy activos en la docencia e investigación de distintas universidades, como la Politécnica de Madrid, la Universidad de Santander, la de A Coruña, la de Santiago de Chile, la de la Plata y la Universidad de El Cairo.

Entre las actividades docentes internacionales es importante destacar la organización de varios simposios como el Tercer Simposio Internacional sobre "Corrosión bajo tensión de aceros para la construcción" (El Escorial 1971), otros tres simposios patrocinados por IUTAM: "Fundamentals of deformation and fracture" (Sheffield, Reino Unido), "Fracture of britlle disordered materials" (Brisbane, Australia) y "Size-Scale effects in the failure of materials" (Turín, Italia), así como un curso COMEET en Madrid.

En su otra vertiente profesional, la investigación, considerada esta como la actividad orientada a la obten-

ción de nuevos conocimientos y su aplicación para la solución a problemas o interrogantes de carácter científico, ha ocupado una importantísima parcela de la vida del profesor Elices. Desde su experiencia en este campo, afirma rotundamente que las actividades han ido evolucionando con el tiempo –desde la física del estado sólido, pasando por la ciencia de materiales, hasta las propiedades mecánicas de los materiales biológicos – debido a una adaptación continua a las condiciones de contorno y al afloramiento de preferencias personales.

Así, se destacan tres etapas claramente diferenciadas en su trayectoria investigadora, la primera, entre 1964 y 1974, "Fisicoquímica del estado sólido", la segunda etapa, entre 1974 y el año 2000, "Ciencia e ingeniería de materiales" y la tercera, entre el año 2000 y el 2008, "Propiedades mecánicas de materiales biológicos".

La primera etapa, Fisicoquímica del estado sólido, en la que realiza estudios sobre estados electrónicos en cristales debidos a las superficies libres y su relación con la catálisis. La labor se realiza en el Laboratorio Central del CEDEX, en colaboración con la Universidad Autónoma de Madrid y el Instituto Rocasolano del CSIC (Centro Superior de Investigaciones Científicas).



Fotografía Submarina. Plumero de un gusano marino.

La siguiente etapa se refiere a Ciencia e ingeniería de materiales. Durante este periodo de investigación, realizado en el Departamento de Ciencia de materiales de la Universidad Politécnica de Madrid, se dedica principalmente a dos líneas de investigación. Por un lado a los Estudios sobre la fisicoquímica de la corrosión en la que apunta que los problemas originados por la corrosión tienen grandes repercusiones, tanto económicas como técnicas, y que todavía no se han resuelto satisfactoriamente; en particular, los fenómenos de corrosión bajo tensión, fragilización por hidrógeno y corrosión-fatiga, por su posible presencia en obras pretensadas, recipientes de presión, estructuras offshore y depósitos para almacenamiento de hidrógeno. Los trabajos realizados en esta etapa han contribuido a esclarecer el papel del hidrógeno en la fragilización de los aceros eutectoides trefilados y la importancia de las tensiones residuales en la corrosión bajo tensión y han facilitado la implantación de normas internacionales para controlar la susceptibilidad a la corrosión bajo tensión de los aceros para la construcción. Por otro lado, en esta etapa su investigación también aborda los Estudios sobre deformación plástica y mecánica de la fractura. En este caso la investigación se ha dirigido a estudiar la relajación de tensiones en estructuras pretensadas. En particular, su objetivo era buscar aplicaciones al curado al vapor de elementos pretensados, pérdidas de tensión por fluencia y relajación combinadas o por la presencia de tensiones residuales.

El profesor Elices puntualiza en este tipo de estudios que el comportamiento mecánico de materiales fisurados utiliza las técnicas de la mecánica de la fractura, por lo que los trabajos teóricos se han centrado en la modelización del proceso de fractura a partir del concepto de fisura cohesiva, en hormigones especialmente, y destaca con admiración la inestimable colaboración del profesor Jaime Planas. En el campo experimental, añade, se han medido propiedades de los materiales en condiciones muy críticas (-196 °C o 1.200 °C) y en algunas ocasiones ha sido preciso diseñar, construir y calibrar los equipos de medida porque no estaban disponibles en el mercado. Concretamente, para estudiar el comportamiento de los materiales utilizados en la construcción de depósitos para gas natural licuado, el laboratorio del Departamento de Física y Ciencia de Materiales de la Escuela de Caminos ha sido un referente mundial.

Entre los años 2000 y 2008, en su tercera etapa de investigación se centra en las Propiedades mecánicas de materiales biológicos. Esta última etapa en su línea activa de investigación la ha dedicado al estudio de las propiedades mecánicas de biofibras (colágeno, fibras de seda), membranas (arterias y piel) y huesos. Ha sido una etapa de colaboración interdisciplinar entre la ingeniería y la biomedicina debido a la creciente importancia de las ciencias de la salud. Durante este periodo todos los trabajos de investigación se han desarrollado en el Departamento de Ciencia de Materiales y en el Centro de Tecnología Biomédica, ambas instituciones de la Universidad Politécnica de Madrid, con la inestimable ayuda de Gustavo V. Guinea, ingeniero de Caminos y actual director del centro.

# Sus grandes logros y satisfacciones

Ya mencionados al inicio de estas líneas, sus actividades y logros más satisfactorios han sido la creación de una carrera nueva y del fomento de una nueva disciplina cuya importancia ha ido aumentando en el mundo ingenieril, todo ello gracias al inestimable e incondicional apoyo de su familia.

En esta parte del reportaje se ha creído oportuno reproducir textualmente la exposición realizada por el profesor. De esta manera el lector podrá percibir las connotaciones con las que describe tanto el proceso de creación, el cariño y la dedicación empleados y, finalmente, el estado de satisfacción personal.

#### Manuel Elices Calafat



Laboratorio del Departamento de Ciencias de Materiales de la Escuela de Ingenieros de Caminos de Madrid.

Estas son sus palabras sobre la carrera de Ingeniería de Materiales:

"[...] La carrera de Ingeniero de Materiales tiene una vocación transversal, ya que aunque en todas las ingenierías se estudian los materiales y los procesos de obtención, manipulación y aplicación, es mejor verlos de forma unificada.

Es bien conocido que el desarrollo económico y social de un país depende de sus conocimientos tecnológicos, de la energía disponible y de su nivel en la ingeniería de materiales. Los materiales avanzados son ya un componente esencial en la industria aeroespacial, en la del automóvil, en la electrónica y en las ciencias de la salud. También es un hecho que la velocidad de crecimiento de sectores clave en la economía está limitada por el progreso conseguido en la Ciencia e Ingeniería de Materiales. En estas circunstancias parece natural -hasta oportuno y necesario- la creación de unos estudios transversales destinados a formar especialistas en el campo de los materiales.

El planteamiento de esta nueva carrera superior se hizo en una reunión en la que convoqué, en 1992, a todos los catedráticos de España de Ciencia de materiales. Tras varias reuniones se redactó un documento de directrices y materias troncales que se aprobó por unanimidad en 1993, que se trasladó al Consejo de Universidades. En 1994 se aprobó la nueva titulación de Ingeniero de Materiales (BOE, 213 del 6 de septiembre de 1994).

En una primera etapa, el 77% de los ingenieros de materiales se insertaron en sectores directamente relacionados con la carrera y más del 80% tardaba menos de seis meses en conseguir el primer empleo, lo que indicó la percepción positiva de la titulación que tuvo la sociedad, pese a los pocos años que se llevaba impartiendo.

Con la llegada del proceso de Bolonia y la adaptación al Espacio Europeo de Educación Superior, los responsables de las 14 titulaciones de Ingeniería de Materiales que se impartían en España decidieron que coordinara la actualización de estos



Profesor Manuel Elices Calafat recibiendo el premio del Colegio de Caminos.

estudios. En 2007 la Universidad Politécnica de Madrid puso en marcha el nuevo título de grado de Ingeniero de Materiales de cuatro años de duración (he coordinado esta titulación hasta mi jubilación).

El grado de Ingeniero de Materiales tiene previsto tres ramas de máster en Ingeniería de Materiales: Materiales estructurales, Materiales funcionales y Materiales biológicos

Es de esperar que esta nueva titulación tenga un impacto importante en el crecimiento económico del país. La ingeniería de materiales permitirá que se desarrollen nuevas tecnologías que darán lugar a nuevas industrias y a un aumento del empleo y del bienestar social [...]".

Y sobre la mecánica de la fractura dijo lo siguiente:

"[...] La mecánica de la fractura es una disciplina que permite conocer la integridad de un elemento estructural; permite calcular la carga de rotura si se conoce el tipo de defecto, o bien el tamaño admisible de un defecto cuando el elemento estructural deba soportar una determinada carga.

Esta rama de la mecánica no alcanzó su mayoría de edad hasta la década de los 70 y en la actualidad sus resultados y recomendaciones están presentes en los códigos de diseño más avanzados.

>> El desarrollo económico y social de un país depende de sus conocimientos tecnológicos, de la energía disponible y de su nivel en la ingeniería de materiales. Los materiales avanzados son ya un componente esencial en la industria aeroespacial, en la del automóvil, en la electrónica y en las ciencias de la salud. «

Creo haber sido el introductor de esta disciplina en nuestro país. A mediados de los años 70 impartí cursos de doctorado sobre mecánica de la fractura

#### Manuel Elices Calafat



Con el equipo de buceo antes de una inmersión en 2015.

y propicié en 1976 la primera tesis doctoral sobre este tema (M.A.Astiz) en España.

Desde 1975 impartí una nueva asignatura, Mecánica de la fractura e integridad estructural, para los alumnos del 5.º curso de la carrera de Ingeniero de Caminos que optaron por la especialidad de Cimientos y Estructuras.

A partir de 1984 inicié una acción destinada a difundir y fomentar esta nueva disciplina en nuestro país: la creación del Grupo Español de Fractura, ahora conocido por Grupo Español de Fractura e Integridad Estructural. Desde esta fecha se han organizado ininterrumpidamente reuniones anuales por todo el territorio español y cada año se han publicado los anales con las contribuciones de los ponentes. El volumen y la calidad de las contribuciones han ido creciendo con el tiempo. Este grupo ha tenido una potente acción dinamizadora en el país.

La Asociación Internacional de Fractura de Materiales (ICF) me nombró director durante el período 1988-1991. En 1991, junto con otros profesores de Europa, EE.UU. y Japón, fundé la Asociación Internacional Fracture Mechanics of Concrete Structures. En 1992 fui elegido, por votación, miembro del consejo director (1992-1998).

De las cuatro revistas internacionales sobre mecánica de la fractura he sido editor asociado [...]".

### Gustos y pasiones

El mar, quizás por ser isleño, ha sido –y es, después de la curiosidad – su otra afición. Siempre ha sentido atracción por el mar; tanto cuando este está en calma de madrugada, como cuando destella bajo la luz del sol. Le gusta contemplarlo bajo la plácida luz de la luna. Cuenta que también tiene su encanto cuando está embravecido por la tramontana menorquina, pero subraya que su verdadero interés se ha centrado en la vida que bulle bajo su superficie; la infinidad de sorpresas, formas y colores que muestran las algas, los invertebrados y los peces.

Desde hace más de cincuenta años practica el buceo con escafandra autónoma -que dice no requiere especiales capacidades físicas- y siempre lleva una cámara fotográfica para quedarse con los recuerdos de las inmersiones.

En estas ha ido evolucionando conforme han ido progresando los aparatos fotográficos. Así, nos cuenta que de las instantáneas obtenidas en la primera etapa de buceo -cuando usaba cámaras Nikonos, en las que debía estimar el enfoque y el diafragma y, además, usaba un flash con bombillas- recuerda la participación en excavaciones submarinas dirigidas por el profesor Manuel Fernández Miranda durante finales de los años 70 y comienzos de los 80. También participó en el estudio de un fondeadero romano en Calas Covas, en el rescate de una gabarra púnica en Binisafua y en la recuperación de objetos de un barco del siglo IV que transportaba chatarra, en Favaritx. Durante este período, a instancias del profesor Fernández Miranda, formó parte del Patronato del Museo Arqueológico de Madrid.

Entre los años 90 y comienzos de los 2000 -lo que él denomina su segunda etapa, en la que utilizaba una cámara Nikon AF réflex y flash electrónico-, se dedicó más a los peces, porque junto con el profesor Luis Cardona, ictiólogo eminente, se propusieron publicar un libro sobre los peces de Menorca. Consiguieron hacerlo y el resultado se puede disfrutar en dos volúmenes de la Enciclopedia de Menorca: el tomo 5, volumen 1 (con cinco capítulos y 300 páginas) y el tomo 5, volumen 2 (con dos capítulos y 115 páginas). También en esta etapa, y también junto al profesor Luis Cardona, publicaron varios artículos científicos relacionados con la aparición de peces termófilos en las costas de Menorca.

Durante la tercera y de momento última etapa -la era digital-, está utilizando cámaras digitales y flash electrónico, que al no estar limitadas por el carrete fotográfico permiten hacer más de un centenar de fotos en cada inmersión. Se ha centrado más en la macrofotografía, en particular en el fascinante mundo de los invertebrados. Algunas fotografías se han publicado en

# **RECONOCIMIENTOS**

Premio Nacional de Ingeniería Civil (2011).

Premio Nacional de Ciencia y Tecnología Leonardo Torres Quevedo (2000).

Premio de la Comunidad de Madrid Miguel Catalán a la carrera científica (2013).

Medalla de Honor del Colegio de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos (1995).

Medalla de Oro de la Real Sociedad Española de Física

Medalla de Honor de la Universidad Politécnica de Madrid (2015).

Medalla de Oro de la ciudad de Mahón (1994).

Premio Ramón Llull del Gobierno Balear (1998).

Premio DuPont en Ciencia de Materiales.

Medalla Bengough de la Metals Society.

Medalla Alan B. Dove de la Wire Association International.

Medalla de la Real Sociedad Española de Física

Medalla de la Real Academia de Ciencias

Cruz del Mérito Naval de Primera Clase.

Cruz del Mérito Militar con distintivo blanco.

revistas especializadas, portadas de algunos libros y se han exhibido en exposiciones colectivas. No obstante, junto con el profesor Luis Cardona está acabando una edición, muy detallada y con muchas fotografías, sobre los peces de las Islas Baleares.

# Otras actividades, contribuciones e impacto social

Otras actividades ingenieriles, relacionadas con los materiales y la seguridad estructural, pueden resumirse en la participación en obras tan dispares como los depósitos para gas natural licuado (asesoramiento y con-

# TÍTULOS -

Doctor Honoris Causa por la Universidad Carlos III y por la Universidad de Navarra.

Académico Numerario de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de España (1993).

Académico Numerario de la Real Academia de Ingeniería de España (1995).

Académico de la National Academy of Engineering de Estados Unidos (sección extranjeros) (2004).

Académico de la Academia Europea (sección ingeniería y ciencia de materiales) (1993).

Académico Numerario de la Real Academia de Doctores de España (sección ingeniería) (2008).

Miembro honorario de la Asociación Europea de Seguridad Estructural (2000).

trol de los materiales para usos criogénicos, en casi todos los construidos en España y en algunos fuera de ella), reactores nucleares (problemas de fragilización por hidrógeno), estructuras pretensadas (problemas de corrosión bajo tensión) o presas (estudios sobre la estabilidad de grietas).

El impacto social en el ámbito internacional se puede estimar por la presencia española en muchas instituciones internacionales, entre ellas, en la Federación Internacional del Pretensado (FIP, ahora FIB); ha sido presidente durante años de las Comisiones "Cryogenic Concrete" y "Damage Tolerance"; cofundador de la Asociación Internacional de Mecánica de la Fractura y Seguridad Estructural de obras de hormigón (FraM-CoS), y miembro del Consejo Europeo de Fractura.

Finalmente, Manuel Elices considera también una experiencia muy satisfactoria la impartición de varios cursos de Física moderna a estudiantes de humanidades en la Universidad Carlos III.

La ingeniería de materiales permitirá que se desarrollen nuevas tecnologías que darán lugar a nuevas industrias y a un aumento del empleo y del bienestar social [...].



# »Premio Nacional de Ingeniería Civil 2012«

Todo puede hacerse si se le dedica el tiempo necesario. Es una de las máximas de Juan Miquel Villar Mir, doctor ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, que ha dedicado su dilatada vida - nació en 1931 - a multitud de actividades empresariales. Trabajador infatigable, basa el éxito profesional en esta premisa: plantear un objetivo es lo primero que hay que hacer al emprender una tarea. Todo lo demás es consecuencia.

# Juan Miguel Villar Mir

Su primera vocación, la ingeniería

Julia Sola Landero

## Juan Miguel Villar Mir



Estudiante de ingeniería.

Cuando recibió el Premio Nacional de Ingeniería Civil, en 2012, Villar Mir recordó en el acto de entrega, que su temprana experiencia profesional como ingeniero arrancó cuando, con 18 años, ingresó en la Escuela Especial de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, que dependía del entonces Ministerio de Obras Públicas.

A lo largo de su intensa trayectoria profesional, Villar Mir ha reunido multitud de cargos y reconocimientos, pero se declara particularmente honrado con ser colegiado de honor en Caminos, en Agrónomos y en el Instituto de la Ingeniería de España, y de colaborar en la Reales Academias de Ingeniería, y de Ciencias Económicas y Financieras de Barcelona.

Hombre de múltiples registros, ha compaginado a lo largo de su vida sus facetas de ingeniero, en la que queremos centrar nuestra mirada en este reportaje y empresario. Ni la improvisación o la suerte están detrás de sus éxitos académicos o profesionales, porque ya desde niño plantó las bases que le permitirían en el futuro alcanzar altas metas. Supo muy temprano que lo mejor que podía hacer para salir adelante era dedicarse a estudiar, y no cabe duda de que todo lo que ha



Promoción de ingenieros.

logrado en su vida es debido a que nunca ha dejado de aprender. Pero también reconoce la importancia de los valores recibidos de su padre y que le han acompañado toda la vida: disciplina, constancia, puntualidad y respeto a la palabra dada.

Al margen de su actividad profesional, Juan Miguel Villar Mir es un gran amante del arte y la música. Le gusta escuchar y tocar el piano "de oído", un instrumento que tiene en casa y también en el barco en donde practica otra de sus grandes pasiones: el mar. Disfruta navegando, nadando lento y contemplando el mar. Algo que contribuye a conseguir el sosiego que siempre ha buscado en su trayectoria vital.

# Su etapa de estudiante

Los primeros frutos de ese temprano espíritu de superación fueron sus brillantes resultados académicos. Obtuvo matrícula de honor en todas las asignaturas de bachillerato, fue número uno de su promoción en Caminos y en Derecho, carrera esta última realizada en la Universidad Complutense de Madrid. Se diplomó en la Escuela de Organización Industrial y en el Economic Development Institute, en Washington D.C. y al volver a España, en 1968, obtuvo por oposición la Cátedra de Contabilidad y Legislación de la Escuela Especial de Ayudantes de Obras Públicas, en la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Años después, en 1980, opositó con igual éxito a la Cátedra de Organización de Empresas de la Escuela Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, puesto que había ocupado hasta entonces su profesor, Jose María Aguirre Gonzalo. Desde ese puesto de catedrático impartió clases durante 33 años, hasta 2001.



Cubipodos en Puerto Exterior de A Coruña. España.

Su vocación docente le llevó también a dirigir cursos de doctorado y de postgrado, y fue fundador y presidente del Master de Dirección de Empresas Constructoras y del Master de Gestión de Infraestructuras y Servicios Públicos.

Además, ha escrito una decena de libros relacionados con organización de empresas - en torno a la contabilidad, derecho mercantil, o la globalización de los mercados - editados por la UPM y por el Colegio de Caminos.

Fiel a su vocación técnica, nunca se ha apartado de las actividades que tienen que ver con la ingeniería. Así, ha sido presidente del Colegio Nacional de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, del Comité Agroeconómico de la IFA (International Fertilizer Association) y de la Fundación Agustín de Betancourt, dedicada al fomento de la investigación en el campo de la ingeniería civil.

En 2011, como presidente de la fundación que lleva su nombre, firmó un convenio de colaboración con la UPM, para la creación de la Cátedra Universidad-Empresa denominada "Cátedra Juan-Miguel Villar Mir en Organización y Dirección de Empresas". Objetivo: favorecer el desarrollo de la excelencia en la docencia, la transferencia del conocimiento y la investigación, y otorgar becas y ayudas a la formación e investigación en el área de Organización y Dirección de Empresas.

# Aventura empresarial

Sus conocimientos técnicos, unidos a la capacidad de trabajo y a la perseverancia - también a la audacia - le llevaron muy pronto a explorar los campos empresarial y técnico, desde donde promueve y defiende la innovación tecnológica y el I+D+i.

Tras su paso por el Ministerio de Obras Públicas, trabajó en Dragados y Construcciones como responsable de obras en Marbella y después ingresó como ingeniero auxiliar en el Puerto de Cádiz. Cuando contaba 36 años, se hizo cargo de la presidencia de Hidro Nitros Española, una empresa creada en 1940, dedicada a fabricar productos electroquímicos y a producir energía eléctrica. Hoy esa compañía cuenta con cinco centrales hidroeléctricas y produce ferromanganeso y silicomanganeso para la fabricación de aceros. Presidió también Carbonífera del Sur, Altos Hornos de Vizcaya, Altos Hornos del Mediterráneo, Empresa Nacional de Celulosas y Electra de Viesg.



Línea de Alta Velocidad Ankara-Estambul. Turquía.

# Origen del grupo

Pero su experiencia empresarial más decisiva ocurrió en 1987, año en el que comenzó a fraguarse el Grupo Villar Mir. Fue cuando, cumplidos los 56 años, se lanzó a trabajar por cuenta propia y decidió centrarse en su actividad empresarial. Empezó por la empresa constructora Obrascón que se integrará en la compañía emblemática del Grupo Villar Mir: OHL, formada por la fusión de Obrascón, Huarte y Lain.

De espíritu versátil, ha puesto en marcha una treintena de empresas con actividades más allá del sector ingenieril, y a día de hoy, su grupo empresarial integra compañías con entidad y autonomía propias, relacionadas con la electrometalurgia, energía, química básica y fertilizantes, inmobiliaria, activos financieros, concesiones y construcción. Con sede en la Torre Espacio de Madrid, está presente en 32 países de los cinco continentes y es uno de los grupos empresariales más importantes de este país.

La empresa emblema del grupo, OHL, dedicada a las obras públicas, construye hospitales, carreteras, puer-

tos, infraestructuras aeroportuarias y obras hidráulicas. Es a día de hoy un referente internacional en la construcción de ferrocarriles y ha realizado proyectos en Europa, Asia, África y América. Entre sus actividades está el de haber llevado a cabo el primer proyecto de construcción de una empresa española en el sector ferroviario de Estados Unidos, al prolongar el metro de Miami hasta el aeropuerto internacional de esta ciudad. Ha participado en el primer proyecto de alta velocidad de Turquía, entre Ankara y Estambul, y actualmente también participa en uno de los proyectos más destacados del panorama internacional, formando parte del consorcio hispano-saudí Al Shoula, encargado de ejecutar la segunda fase del proyecto Haramain de Alta Velocidad entre Medina y La Meca,

#### Innovar para avanzar

Además de la diversificación y la internacionalización de las empresas - necesaria muy particularmente en el sector de la construcción -,Villar Mir apuesta por la innovación tecnológica. Uno de sus preceptos inapela-



Centro Canalejas Madrid. España

bles ha sido el de desarrollar tecnología propia en lugar de importarla. Cree firmemente en la importancia de los avances en ingeniería para el progreso global y que la innovación es el factor esencial para aumentar la productividad y la competitividad.

Un ejemplo de esta teoría llevada a la práctica se desarrolla en OHL, una de las compañías europeas que más han invertido en I+D+i. El balance de los últimos 15 años se cifra en alrededor de 300 iniciativas de I+D+i en 26 países desarrollados en colaboración afortunada simbiosis - con cerca de medio centenar de universidades y centros de investigación de 14 países.

Entre los resultados más tangibles de sus proyectos I+D+i, se encuentra el cubípodo, un elemento de escollera artificial desarrollado en colaboración con la Universidad Politécnica de Valencia, y utilizado para la construcción del manto principal de diques de abrigo portuarios en talud. Se trata de un bloque cúbico de hormigón con protuberancias en forma troncopiramidal en sus caras, lo que permite superar los inconvenientes de los tradicionales cubos de caras planas, ya que evitan el apelmazamiento de las piezas y aumentan el rozamiento entre ellas. Con ello se mejora la distribución de impactos del oleaje y, por tanto, la resistencia del dique frente a los temporales, por lo que resulta especialmente eficaz en puertos castigados por fuertes oleajes o situados en zonas con riesgo sísmico. A día de hoy, sus resultados se pueden ver en los puertos de Málaga, A Coruña, Las Palmas de Gran Canaria o en la marina de Argel. Una aportación de la ingeniería española, que este mismo año, ha sido exportada al puerto danés de Hamstholm para la instalación de 2.400 piezas des-



Old War Office. Reino Unido

tinadas al dique principal de prolongación del puerto a lo largo de una estructura de 396 metros de longitud.

Para mejorar la seguridad en la construcción y uso de las infraestructuras, la compañía ha colaborado en FOT-sis (Field Operational Test On Safe, Intelligent and Sustainable Road Operation), una iniciativa europea encaminada a desarrollar tecnologías para mejorar la movilidad, seguridad y sostenibilidad del transporte de carretera mediante la conexión entre vehículo e infraestructura. Este proyecto arrancó en 2011 y durante su desarrollo, las sociedades concesionarias de OHL participaron en las pruebas de campo realizadas en suelo español: gestión de emergencias e incidencias, control inteligente de los atascos de tráfico, programación dinámica de rutas o monitorización de vehículos especiales.

OHL también ha formado parte del consorcio europeo NeTTUN (New Technologies for Tunnelling and Underground Works), que reúne a 21 empresas, centros tecnológicos y universidades de nueve países, con el objetivo de mejorar los aspectos críticos relacionados con el diseño, construcción y mantenimiento de obras subterráneas, avanzando en el desarrollo de herramientas y soluciones, tales como un sistema multisensor de predicción de suelos para tuneladoras, brazos robotizados para operaciones de mantenimiento de la cabeza de corte de éstas, herramientas de corte con mejores prestaciones y durabilidad, o mecanismos de control para minimizar posibles daños a estructuras cercanas a la obra en entornos urbanos.

En favor del medio ambiente, cabe resaltar la participación el proyecto europeo Life Equinox, cuyo objetivo

# Juan Miguel Villar Mir



Conexión ferroviaria AirportLink. EEUU.



Autovía del cantábrico. Tramo Lindín-Careira. Lugo. España.



Hospital Rey Juan Carlos. España

es desarrollar nuevos pavimentos descontaminantes que, en combinación con las estrategias de gestión y control del tráfico urbano, ayuden a mejorar la calidad del aire de las ciudades. La idea es reducir la concentración de los óxidos de nitrógeno generados por el tráfico aplicando la fotocatálisis heterogénea, tecnología de oxidación avanzada que utiliza un fotocatalizador (dióxido de titanio TiO2) y radiación solar. Un proyecto en el que también ha participado el Ayuntamiento de

Madrid, que desde 2016 ha incorporado este tipo de pavimentos descontaminantes en cerca de 100.000 m2 de calzadas en el centro urbano de la ciudad.

Su apuesta más avanzada está en el campo de la digitalización de la cadena de valor de cada una de las áreas de actividad de la compañía. De ahí que el Plan Director de Sistemas 2016-2020 tenga como objetivos enfocar la atención en el Big Data, Data Analytics,

BIM o las 'smart cities'. Así, está implementando en todos sus procesos constructivos la metodología BIM (Building Information Modeling), que permite integrar en un único modelo digitalizado, planos, infografías, vídeos, mediciones, planificación, etc., lo que permite trabajar en el mismo proyecto e incluso de manera simultánea, a distintas empresas y profesionales. Ejemplos de éxito de aplicación de esta metodología son proyectos como la estación 72 del metro de Nueva York (Estados Unidos), la autopista Urbana Américo Vespucio (Chile), el proyecto ferroviario EPC Ski (Noruega), los hospitales Gustavo Fricke y de Curicó (Chile) o el Museo Nacional de Arqueología (MUNA) de Perú.

Juan Miguel Villar Mir ha dirigido su complejo empresarial trabajando doce horas diarias y sin perder la compostura. Padre de tres hijos, dicen de él que jamás ha alzado la voz, "porque quien grita, pierde la razón" y porque prefiere dirigir desde la calma y la estabilidad emocional. Una cualidad con la que - dice - no se nace, sino que hay que ganarla a pulso. Considera que un colaborador frustrado o descontento "no hace las cosas bien"; por eso está convencido de que felicidad y eficacia van de la mano.

#### **PUBLICACIONES**

2013	Del proteccionismo a la globalización. Real Academia de Ciencias Morales y Políticas.
2005	Organización de empresas. La empresa. La construcción y los servicios. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.
2001	Organización de empresas. Ejercicios resueltos. La empresa. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.
2001	Organizaciones de empresas. La empresa constructora. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.
2000	Organización de empresas, la empresa. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.
2000	Organización de empresas, contabilidad. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.
1982	Organización de empresas. Contabilidad y derecho mercantil. Universidad Politécnica de Madrid. Es- cuela Técnica Superior de Ingenieros de Cami- nos, Canales y Puertos.
1980	Organización de empresas. Ejercicios de contabili- dad. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Ca- nales y Puertos.
1979	Organización de empresas. Universidad Politéc- nica de Madrid. Escuela Técnica Superior de In- genieros de Caminos, Canales y Puertos.

Firme partidario de avanzar en I+D+i dentro de su grupo empresarial, siempre ha preferido impulsar el desarrollo de tecnología propia en lugar de importarla.



# »Premio de Nacional de Ingeniería Civil 2013«

El ingeniero Pablo Bueno Sainz sigue trabajando incansable, es la forma que ha elegido para continuar contribuyendo a crear mejores condiciones de vida para los ciudadanos. Afirma que la ingeniería española cuenta con un alto reconocimiento internacional, pues los ingenieros de caminos españoles siempre han tenido una formación de altísimo nivel. Reconoce sentirse especialmente orgulloso de haber sido galardonado con el Premio Nacional de Ingeniería Civil del Ministerio de Fomento, ya que se valora a aquellos profesionales "cuya aportación a la ingeniería civil pone de relieve los aspectos sociales, económicos, estéticos y tecnológicos de esta actividad".

# Pablo Bueno Sainz

Orgulloso de su profesión

Marián Campra García de Viguera

#### Pablo Bueno Sainz



Planta solar de Beacon. Kern County, California, EE.UU.

El Premio Nacional de Ingeniería Civil del Ministerio de Fomento supone el reconocimiento a la labor que **Pablo Bueno** ha realizado durante más de cincuenta años en pro de la ingeniería española y que ha materializado con la creación y continuidad de una gran empresa de carácter multinacional que basa su actuación en la calidad de su trabajo para proporcionar un mejor servicio, no solo a sus clientes, sino a la sociedad en su conjunto. El jurado premió el perfil emprendedor lleno de grandes valores técnicos adelantados a su tiempo, como han sido la innovación, el desarrollo sostenible, el cuidado medio ambiental, la calidad y, en definitiva, la aportación de ingeniería de excelencia en cada gran inversión realizada.

En su discurso de la entrega del Premio Nacional de Ingeniería Civil destacó que "con el cambio de las circunstancias políticas y económicas, es el momento oportuno para reflexionar sobre lo que se ha hecho en el terreno de las infraestructuras, cómo se ha hecho, y lo que es más importante, lo que hay que hacer ahora y cómo se debe hacer". Además, abogó por una mayor inversión en ingeniería como medio

para reducir la inversión total en infraestructuras, consiguiendo, de paso, la mejora de la funcionalidad y calidad del servicio al ciudadano, y envió un mensaje a las administraciones públicas sobre el necesario cambio en la forma de contratación de los servicios de ingeniería.

Pablo Bueno considera que "queda mucho por hacer en el terreno de las infraestructuras, tanto en el proceso inversor como en la necesaria conservación y optimización de las existentes. Por ejemplo, los accesos a las grandes ciudades, la red ferroviaria de mercancías y el sector del agua y, dentro de este último, la depuración, reutilización, prevención de inundaciones y sequías, solución al déficit hídrico del Levante, desarrollo de centrales reversibles, etc.". Su opinión es que la inversión pública en ingeniería e innovación tecnológica es fundamental en la construcción de nuestro futuro y, además, constituye la base indispensable para que nuestras empresas puedan seguir internacionalizándose.

En julio de 1966, Pablo Bueno se inició en el Grupo TYPSA, conjunto de empresas independientes de con-



Línea de ferrocarril Corredor Norte, Arabia Saudí.



Abastecimiento de Agua en Arabia Saudí. 6 tanques metálicos en Braiman, Jedah.

sultoría en los campos de ingeniería civil, arquitectura, industria y energía y medio ambiente. Hoy en día, TYPSA figura entre las 150 mayores empresas consultoras de ingeniería del mundo y entre las 100 primeras por volumen de exportación, según la clasificación de la ENR (Engineering News Record). Asimismo, se encuentra entre las 50 mayores en el ranking de las empresas europeas realizado por la Asociación Sueca de consultores en ingeniería y arquitectura.

# **Perfil**

Pablo Bueno Sainz nació en Madrid el 15 de mayo de 1935. Hijo de un ingeniero de caminos, siempre tuvo muy claro en qué consistía eso de la vocación profesional. Finalizados sus estudios en el colegio, ingresó en 1952 en la Academia Luz de Madrid hacia donde se dirigían todos los aspirantes al Cuerpo de Ingenieros de Caminos, era allí donde se preparaban para las pruebas de ingreso en la Escuela de Ingenieros de Caminos del Retiro. Todavía en esas fechas la Escuela era el único centro donde se preparaban los futuros ingenieros funcionarios del Ministerio de Obras Públicas y el ingreso implicaba la admisión al Cuerpo, siempre y cuando se superaran todos los cursos.

En aquella época, los años cincuenta, ingresaban pocos aspirantes que tardaban una media de cinco años en conseguirlo. Pablo Bueno en tres años pudo alcanzar su sueño de ingresar en la Escuela de Caminos y muy ilusionado, cruzó por primera vez, en el otoño de 1955, las puertas del caserón que albergaba a la Escuela. Los cinco años que pasaría en la misma

#### Pablo Bueno Sainz



Enlace multidireccional de 5 niveles en la circunvalación de Phoenix, Arizona, EEUU.

le permitirían adquirir una formación del más alto nivel, gracias al saber y la pasión de ingenieros de la talla, entre otros, de Eduardo Torroja, máximo especialista mundial de su tiempo en construcción en hormigón armado y pretensado. De aquellos años recuerda con admiración al profesor de Mecánica Racional y de Análisis Matemático, Isidoro Cano de la Torre.

Gracias a su paso por la Escuela de Caminos, tuvo la oportunidad de afianzar su capacidad resolutiva y ganar

confianza en la parte técnica, que completó con los idiomas. Durante los periodos estivales, en unas merecidas vacaciones, siempre viajaba al extranjero, Francia, Italia, Austria y Suecia. Finalizó sus estudios de ingeniería en el verano de 1960, cuando el paso por la Escuela de Caminos implicaba que contaba con una plaza en el Ministerio de Obras Públicas, pero lo habitual era que pasaran dos años hasta que fuera convocada. Entretanto, no descartaba la empresa privada y, en particular, las grandes constructoras de entonces,



Cliente árebe visitando la Sede de TYPSA junto a Pablo Bueno y otros directivos de la empresa.

como Agromán, Dragados, Huarte, Entrecanales o Colomina, entre otras. Ingresó en Kronsa, la filial de Agromán especializada en trabajos de cimentaciones especiales y mecánica de suelos, donde estuvo dos años impulsando desde allí la innovación con la importación de modernos equipos europeos, como los equipos de perforación Benoto que permitían hacer pilotes de gran diámetro impensables para sus competidores o los martillos neumáticos Stenuick, que reducían notablemente el coste de los sondeos destructivos en roca para inyecciones y causaban sensación entre las constructoras e ingenierías españolas de la época.

En los años en que trabajaba para Kronsa, obtuvo una beca de la Fundación Juan March para el desarrollo de un método de cálculo de las estructuras trianguladas espaciales, tema de rabiosa actualidad en la ingeniería mundial de la época. Pablo escogió este tema para, finalizada la beca, desarrollar su tesis doctoral, título que conseguiría por la Universidad Politécnica de Madrid

en 1967. En el transcurso del doctorado y en los años siguientes, junto con su compañero de carrera José Calavera, aplicó su método de cálculo de estructuras trianguladas espaciales en el diseño de cubiertas planas asimilándolas a placas, para numerosos edificios singulares de la capital española, entre ellos el Pabellón de Baloncesto de la Ciudad Deportiva del Real Madrid, obra que en su día fue récord mundial de luz libre con cubierta plana (50x70 m).

En el verano de 1962, cuando comenzaba el primer gran proyecto de Técnicas Reunidas, Antonio Osuna, Codirector del departamento de diseño y delineación de la refinería de Petroliber en La Coruña y que había sido su profesor de prácticas de Hidráulica en la Escuela, le ofreció ser el jefe de la sección de Estructuras e Ingeniería Civil de la compañía. Veintiocho años después, en 1990, se invertirían los papeles y Antonio Osuna se incorporó a TYPSA como Director General.



## ¿Si no hubiera sido ingeniero que le hubiera gustado ser en la vida?

Me hubiera gustado ser filósofo y profundizar en el estudio y análisis del pensamiento filosófico y del sentido de la vida en general y humana en particular.

### Su cara "bonachona" refleja la de un técnico y la de un empresario, ¿en qué proporción?

Al principio de mi vida profesional la proporción era 80% técnico y 20% empresario y al final de mi vida profesional se han cambiado los términos, pero siempre he tenido un porcentaje importante de técnico y de empresario.

## El secreto de TYPSA, una gran empresa multinacional, ¿es que es un negocio familiar?

En TYPSA no hay secretos. Una de nuestras características es la transparencia y, quizás, otra de las características que ha tenido más importancia en el desarrollo de la empresa ha sido la comunicación con el personal y su participación en la compañía, tanto en la mejora continua como en los resultados a través del bonus y de su participación en el capital, ya que más de 300 empleados son accionistas de la empresa.

La empresa ha crecido muchísimo a lo largo de estos años. Cuando se fundó la plantilla contaba con poco más de 20 personas y hoy día se compone de unas 2.500.

## ¿Qué hace cada mañana cuando llega a su oficina en Madrid, dado que usted es el alma máter?

Trato de informarme tanto de los nuevos logros como de los problemas que existan en ese momento e intento aportar mi ayuda y experiencia en la dirección para el mejor desarrollo de la sociedad.

#### **ENTREVISTA A PABLO BUENO**

Hace 50 años usted era un adelantado, apostaba por la consultoría, I+D, la responsabilidad social empresarial... ¿Un consejo para los futuros ingenieros de Caminos, Canales y Puertos?

Que se sientan orgullosos de su profesión como ingenieros y especialmente de Caminos, Canales y Puertos, ya que hemos contribuido muy eficazmente al inmenso desarrollo de España, especialmente en los últimos cincuenta años y a una gran mejora de la calidad de vida de los ciudadanos.

#### ¿Qué momento juega en España la ingeniería civil?

La ingeniería civil es en España un sector tremendamente exitoso que además ha aportado su capacidad en gran parte del mundo.

Los ingenieros españoles de caminos, canales y puertos siempre han tenido una formación de altísimo nivel mundial y han desarrollado y acumulado experiencia con las grandes inversiones en infraestructuras. Esa formación, unida a la experiencia adquirida, ha sido el motivo por el que las grandes empresas españolas de ingeniería y de construcción han conseguido contratos de gran relieve en todo el mundo.

### De todas sus obras, díganos tres que más le hayan marcado.

Siempre obras innovadoras, como la cubierta del antiguo pabellón deportivo del Real Madrid, récord mundial en su día de luz libre en cubierta plana, la presa del Molino de la Hoz, primera presa española de materiales sueltos con aliviadero por encima del cuerpo de presa, y la ciudad universitaria de Riad, con una inversión de más de 3.000 millones de euros, el mayor proyecto de ingeniería civil y arquitectura en su momento.

## De todos los premios y galardones que ha recibido ¿con cuál se queda?

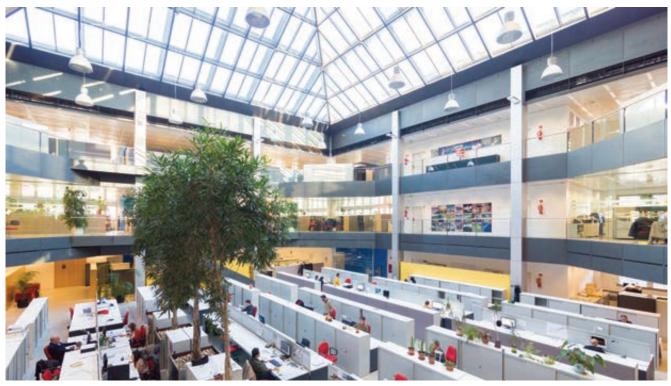
Sin duda con el Premio Nacional de Ingeniería Civil de 2013 del Ministerio de Fomento.

#### ¿Qué obra o proyecto le ocupa ahora su tiempo?

El proyecto en el que ahora ocupo mi tiempo y mis esfuerzos es el realizado para Ayuda al Desarrollo. Desde la Fundación TYPSA trabajamos en el proyecto de creación de una universidad en el corazón del África Subsahariana, en la República Democrática del Congo, denominada Universidad del Lago Alberto (UNILAC), y con inclusión en la misma de una facultad de ingenieros civiles y otra de ingenieros agrónomos. Este proyecto es hoy una realidad gracias en gran medida a las aportaciones y al seguimiento de nuestra Fundación, que además ha conseguido la colaboración de la UPM al desarrollo de estas facultades de ingeniería. TYPSA viene aportando a su Fundación desde hace 10 años el 0,7% de su resultado, unos 70.000 euros anuales de media, y con este dinero en África se pueden hacer muchas cosas.

### Unas palabras para los lectores de la Revista de Fomento...

El Ministerio de Fomento ha sido siempre nuestra "casa" para los ingenieros de caminos. Cuando yo ingresé en 1955, la Escuela dependía del denominado entonces Ministerio de Obras Públicas y era una escuela de formación de ingenieros funcionarios del Ministerio. A los lectores de la Revista de Fomento nos gusta seguir recibiendo información de todo lo que pasa en el Ministerio y en el mundo de la ingeniería civil, y ser lectores de esta revista ya es una señal de estar en sintonía con nuestra profesión y con el servicio a la sociedad.



Oficinas de la Sede TYPSA en San Sebastian de los Reyes Madrid.

Entre 1964 y 1965, fue, primero, director del proyecto y construcción de la planta de ácido sulfúrico de Río Tinto en Huelva y, posteriormente, de las obras de ingeniería civil, urbanización e instalaciones marítimas de la refinería de Castellón. En esta, el joven ingeniero tuvo la oportunidad de observar nuevamente, tras su experiencia en la construcción de la presa de Tous, la importancia de un buen proyecto, en concreto de un adecuado estudio geotécnico. En el verano de 1966, Alberto y Emilio Colomina le ofrecieron ser director de ingeniería de una nueva empresa, TYPSA (Técnicas y Proyectos S.A.), como la consultora del grupo. Con solo 31 años, Pablo Bueno se convertía en responsable de la ingeniería y de la obra civil de la consultora. Así comenzó su andadura en TYPSA en julio de 1966, con un capital social de un millón de pesetas, unas 20

personas en plantilla, repartidas a partes iguales entre las dos ramas de la consultora, y unas recién estrenadas oficinas en Madrid.

#### **RECONOCIMIENTOS**

Designado "Ingeniero Laureado" por la Real Academia de Ingeniería con fecha 31 de octubre de 2017.

Premio Nacional de Ingeniería Civil. Otorgado por el Ministerio de Fomento con fecha 14 de noviembre de 2013

Medalla de Honor del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Otorgada en 1991.

Ingeniero Destacado de la Demarcación de Madrid del Colegio de Ingenieros, Caminos, Canales y Puertos. Reconocimiento en el año 2008.

Pablo Bueno es uno de los grandes maestros de la ingeniería civil española que contribuye a difundir el valor de esta profesión en los cinco continentes gracias al empeño y tesón que demuestra cada día.



## »Premio Nacional de Ingeniería Civil 2014«

Sus destacadas aportaciones en el campo de las estructuras, el control de la calidad en la construcción y la prefabricación en la edificación fueron méritos más que suficientes para otorgar a José Calavera el Premio Nacional de Ingeniería Civil 2014.

## José Calavera Ruiz

El ingeniero incansable

Pepa Martín Mora



Teleférico de Fuente Dé. Mirador estación superior.

El turno del reconocimiento a toda una trayectoria profesional le llegó a **José Calavera** en el año 2014, a la edad de 83 años por aquel entonces, momento de su vida en el que, a pesar de haber recibido ya numerosos galardones, no dejó de emocionarle recibir el premio que concede anualmente el Ministerio de Fomento como recompensa a una meritoria labor profesional y afirma con profunda gratitud, "siempre es un honor que premien a uno", y más teniendo en cuenta si hablamos del Nacional de Ingeniería Civil.

Considerado por el sector como una figura de referencia en el campo del control de la calidad en la construcción y en el impulso a la prefabricación en edificación, Calavera es también una figura relevante en estructuras, hormigón armado y pretensado, tanto dentro como fuera de nuestro país, cualidades que le llevaron a intervenir en numerosos proyectos de edificios de gran altura, así como en instalaciones industriales, entre ellas fábricas de todo tipo, como papeleras y siderurgias, obras que fueron tenidas en cuenta por el jurado del Premio Nacional para considerarle merecedor del galardón.

Él mismo menciona el Mercado Nacional de Ganado de Torrelavega como un exponente de su obra, aunque consciente de que se premia al conjunto de toda su labor, no puede dejar de citar algunos de sus proyectos

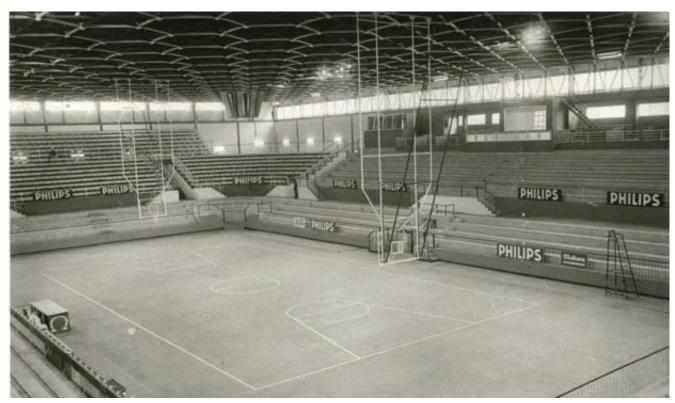
más destacados, como el teleférico de Fuente De, en Cantabria, donde también construyó el monumento al Indiano, o las cubiertas especiales del pabellón del Real Madrid, ya demolido, y la fábrica de Cervezas Mahou.

#### Recorrido

José Calavera nació en Melilla en el año 1931. Nos cuenta que no había ninguna tradición de ingenieros en su familia y su vocación la despertó la curiosidad al leer unos libros que encontró en casa de sus padres en los que se describían las grandes obras de la ingeniería civil que se habían construido en torno a 1900. Así, de una forma tan sencilla y a través del atractivo mundo que ofrecían esos textos, decidió que quería ser ingeniero.

Fue el primero de su promoción en la Escuela de Obras Públicas de la Universidad Politécnica de Madrid, en la que también cursó Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, doctorándose y consiguiendo la cátedra de Edificación y Prefabricación, de la que en la actualidad es catedrático emérito.

Sus inicios profesionales, en 1958, le sitúan como proyectista, pero, al igual que otros grandes ingenieros, muy pronto decidió dedicarse por completo al control de sus obras creando su propia empresa, Intemac (Instituto



Pabellón de deportes del Real Madrid. Raimundo Laporta.

Técnico de Construcciones y Materiales), que a día de hoy cuenta con delegaciones en distintas provincias españolas en las que trabajan más de 250 personas, en su mayoría titulados universitarios procedentes de especialidades muy distintas. En esta empresa es donde se ha dedicado durante todos estos años a sistematizar la cultura del control de calidad en el proceso constructivo, no solo en grandes infraestructuras, sino también en edificios y rascacielos como las torres Picasso o Puerta de Europa, ambas construcciones en Madrid.

>> En los veinticinco últimos años han aparecido productos y sistemas que ni soñábamos en la época en que acabé la carrera. «

Paralelamente al desarrollo profesional como ingeniero, emprendió una profunda renovación con el ejercicio de su labor docente en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Madrid, y aunque oficialmente se jubiló en el año 2002, todavía hoy continúa con cierta actividad, ya que mantiene su vinculación como catedrático emérito, asegurando que "voy siempre que me necesitan". Así, atiende en

el día a día a los doctorandos en el desarrollo de sus tesis, también se dedica a la formación de los trabajadores de su propia empresa, a la que acude cada quince días, y encuentra tiempo hasta para escribir libros, dedicados algunos de ellos a la historia de la ingeniería y sus protagonistas, a la investigación científica o bien a dar a conocer, mediante su edición en facsímil, algunos de los textos más interesantes de la ingeniería. "He publicado dieciocho libros en español, dos en inglés y uno en italiano, necesito mantenerme al día, al menos en el campo de estructuras de hormigón. A eso le dedico tres horas diarias", nos cuenta José Calavera, una mente privilegiada y plenamente activa a sus 87 años.

Ha formado a varias generaciones de profesionales, no solo a través de la universidad sino también impartiendo cursos y conferencias en las que ha destacado por su importante labor como divulgador técnico. De hecho, tiene escritos casi doscientos artículos sobre cálculo de estructuras, hormigón armado y pretensado, seguridad estructural, prefabricación, control de calidad y patología de estructuras, y entre ellos el discurso con el que agradeció el Premio Nacional de Ingeniería Civil 2014, que versó sobre el desarrollo del control de calidad en la ingeniería civil y sobre la enseñanza universitaria.

#### José Calavera Ruiz



Mercado Nacional de ganados de Torrelavega (Cantabria).

José Calavera es miembro de la "Commission on Prefabrication", del TG2.2 "Design by Testing de la Comision 2 Safety and Performance Concepts, y del TG 5.2 Reinforcing Steel and Systems de la Fédération Internationale du Béton (FIB), que es una asociación sin ánimo de lucro formada por 45 grupos nacionales cuya misión es desarrollar a nivel internacional el estudio de asuntos científicos y prácticos capaces de avanzar en el desempeño técnico, económico, estético y ambiental de la construcción de hormigón.

#### Su obra culmen

José Calavera valora muy especialmente, de entre todas sus obras, la cubierta del Mercado Nacional de Ganados de Torrelavega, construida entre 1969 y 1973, que puede considerarse la obra culmen de su carrera. Premiada en su día por la Convención Europea de la Construcción Metálica Sercometal, su ligereza y valor estético, la simplicidad de los materiales utilizados, entre ellos esferas y tubos, la ejecución de los nudos y el montaje, fueron las características más valoradas de esta construcción.

En esa época, el Ministerio de Agricultura tenía en marcha el proyecto de grandes mercados nacionales con el objetivo de concentrar la compraventa de reses en estos espacios. Se construyeron hasta ocho feriales, entre ellos el de Torrelavega, en Cantabria, en un recinto al aire libre que era muy deficiente por superficie y carecía de los servicios fundamentales y precisos de estos mercados.

El ayuntamiento de la localidad financiaba el proyecto con las ayudas otorgadas por distintos organismos oficiales, por lo que fueron el arquitecto municipal, Federico Carrillo, y el arquitecto técnico municipal, Gerardo Cavadas, los responsables de la obra. El programa de ejecución exigía una capacidad de amarre de 7.000 reses, entre vacas, novillos y terneros, por lo que decidieron crear un gran espacio que necesitaba enormes cubiertas de luz.



Acto de entrega del Premio Nacional de Ingeniería Civil.

Se convocó un concurso en el que invitaron a participar, además de a Intemac, a otras cuatro empresas. José Calavera y Enrique González Valle se encargaron de desarrollar esta solución, con la ventaja de que partían de la experiencia adquirida al construir el pabellón de Deportes del Real Madrid que fue, durante un tiempo, primero en su estilo y que Calavera había proyectado junto con Pablo Bueno Sainz, también Premio Nacional de Ingeniería Civil en 2013.

El ferial tiene tres cubiertas, todas ellas con una estructura reticulada especial. Entre las posibles soluciones estructurales para la nave principal, que tiene 250x60 metros, se eligió una bóveda de directriz circular, cuya ventaja sobre la funicular era que todos los tubos tienen la misma longitud. El proyecto exigía mucho volumen de aire, con gran capacidad de amarre, para evitar en lo posible los olores derivados de la convivencia de tantas reses.

De hecho, gracias a sus especiales características en cuanto a dimensiones e infraestructura, las instalaciones

#### PROYECTOS DESTACADOS

Proyecto y dirección de obra del teleférico de Fuente Dé en Picos de Europa, Cantabria.

Proyecto y dirección de obra de fábrica para industria carbonera en Alcalá de Henares, Madrid.

Proyecto y dirección de obra de fábrica para Tetracero, en Sevilla.

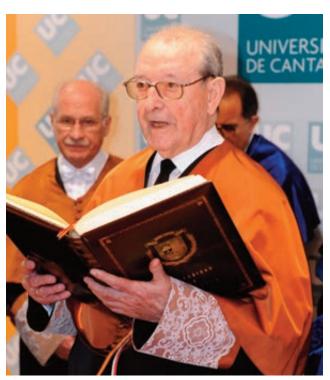
Proyecto y dirección de obra de fábrica de Tetracero, en Torrejón de Ardoz, Madrid.

Proyecto y dirección de obra de la cubierta espacial del Mercado Nacional de Ganado de Torrelavega, Cantabria.

Proyecto y dirección de obra de fábrica de papel en Migíbar, Jaén.

Proyecto y dirección del monumento al Indiano y a la Marina de Castilla, Cantabria.

Proyecto de la fábrica de papel en Sanlleni, Girona.



Acto de nombramiento *Doctor Honoris Causa* por la Universidad de Cantabria.

#### **PUBLICACIONES**

Son numerosas sus publicaciones, entre las que destacan las relativas las cálculo de estructuras, al hormigón armado y pretensado, a la seguridad estructural, prefabricación y patología de estructuras que se han convertido en referentes para la práctica profesional.

acogen no solo las ferias semanales y especiales de ganado, sino otros muchos tipos de actividades, como grandes conciertos de música, la feria de muebles, el concurso exposición internacional canino, o concursos monográficos. Parte del edificio está ocupado por el parque de bomberos municipal, y el aparcamiento exterior

#### **RECONOCIMIENTOS**

1975	Premio de la Convención Europea de la Construcción Metálica Sercometal.
1990	Medalla Eduardo Torroja
1999	Medalla de la Federation International du Béton (F.I.B.)
2000	Premio "Grandes Figuras de la Ingeniería" de la Asociación Italiana de la Prefabricación (CTE)
2012	Título de hijo adoptivo de Ribadeo, villa con la que tiene fuertes lazos familiares, sociales y profesionales
2014	Premio Nacional de Ingeniería Civil que otorga el Ministerio de Fomento.
2016	Investido como Doctor Honoris Causa por la Universidad de Cantabria.

acoge semanalmente el mercadillo tradicional al que cada jueves acuden miles de personas de toda la comarca del Besaya.

#### Presente y futuro

José Calavera cree que la ingeniería que ejercía en sus inicios no ha cambiado mucho con respecto a la que se realiza actualmente, aunque sí ha habido grandes avances en el terreno de la investigación que han permitido que "en los veinticinco últimos años hayan aparecido productos y sistemas que ni soñábamos en la época cuando yo acabé la carrera". También ha evolucionado el modo de trabajar al que se ha incorporado el concepto de equipo en la práctica profesional.

Ve el futuro de los ingenieros que empiezan "con ciertas complicaciones" fundamentalmente por el actual sistema de formación, pese a ello, es optimista respecto alfuturo del sector teniendo en cuenta la demanda de nuevas construcciones que hay actualmente.

José Calavera es el ingeniero incansable. Dieciséis años después de su jubilación, continúa al pie del cañón, siempre cerca de la docencia y de la divulgación sobre la ingeniería. Su aportación a la sociedad no se puede medir. Generaciones de ingenieros le deben lo que son y el amor por la profesión.



## »Premio Nacional de Ingeniería Civil 2015«

El jurado del Premio Nacional valoró en los casi cincuenta años de carrera de Sanchidrián la potenciación de los factores sociales, económicos y tecnológicos del sector en España, permitiendo que este pueda ser observado a escala internacional como un referente indiscutible.

# Carlos Sanchidrián Fernández

Con visión de futuro

Pepa Martín Mora



Terminal de Repsol en el puerto de Tarragona.

La proyección internacional que ha tenido la actividad profesional de **Carlos Sanchidrián Fernández**, especialmente en el campo de la ingeniería marítimo-portuaria, fue decisiva para la concesión del Premio Nacional de Ingeniería Civil que el Ministerio de Fomento le otorgó en 2015, reconociendo así casi medio siglo de profesión.

Sanchidrián Fernández, quien en su día manifestó una gran sorpresa al saber que había sido premiado, cree que la diversificación de actuaciones, en su larga trayectoria profesional de dedicación a la obra pública, contribuyó, sin duda alguna, a que alcanzara tan alto galardón. Su perfil se ajusta a la perfección con el carácter del premio, que trata de recompensar una meritoria labor desarrollada en los distintos ámbitos que constituyen los trabajos de este sector.

Valoradas por el jurado sus importantes contribuciones en materia marítimo-portuaria, tanto en el diseño de proyectos y ejecución de obras, como en el desarrollo normativo, este reconocimiento sirvió para poner en valor una dilatada carrera profesional con la que, según decía el acta del Jurado, "ha coadyuvado a

potenciar los factores sociales, económicos y tecnológicos del sector en España, permitiendo que este pueda ser observado a escala internacional como un referente indiscutible".

#### **Trayectoria**

El galardonado, que ha cumplido 74 años, nació en Madrid en 1944, se tituló en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos por la Politécnica (además de ser licenciado en Derecho) en 1966 con la especialidad de Planificación de Infraestructuras Portuarias. Su carácter emprendedor le llevó, tras haber ocupado durante dos décadas, distintos puestos en una compañía encargada del desarrollo de obra pública, a fundar su propia empresa Proes Consultores, de la que actualmente es consejero asesor.

Desde la presidencia de su empresa, catalogada como "independiente, multidisciplinar e internacional", y, como él mismo dice, "gracias a la persistencia en el oficio", durante los últimos 40 años se ha dedicado de lleno a la consultoría marítimo-portuaria, de la que ase-



Proyecto constructivo de un puerto deportivo en Cabo Huertas, Alicante

gura "es la faceta más importante de mi carrera", un hecho que le ha enriquecido para ofrecer una polivalencia y diversificación mayor de lo que es habitual en este sector, y que le ha permitido realizar proyectos, asistencias técnicas, formación y asesoría (principal-

Considera que nuestro país tiene una posición muy avanzada a nivel mundial, aunque cree que hay que potenciar mucho más nuestra salida al exterior, para lo que es necesaria la actuación conjunta de todos los sectores implicados.

mente sobre transporte y energía) y también mantener una intensa dedicación a la investigación.

Entiende que la consultoría va más allá del estudio, el desarrollo del proyecto y su construcción, pues tam-

bién abarca la explotación, "donde el concepto de ingeniería se hace más extenso", según asegura, "además de ser un sector con gran futuro". En este sentido, pone como ejemplo de ello las terminales energéticas, en las que hay mucha actividad y en las que el consultor debe sacar el máximo beneficio de estas infraestructuras.

Con una plantilla compuesta por más de 120 profesionales, un 70 por ciento titulados universitarios, entre ellos muchos profesores de universidad, la sede central de Proes está en Madrid, aunque cuenta con delegaciones en Bogotá (Colombia) y en La Paz (Bolivia). Su trayectoria profesional le ha llevado a intervenir en prácticamente el cien por cien de los terminales energéticos portuarios de gas natural licuado (GNL) de España y en el 80 por ciento de petróleo, trabajando para empresas como Repsol, Cepsa o Gas Natural.

Entre sus obras en España, cabe destacar las refinerías de Tarragona, la ampliación del puerto de Bilbao, los as-



Terminal de contenedores en el puerto de Buenaventura, Colombia.

tilleros de Cádiz o las terminales de gas natural licuado (GNL), y en el exterior, las de Libia, Damietta, en Egipto, y Dumniai, en Indonesia, así como la terminal de petróleo y gas de Canaport (Canadá).

Ha colaborado de forma casi permanente con Puertos del Estado participando en el desarrollo normativo marítimo-portuario español a través del Programa ROM (Recomendaciones de Obras Marítimas), al margen de otros organismos internacionales, como el PIANC (Permanent International Association of Navigation Congresses), un foro que reúne a profesionales de todo el mundo para proporcionar asesoramiento experto sobre infraestructuras rentables, fiables y sostenibles que faciliten el crecimiento del transporte marítimo y que participa en el diseño, desarrollo y mantenimiento de puertos, vías fluviales y áreas costeras.

La universidad también ha sido otro de sus ámbitos de trabajo, donde además de dar clases ha invertido mucho esfuerzo en investigación y desarrollo, participando en proyectos de I+D+i de marcado carácter innovador, apostando también por aspectos sociales como la seguridad y la gestión de riesgos, sin olvidar los aspectos económicos, como la mejora de la gestión

operativa portuaria o la fiabilidad del diseño de las obras de abrigo.

Su faceta como difusor del conocimiento no es menos importante, y prueba de ello son la multitud de reuniones, jornadas y congresos en los que ha participado, así como las ponencias, conferencias, cursos y máster que ha impartido en la universidad y en distintos organismos, tanto nacionales, caso del CEDEX, como internacionales, habiendo formado parte de distintos grupos de trabajo, entre los que destaca el Wg&S sobre dimensionamiento de canales de navegación.

#### Visión de futuro

Sanchidrián ve con optimismo el futuro de la ingeniería, especialmente el marítimo portuario, por ser un sector en constante evolución que "cuando crees que se ha llegado al límite —asegura— surge un factor nuevo". En este sentido, explica que los principales clientes de los puertos son los barcos, que evolucionan muy rápido, ya que van duplicando sus dimensiones en cortos periodos de tiempo. Ocurre entonces que hay que buscarles nuevos acomodos, los puertos tienen que dar

#### »Premio Nacional de Ingeniería Civil 2015«



Terminal de GNL en el puerto de Canaport, Canadá.



Terminal de GNL en el puerto de Arzew, Argelia



Terminal de contenedores en el puerto de Algeciras, Cádiz.

servicio a estos barcos cada vez más grandes, por lo que los retos van siendo cada vez más difíciles y es tarea del ingeniero ofrecer soluciones.

En cualquier caso, entiende que aunque no se construyeran nuevos puertos la actividad marítima es muy intensa en todo el mundo y las oportunidades para los ingenieros están no solo en proyectar las infraestructuras, sino también en su gestión y explotación.

Cree, por otro lado, que nuestro país tiene una posición muy avanzada a nivel mundial, aunque considera

que hay que potenciar mucho más nuestra salida al exterior "a todos los niveles", y para ello cree necesaria la actuación conjunta de todos los sectores implicados.

#### **Proyectos**

Ha participado en multitud de proyectos, especialmente en el sector portuario por lo que son muy numerosas sus intervenciones en la ampliación de distintas infraestructuras marítimas repartidas por

#### Carlos Sanchidrián Fernández



Terminal de fertilizantes en el puerto de Arzew, Argelia.

nuestra costa. Ejemplo de ello son los puertos de Tarragona, Huelva, Barcelona o Bilbao.

En Tarragona participó, en 2009, en el proyecto constructivo y en la asistencia técnica para ampliar el calado del muelle de Aragón. Con el objetivo de que pudieran operar buques más grandes, optó por una solución novedosa que consistió en ejecutar columnas secantes de superjet-grouting de tres metros de diámetro en la base del cajón, para a continuación dragar el terreno hasta la cota –14 m en el atraque y –15 m en la dársena, y aumentar la profundidad de la lámina de agua.

Otro de sus grandes proyectos fue la ampliación sur del muelle Ingeniero Juan Gonzalo (2007-2008) del puerto de Huelva, ante las expectativas de crecimiento en el tráfico portuario. La ampliación, que se dirigió hacia el sur, consistió en dotarlo de una mayor longitud de línea de atraque hasta alcanzar los 600 metros y una nueva explanada para la operación y el almacenamiento de mercancías.

En el puerto de Barcelona, la ampliación del muelle Sur, de 2007, lleva su firma. La necesidad de incrementar el área de reviro y maniobra de buques frente a la terminal de Enagás requirió demoler el pantalán existente de CLH y, por tanto, ofrecerle una nueva línea de atraque. Las obras afectaron también a la terminal de Contenedores de Barcelona (TCB), incrementando la

superficie disponible para el almacenamiento de contenedores y la alineación del muelle Sur.

Otra de sus relevantes intervenciones ha sido el proyecto constructivo para la instalación de dos nuevas defensas dobles en el muelle de atraque Duque de Alba, al sureste en la terminal de gas natural de Bahía de Bizkaia Gas, en el puerto de Bilbao (2008-2011). En la fase de ingeniería su papel fue analizar la compatibilidad para definir la ubicación más adecuada de la flota de diseño de la terminal y el tipo de defensas a instalar, supervisando posteriormente los trabajos de montaje de dichas defensas y monitorizar las actividades de perforación y fijación de los pernos de anclaje, la instalación de las gomas y escudos y, finalmente, la colocación y tensión de cadenas.

En el extranjero destaca su participación en la terminal de regasificación de GNL en el puerto Lázaro Cárdenas, en México (2003-2005), en una primera fase elaborando los estudios básicos para el desarrollo posterior de documentos relacionados con la seguridad, ingeniería y navegación de la terminal de regasificación, procediendo en la siguiente fase a la elaboración de la ingeniería básica del frente de atraque para buques metaneros comprendidos entre 70.000 m³ y 200.000 m³ de capacidad, así como la revisión de las instalaciones de captación y vertido de agua de mar.

En el área del golfo Pérsico, en Irán, en las instalaciones de carga de la terminal de GNL y en los graneleros de azufre de Tombak, elaboró el proyecto básico de las instalaciones marinas para la construcción de una planta de licuefacción de gas natural (2006-2007).

En la terminal de Canaport, ubicada en la costa atlántica al oeste de la bahía de Fundy y cercana a la ciudad de Saint John en Canadá, Sanchidrián intervino en la asistencia técnica para su construcción (2003-2009). Se trata de una terminal multipropósito capaz de operar con buques de capacidad entre 65.000 m³ a 270.000 m³ para gas natural licuado y buques de 70.000 t a 165.000 t para crudo. La terminal consta de un puente de 300 metros que da acceso a una plataforma de descarga de productos cuya fosa de atraque se sitúa a la cota –26 m. La terminal marítima se completa con seis duques de alba de amarre y cuatro de atraque, dos de ellos anexos a la plataforma.

El proyecto en la terminal del puerto de Aqaba, en Jordania, en el mar Rojo, (2010-2011) también son obra de Carlos Sanchidrián el diseño de la planta de alma-

cenamiento en tierra y la terminal marítima necesaria para la exportación de fosfato. Los trabajos en tierra abarcaron el diseño de la nave principal de almacenamiento para más de 180.000 t, el edificio de transferencia de carga, la cimentación de las cintas transportadoras, así como edificios de servicios generales, pavimento, instalaciones, etc. La parte marítima está constituida por un frente de atraque pilotado de 190 metros, compuesto por dos estructuras paralelas a la línea de costa, que soportaban dos cargaderos de 2.500 t/h de capacidad cada uno, dos duques de alba de amarre, un puente de acceso y dos puentes de conexión entre estructuras.

Al margen de todos estos proyectos en el sector portuario, Carlos Sanchidrián también ha participado en la construcción de autopistas, aeropuertos, estudios de navegación, seguridad y riesgos, estudios de planificación territorial, instalaciones y edificaciones industriales, edificios turístico-residenciales, áreas comerciales, tanto en España como en el exterior, en países como Argelia, Argentina, Chile, Ecuador, Indonesia, Ucrania, Libia, Egipto o Venezuela.

#### **AGRADECIMIENTOS**



A Carlos Sanchidrián Fernández la concesión del Premio Nacional de Ingeniería Civil 2015 le pilló "totalmente por sorpresa", según reconoció en aquel momento. Agradeció que le concedieran el galardón y confesó "haber pensado mucho en aquellas personas que a lo largo de estos años han confiado sus proyectos en mí, y han contribuido a que haya podido trabajar en el sector marítimo-portuario". Con los compañeros que ha tenido a su lado, asegura que además de aprender también ha establecido una relación humana, "pero las circunstancias van cambiando y, de forma paralela, los compañeros que tienes a tu lado, por lo que son centenares las personas a las que estoy agradecido", concluye.

La persistencia en el oficio, como él mismo dice, durante más de medio siglo ejerciendo como ingeniero, le ha otorgado a Carlos Sanchidrián una proyección nacional e internacional en el sector marítimo-portuario muy merecida.



## »Premio Nacional de Ingeniería Civil 2016«

"Me siento más ingeniero que nunca". Así se expresó Javier Rui-Wamba tras conocer que el jurado del Premio Nacional de Ingeniería Civil 2016 había acordado, por unanimidad, concederle este galardón por su trayectoria de más de medio siglo "en la que se han combinado de forma sobresaliente muy diversas facetas", según consta en el acta de concesión del premio, que asegura recibió "con mucha alegría", entre otras cosas "por la gran cantidad de amigos y compañeros que se acercaron a felicitarme".

## Javier Rui-Wamba

"Una vida no es suficiente para ser el ingeniero que quiero ser"

Pepa Martín Mora



Antena para el espacio profundo DS3 en Malargüe, Argentina.

Honestidad y modestia se alían para advertir que el Premio Nacional a **Javier Rui-Wamba** ha sido un reconocimiento al trabajo de todo un equipo formado por 160 personas, su "familia profesional", asegura, que son las que conforman la plantilla de Esteyco, la sociedad de ingeniería civil que con tan solo 27 años fundó en 1970, y en la que, a punto de cumplir los 76, continúa al frente como presidente de la misma.

Aunque asegura sentirse en plena forma "tanto intelectual como físicamente", nos explica que desde hace ocho años ya no está en el trabajo del día a día.

#### **Coherencia**

La "coherencia" que define la trayectoria de Rui-Wamba y que ha sabido mantener en un entorno "muy complejo", asegura, es la cualidad que él cree le ha hecho merecedor de este premio. Ser ingeniero no fue una decisión vocacional para él, pues asegura que "no sabía lo que era ser ingeniero", pero se le daban muy bien las matemáticas, "que eran muy útiles para el reto que tenía ante mí, que era el de una carrera muy complicada", y esa fue la razón por la que decidió iniciar estos estudios.

Nacido en Gernika en 1942, se trasladó a Madrid para cursar los estudios de ingeniería, "con la ventaja añadida de vivir una experiencia extraordinaria con la independencia que da estar sin la familia, pero a la vez teniéndola cerca, apenas a 400 kilómetros". Con solo 23 años terminó la carrera y, pese a la dificultad que entrañaba, consiguió superar los siete cursos en siete años, consiguiendo un brillante expediente académico, en el que destacaba especialmente en la asignatura de Estructuras.

Inició su trayectoria profesional en Cubiertas y MOZOV (Plan Sur de Valencia, 1966-1968), donde trabajó en proyectos muy variados de puentes y estruc-



Puente Arco del Tablate, en la A-44.

turas de hormigón pretensado, y en París, en la destacada ingeniería que se había creado en torno a Freyssinet y donde se especializó en diseño de puentes y estructuras singulares.

Si carecía de vocación profesional cuando decidió ser ingeniero, mucho más adolecía de la empresarial, "pero necesitaba una organización y un equipo multidisciplinar, lo que me animó a fundar mi propia empresa, Esteyco, que significa "este", que soy yo, "y compañía"; buena prueba, esta afirmación, del sentido del humor que le caracteriza. A través de ella ha ejecutado más de un millar de proyectos y direcciones de obras, desde estructuras a obras civiles, pasando por la arquitectura y el urbanismo, y aunque sigue pensando que ser autónomo no da seguridad "sí da iniciativa", afirma.

A esto hay que añadir que, en 1991, y con el fin de contribuir al progreso de la ingeniería promoviendo la reflexión sobre el pasado y presente de la profesión, así como para difundir el quehacer del ingeniero en la sociedad y las relaciones de la ingeniería con la cultura, constituye una fundación en su empresa, que se nutre de recursos propios y tiene carácter cultural. A través de ella edita un libro de referencia al año, inaugurando la serie con un primer texto editado en euskera, en homenaje a su madre.

La enseñanza es otra de sus facetas a destacar, y la que le llevó a comprender el atractivo de esta profesión, tanto que "me di cuenta de que enseñar es la mejor forma de aprender". Fue profesor de Estructuras y Puentes metálicos en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid, donde ejerció desde 1975 a 1992, y profesor honorífico de la Politécnica de Cataluña entre 1992 y 1994. Modestamente cree que fue un excelente profesor "y prueba de ello es que me encuentro con alumnos que recuerdan mis clases de estructuras y puentes metálicos, que entonces era lo que los estudiantes llaman una 'maría', y que conseguí convertirla en una asignatura seria dedicándole mucho tiempo de preparación".

>>> Se han construido infraestructuras que nos han llevado a la eficiencia y que nos han permitido adquirir una experiencia que no tiene parangón en el mundo; la ingeniería española tiene un nivel muy alto. «

Su actividad divulgativa también ha sido de gran importancia, y ha impartido numerosos cursos, además de publicar libros, monografías y artículos, documentos todos ellos de gran valor para el campo de la ingeniería, que han servido para difundir en nuestro país algunas de las tecnologías más novedosas y avanzadas que se utilizaban en el extranjero, y que ha plasmado redactando manuales y guías a tener en cuenta en la elaboración de proyectos de ingeniería. A ello hay que sumar su intervención en numerosos congresos y seminarios sobre cuestiones relacionadas tanto con la ingeniería, como la arquitectura y el medio ambiente.

De hecho, en estos momentos acaba de finalizar un libro "muy revolucionario, que espero sea mi legado", dice, en el que ha estado trabajando durante los últimos doce años y que ha titulado *Teoría unificada de estructuras y cimientos*. Una mirada transversal. Es el fruto de más de 8.000 horas de trabajo, un volumen de 1.200 páginas cuya difusión será un nuevo reto.

Paralelamente a esta actividad tan intensa, ha tenido tiempo para formar parte de numerosas sociedades y comités técnicos, entre ellos la Sociedad Española de Ingenieros Consultores, entre los años 1992 y 1994; miembro numerario de la Real Academia de Ingeniería desde 1997, y académico de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando desde 2002. Ha sido miembro



Nuevos túneles viarios en la Plaza de las Glorias Catalanas, Barcelona.

del Comité Europeo del Hormigón, así como de la Convención Europea de la Construcción Metálica, además de presidente de la Asociación Española de Consultores e Ingeniería y patrono de la Fundación Juanelo Turriano entre los años 2003 y 2013.

#### **Proyectos**

Muchos de los trabajos donde ha quedado plasmado el saber hacer de Rui-Wamba durante su larga trayectoria profesional son obras muy conocidas por todos, como las que se ejecutaron para el Mundial de Fútbol del 82, la Exposición Universal de Sevilla del 92, las Olimpiadas de Barcelona de ese mismo año, el Fórum 2004 que se celebró también en la ciudad condal, la ampliación del Museo Reina Sofía o la construcción del Museo Thyssen, ambos de Madrid.

Numerosas son también sus intervenciones relevantes en carreteras, autovías y autopistas, en tramos como el de Atalaya-Motilla de la autovía de Valencia, el puente en arco del Tablate (autovía A-44, Tramo Béznar-Vélez de Benaudalla) con sus 140 metros de longitud en zona de alto riesgo sísmico considerado "ejemplar", y en los proyectos de muchos de los tramos ferroviarios de alta velocidad, que cuentan con túneles, puentes y pasarelas proyectados junto con su equipo.

## >>> Enseñar es la mejor forma de aprender.

"A todos los hijos que uno tiene se les quiere por igual", contesta cuando se le pregunta por su obra más emblemática. Sin embargo, él tiene muy presente un proyecto: el scalextric de Vigo, una infraestructura que comunicaba la autovía del Atlántico directamente con la ciudad, que nunca llegó a entrar en servicio. Fue un trabajo que se hizo en un tiempo muy breve y con un cuidado exquisito para no perturbar el día a día de los vecinos y evitarles polvo y molestias, utilizando hilo de diamante para evitar vibraciones. Finalmente se decidió otra solución para este espacio, pero para Rui-Wamba, este puente, siempre tendrá un lugar especial en su memoria.



Rehabilitación del Mercat de Sant Antoni. Barcelona.



Viaducto sobre el Río Guarga, Autovía A-23 en el tramo Caldearenas - Lanavé.



Cobertura de los accesos ferroviarios y urbanización a la Estación de Sants de Barcelona.

Al margen de esta anécdota, asegura que todo lo que hicieron para los Juegos Olímpicos de Barcelona tiene para él un valor muy especial, porque es el fruto de la colaboración de la ingeniería y la arquitectura, "un trabajo que ha aportado mucho en obras extraordinarias, como el puente de la Meridiana, el nudo de la Trinidad o la escultura de Roy Lichtenstein, un verdadero homenaje al número Pi –asegura– con sus tres metros de pedestal y sus 14 de altura en la escultura".

#### **Premios**

Además del Premio Nacional de Ingeniería Civil, el prestigio profesional conseguido con sus obras, tanto dentro como fuera de nuestro país, le ha hecho merecedor de otros galardones y distinciones, entre ellos la Medalla al Mérito Profesional de la ATEP por su contribución al desarrollo del hormigón pretensado en España, y la Medalla de Honor del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales, y Puertos.

También ha sido condecorado con la Medalla Ildefonso Cerdá 2015, máxima distinción del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, y Premio Construmat 93 al mejor proceso constructivo por el viaducto de la Trinidad, en Barcelona.

>> Ha trabajado en los últimos doce años en su libro "Teoría unificada de estructuras y cimientos. Una mirada Transversal".

El último reconocimiento hasta el momento ha sido el de finalista del Premio Acueducto de Segovia, otorgado por el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos y la Fundación Caminos, por el proyecto del viaducto sobre el río Guarga, en el tramo Caldearenas-Lanave, en Huesca, de la autovía Mudéjar.



Nueva Red Ferroviaria, "Y Vasca" Tramo Tolosa - Hernialde.

#### **Futuro**

Javier Rui-Wamba sigue plenamente activo: "para mí una vida no es suficiente para ser el ingeniero que quiero ser", asegura, y prueba de ello es que sigue aprovechando al máximo su tiempo, estudiando y con la actitud de querer hacer las cosas bien.

En cuanto al desarrollo futuro de la ingeniería civil, entiende que se ha evolucionado en un sentido que abre grandes expectativas de trabajo, y dice que "el futuro está en el mar, un medio en el que se pueden construir infraestructuras flotantes de gas natural licuado, plantas

desaladoras o centrales nucleares, todas ellas transportables, gracias a un material como el hormigón prefabricado".

Además del agua, considera que la energía es otro sector fundamental para la ingeniería civil, concretamente la eólica. Su empresa está construyendo actualmente la torre de Canarias, "toda una revolución", asegura, fabricada íntegramente en hormigón y de 5MW de potencia, que tiene la ventaja de que puede transportarse flotando e instalarse sin necesidad de grandes buques grúa, que hasta ahora resultaban imprescindibles para realizar este tipo de montajes.

#### Javier Rui-Wamba



El proyecto ELICAN, para la implementación de la tecnología ELISA de la empresa de ingeniería ESTEYCO, cuenta con fondos recibidos desde la Comisión Europea, en su convocatoria H2020-LCE3-2014/2015 (Acuerdo de Subvención N° 691919) y consiste en la construcción e instalación de un prototipo de torre eólica offshore, a escala real y operativo, en el área de Plocan. El proyecto lo ejecuta un consorcio liderado por ESTEYCO, en el que participan también SIEMENS-GAMESA, ALE HEAVYLIFT, DEVI GmbH, y el propio PLOCAN. Gracias a la citada tecnología ELISA, que permite que la torre sea íntegramente montada en puerto, incluyendo el aerogenerador, éste será el primero del mundo instalado en el mar sin requerir grandes buques o grúas.



Tanque de Gas Natural Licuado de 180.000 m3, semienterrado en un recinto de pantallas circular de diámetro interior 104 m.

Valora mucho la ingeniería que se ha hecho y que se hace actualmente en nuestro país y aclara que, desde sus inicios profesionales, esta ha crecido mucho gracias a que "se han construido infraestructuras muy importantes que nos han llevado a la eficiencia, y que nos han permitido adquirir una experiencia que no tiene parangón en el mundo, la ingeniería española tiene un nivel muy alto". Es por ello que entiende que el ingeniero que se forme en España no puede ser sedentario, y aconseja a los jóvenes que interioricen que su escenario de trabajo debe ser el mundo.

A nivel social, lamenta la ausencia de un interés por la cultura de la ingeniería, afirmación que ilustra contándonos que "cuando abrimos el grifo, deberíamos tener la curiosidad de saber cuál es el proceso por el cual esa agua llega desde un embalse a nuestra casa".

Aunque Rui Wamba ha pasado gran parte de su vida en Madrid, vive desde hace unos años en Barcelona, donde también tiene sede su empresa, y aunque quedan muy atrás sus años de niñez y juventud en el País Vasco, afirma sentirse, a día de hoy, totalmente de allí.

#### **OBRAS DESTACADAS**

				OBRAS DESTACADAS —
2015-20	2015-2018	Proyecto "ELICAN". Construcción e instalación de un prototipo de torre eólica offshore (telescópica) en el área de "Plocan", Arinaga, Gran Canaria. Primera torre en el mundo instalada en el mar sin requerir grandes buques o grúas.  Viaducto sobre el río Guarga, de la autovía Mudéjar A-23, Tramo: Caldearenas-Lanave. Viaducto con estructura mixta semiintegral hiperestática, de 350 m de longitud dividida en cuatro vanos y 40 m de altura de pilas. (Recientemente ha quedado finalista en el premio "Acueducto de Segovia", otorgado por el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos y por la Fundación Caminos).	2010-2011	Proyecto constructivo, dirección de obra y project management de la antena para el espacio pro- fundo DSA-3 en Malargue, Mendoza (Argentina)
			2006-2007	Proyecto constructivo y asistencia técnica a la di- rección de obra de las torres de ascensores y pasarelas de Ametzola, en Bilbao.
			2002-2003	Proyecto constructivo y asistencia técnica a la di- rección de obra de la estructura de la pérgola fotovoltaica en el Fórum 2002, Barcelona.
			2002-2002	Proyecto constructivo y dirección de obra de la estructura de la ampliación del Museo Centro Nacional de Arte Reina Sofía, Madrid.
	2011-2017	,	1997-1998	Proyecto constructivo y asistencia técnica de la rampa de acceso a la base de submarinos de Saint Nazaire, en Francia.
	2006-2016	Proyecto ejecutivo y dirección de las obras de la cobertura y urbanización de los espacios anexos del acceso ferroviario a la estación de Sants. Bar-	1994-1996	Proyecto de trazado y constructivo del tramo Atalaya del Cañavete-Motilla del Palancar de la autovía Madrid-Valencia, Cuenca.
		celona.	1994-1995	Proyecto constructivo y asistencia técnica a la di-
	2014-2018	Proyecto y dirección de obra del tanque de gas natural licuado de 180.000 m3, semienterrado en un recinto de pantallas circular de diámetro in-		rección de obra del puente arco del Tablate en el tramo Béznar-Vélez de Benaudalla, en la A-44, en Granada.
		terior de 104 m. Brujas (Bélgica).	1991-1992	Nudo viario de La Trinidad, en Barcelona.
	2014-2016	Project management e inspección técnica inte- gral del parque eólico San Juan (187MW) y LAT (86 km), en Atacama (norte de Chile). A día de hoy es el parque eólico más grande de Chile en operación.	1991-1992	Puente en el tramo 10 sobre la avenida Meridiana (Trinidad), Barcelona.
			1988-1989	Proyecto constructivo y asistencia técnica de los tramos del frente marítimo de Poblenou y Besòs en la ronda del Litoral. Barcelona.
	2009-2012	Estudio previo y proyecto constructivo por fases de los accesos (viarios y ferroviarios) a la nueva terminal de contenedores del puerto de Barcelona.		· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
			1987	Proyecto constructivo de la estructura de la estación de largo recorrido Madrid-Atocha.
1				

Tras este reconocimiento, que llega después de más de un millar de proyectos y direcciones de obra, Rui Wamba mantiene una fructífera actividad con la que, sin duda alguna, conseguirá ser el ingeniero que dice querer ser.



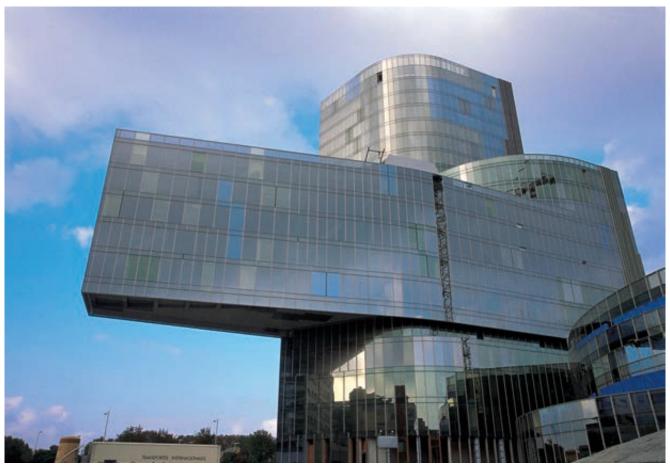
## »Premio Nacional de Ingeniería Civil 2017«

Julio Martínez Calzón se define como un ingeniero humanista al que su profesión le ha permitido tener una profunda visión del universo, y al que el Ministerio de Fomento ha reconocido con la concesión del Premio Nacional de Ingeniería 2017, al ser todo un referente en nuestro país.

## Julio Martínez Calzón

El ingeniero humanista

Pepa Martín Mora



Edificio Mare Nostrum para Gas Natural en Barcelona (2005) Arquitectos Enric Miralles y Benedetta Tagliabue.

El ingeniero de caminos, canales y puertos **Julio Martínez Calzón** (Valencia, 1938) recibió el más alto galardón a su carrera en la convocatoria de 2017 del Premio Nacional de Ingeniería Civil. Fomento puso así en valor su dilatada y brillante trayectoria profesional en la que ha destacado, además de como investigador y escritor –él mismo se define como ingeniero humanista—, por haber introducido en España el sistema de construcción de estructuras mixtas.

Su contribución al desarrollo de la ingeniería civil se ha focalizado en el campo de las estructuras, tanto desde el punto de vista profesional como académico, además de su papel como introductor y máximo exponente en el desarrollo de las estructuras mixtas de hormigónacero en nuestro país, un sistema muy original en su momento que tan solo se había utilizado en pocas partes del mundo y del que se le considera creador y pionero.

Sus aportaciones en el campo de la edificación son muy notables; de hecho, con la concesión del premio se le calificó como un "referente" en la resolución de estructuras de gran complejidad, y sus trabajos "son un exponente de una vocación innovadora, que a menudo han supuesto novedades mundiales en el uso de los materiales aplicados a la construcción de puentes", tal y como señala el acta del jurado.

Ha colaborado con los mejores arquitectos, tanto españoles como extranjeros, contribuyendo favorablemente al prestigio que tiene la imagen de la ingeniería española fuera de nuestras fronteras. Entre sus construcciones destacan muy especialmente los puentes de gran envergadura, en su mayoría con la tipología impulsada por él de estructuras mixtas de hormigón y acero.

El leitmotiv de su obra ha sido la creación de estructuras artísticas que no se limitasen únicamente a ser obras meramente técnicas o funcionales, sino que ha perseguido que cada obra suya constituya una novedad que asimile tanto su propia capacidad personal como la de sus colaboradores.

Calzón fue galardonado en su día por decisión unánime del jurado, un premio que, a sus 80 años, le sorprendió dado que ni siquiera tenía constancia, según confesó por entonces, de que estaba en la lista de ingenieros propuestos.

#### Recorrido profesional

Son muy numerosos los puentes y edificios singulares en los que ha intervenido Julio Martínez Calzón desde que, en el año 1962, se doctorase en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos. La filosofía, la innovación y el arte son materias que ha compaginado con su actividad como ingeniero, de ahí que esa faceta profesional, combinada por él con el humanismo, le haya permitido desarrollar obras emblemáticas y singulares con un profundo componente artístico.

La ingeniería, con su doble vertiente, técnica y artística, "permite tener una profunda visión de lo que es el cosmos. Una doble oportunidad de ver el mundo".

En sus inicios profesionales trabajaba por las mañanas en el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja —especializado en estructuras de hormigón—como director de la sección de ensayos mecánicos, y por las tardes en el estudio del ingeniero Juan Batanero—que se dedicaba al análisis de las estructuras metálicas—colaborando con él en la realización de patentes.

Tras advertir que la línea de trabajo relativa a las estructuras mixtas empezaba a germinar en Europa, siendo una técnica aún desconocida en España, se plantea la posibilidad de una colaboración entre ambos desarrollos a través de los estudios de Torroja y Batanero.

Su implicación en esta técnica le lleva en 1966 a traducir y adaptar del alemán al castellano un libro sobre la materia al que incorpora sus planteamientos personales y que edita bajo el título de *Estructuras Mixtas.Teoría y práctica*. Es en ese momento cuando se inicia este tipo de construcción en nuestro país, primero a iniciativa suya y después secundado por el resto de la ingeniería española.

Posteriormente, en 1988, crea su propio estudio de ingeniería, MC2, dedicado al desarrollo de proyectos y



Puente de Tortosa sobre el rio Ebro (Tarragona) (1982).



Puente de ferrocarril en la variante norte hacia Huelva en Sevilla (1992).

patentes aplicadas a las estructuras mixtas, desde una perspectiva empresarial, y especializado en el diseño y construcción de puentes y estructuras singulares de gran complejidad técnica, como puentes de carretera y ferrocarril, pasarelas, cubiertas, espacios deportivos y torres, y a la proyección de procedimientos constructivos propios, desarrollando líneas de patentes que le permitan avanzar en sus proyectos y que a su vez sirvan a otros estudios.

Ha compaginado esta actividad con una intensa faceta docente como profesor titular de Estructuras metálicas y mixtas en la Escuela de Ingenieros de Caminos de Madrid hasta el año 2003, lo que le ha permitido transmitir sus conocimientos y experiencias en este campo a sucesivas promociones de jóvenes ingenieros.

#### Julio Martínez Calzón



Puente del Arenal sobre el río Guadalquivir en Córdoba (1993).

De hecho, esta etapa dedicada a la docencia también le permitió formar su propio equipo de ingenieros, eligiendo entre sus alumnos a los más brillantes. Asegura confiar tanto en las personas jóvenes bien formadas, ya que las nuevas generaciones dominan de forma excepcional las nuevas tecnologías, como en los ingenieros experimentados.

El colofón a su trayectoria profesional llegó en 2006, con una exposición retrospectiva de su obra como ingeniero estructural y con la publicación del libro *Puentes*, estructuras, actitudes, una biografía profesional en la que recorre buena parte de sus proyectos y da vía libre a sus inquietudes como divulgador.

#### **O**bras

La primera estructura mixta que se desarrolla en España en la época moderna es el paso superior de Juan Bravo sobre el paseo de la Castellana, una obra que data de 1970, en la que Martínez Calzón introdujo todos los factores innovadores que implicaba utilizar esta técnica. La influencia de este proyecto en la ingeniería civil fue fundamental. No solo fue la primera obra de estructura mixta en la que se utilizó el hormigón blanco estructural y el acero corten, autoprotegido contra la corrosión, sino que su diseño cambió significativamente la manera de concebir los puentes en las ciudades, que pasaron de ser estructuras de carácter "mostrenco" a construirse más refinadas y creativas. Martínez Calzón menciona que esta obra, ganada por concurso, fue un triunfo personal, al igual que la torre de Collserola, proyecto de Norman Foster, en la que aplicó el procedimiento constructivo de elevación e inserción telescopada con la elevación del edificio en



Torre Telefónica Zero Zero en Barcelona (2011). Arquitecto Enric Massip Bosch.

conjunto sobre sí mismo, como una flor, de modo que se izaba autoevolutivamente hasta su posición definitiva, en lugar de emplear grúas y sistemas de colocación de piezas.

Las obras firmadas por Martínez Calzón en las que concurren especialmente todos los aspectos de innovación y complejidad de las estructuras mixtas son, según su propia valoración, el puente de Tortosa y el edificio de Gas Natural en Barcelona, en el que puso en marcha los procesos constructivos propios para edificar con esta técnica.

Dentro de las obras destacadas de Martínez Calzón también se podrían añadir el puente sobre la ría de Bilbao, en el municipio de Ciérvana, de 1977, el primero construido en el mundo utilizando los sistemas con doble acción mixta; el primer puente con pretensado exterior en España sobre el antiguo cauce del Turia, en Valencia, de 1989; el primer puente con recubrimiento de cobre, en el Arenal, Córdoba, en 1991; o el primero



Edificio Torre Espacio en Madrid (2008.) Arquitectos. Pei Cobb Freed & Partners.

en el que se utilizó el acero inoxidable con carácter estructural, en el polígono de Granadilla en Tenerife, en 1996.

También ha sido un innovador en el campo de las estructuras mixtas creando nuevos sistemas y tipologías, como el cajón estricto mixto, utilizado en los puentes de Vilobí d'Onyar y La Roca, sobre la A-7, en 1993, o el sistema ábaco aplicado en los puentes sobre la ría de Santa Lucía en Uruguay, en 2005, y el Estrecho de Paredes, en Cuenca, en 2008.

Por otro lado, colaboró desde 1970 con el ingeniero José Antonio Fernández Ordoñez en la construcción de distintos puentes, entre ellos el de Martorell, en Tortosa (puente del Milenario de Cataluña) y otras ciudades, desde Sevilla a Córdoba, Valencia, San Sebastián o Bilbao, así como construyendo pasos y viaductos para alta velocidad, y en obras en Canadá y Uruguay.



Puente de Las Américas en Montevideo (Uruguay) (2005).

También ha participado en la construcción de 24 estructuras para diferentes edificios construidos por afamados arquitectos, colaborando con Navarro Baldeweg en la construcción del Museo de Altamira y los Teatros del Canal, con I.M. Pei, en la torre Espacio; con Rubio & Álvarez-Sala en la torre PwC; con Cruz y Ortiz para la construcción de La Peineta; con Norman Foster en la torre de Collserola; con Miralles y Tagliabue en el edificio Gas Natural; con Moneo en la Diputación de Cantabria; con Arata Isozaki en el Palau Sant Jordi; y con Vázquez Consuegra en la torre de Cádiz.

Su trabajo ha sido reconocido con numerosos galardones, como la Medalla al Mérito Profesional que otorga el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, y el premio Puente de Alcántara en 1992 por haber construido la torre de Collserola y cumplir 43 años de docencia en las escuelas de ingenieros de caminos de Madrid y Santander, que se suman al recientemente concedido Premio Nacional de Ingeniería Civil.

#### Ingeniería personal

Según Martínez Calzón, actualmente son las empresas las que asumen la autoría de los proyectos y el trabajo se realiza en equipo. Se está abandonando una ingeniería de carácter personal para dar paso a una ingeniería realizada por un equipo multidisciplinar. Esta nueva senda puede resultar positiva "en aspectos como el de la seguridad, que hace que haya una enorme cantidad de gestión y control para que nadie haga una obra en la que por un error se falle".

#### Julio Martínez Calzón



Puente del V Centenario sobre la dársena del río Guadalquivir en Sevilla (1991).



Puente sobre la ría de Santa Lucia en Montevideo (Uruguay) (2005).



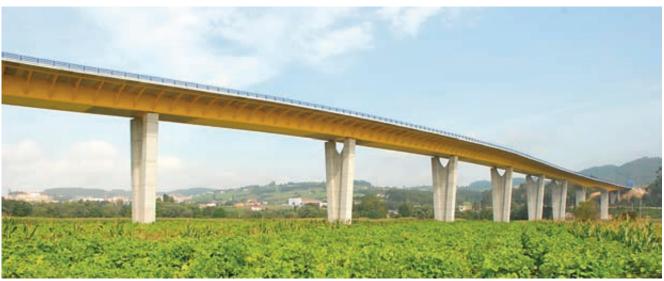
Paso superior de Juan Bravo-Eduardo Dato sobre la Castellana en Madrid (1970).

Como ingeniero continúa colaborando con MC2, que es la empresa que él mismo creó y en la que ha desarrollado toda su actividad, y que vendió a Typsa cuando se jubiló. Casualmente, uno de sus últimos trabajos ha sido la ampliación del puente de Rande, en Vigo, obra en la que participó en el jurado para seleccionar el proyecto de construcción, y "casi cuarenta años después —dice— he tenido la oportunidad de realizar el diseño en una especie de revival extraordinario".

Califica como maravillosa la posición del ingeniero civil en el mundo. Considera que cuenta con una plataforma para su comprensión que le permite, sin ser científico, entender muy bien la ciencia y la técnica, y ello, sumado al diseño de sus obras, supone alcanzar la creatividad artística "que nos permite tener una profunda visión de lo que es el cosmos o el universo, es la doble oportunidad de ver el mundo", concluye.

#### La pintura como pasión

Por circunstancias personales, Martínez Calzón ha estado muy vinculado al mundo del arte, una singularidad como ingeniero que le ha permitido materializar un proyecto personal al que se ha dedicado durante los últimos cincuenta años: un libro, La pintura del siglo XIX, en la que recoge información de un total de 1.245 pintores de la época, muchos de ellos desconocidos para el gran público, con el que ha abierto una vía de conocimiento muy amplia en torno a la materia. Asegura que es más una obra de consulta que de divulgación, más fácil encontrar en las bibliotecas universitarias que en las generalistas, además de en Internet; se complementa con una página web pinturasxix.com que ofrece la oportunidad de contemplar, de forma sencilla y cohesionada, más de 100.000 obras de la pintura occidental del XIX.



Puente sobre el río Nalón en Muros (Asturias) (2006).

Martínez Calzón pone remedio así a una injusta apreciación que, a su entender, se ha tenido de la pintura de esta centuria, mal conocida y en cierto modo postergada, como si estuviera atrapada entre la brillantez de los siglos anteriores y la irrupción de las vanguardias que marcan el inicio de la modernidad, y que el lector pueda llegar a comprender, sin entrar en aspectos más especializados, lo que él denomina el "espíritu del siglo XIX" a través de su pintura.

#### **PUBLICACIONES**

Estructuras Mixtas. Teoría y práctica (1966).

Construcción Mixta. Hormigón-Acero (escrito con Jesús Ortiz Herrera, 1978).

Puentes mixtos, en Comunicaciones y mesas redondas de las  $1.^{a}$ ,  $2.^{a}$  y  $3.^{a}$  Jornadas Internacionales (1993, 1996, 2002).

Puentes, estructuras, actitudes (2006).

Pabellón de España, Exposición Universal de Shanghái (2010). La pintura del siglo XIX (2017).

El legado de Martínez Calzón como introductor y máximo exponente en el desarrollo de las estructuras mixtas hormigón-acero en nuestro país, crecerá, aún más si cabe, con la concesión del Premio Nacional de Ingeniería.

Centro virtual de publicaciones del Ministerio de Fomento: www.fomento.gob.es

Catálogo de publicaciones de la Administración General del Estado: http://publicacionesoficiales.boe.es

Título de la obra: Revista Extra del Ministerio de Fomento, nº 685, julio-agosto 2018; Premios Nacionales de Ingeniería Civil

Autor: Ministerio de Fomento, Secretaría General Técnica, Centro de Publicaciones

Año de edición: 2018

#### Características Edición:

1ª edición electrónica: diciembre 2018

Formato: PDF Tamaño: 10 MB

Edita:

© Ministerio de Fomento Secretaría General Técnica Centro de Publicaciones

NIPO: 161-15-006-6 I.S.S.N.: 1577-4929 P.V.P. (IVA Incluido): 3 €

Los derechos de distribución de esta publicación pertenecen al Centro de Publicaciones del Ministerio de Fomento. La difusión puede realizarse colocando un link que direccione a la página de la publicación en la web del Centro Virtual de Publicaciones/Ministerio de Fomento

Aviso Legal: Todos los derechos reservados. Esta publicación no puede ser reproducida ni en todo ni en parte, ni registrada, ni transmitida por un sistema de recuperación de información en ninguna forma ni en ningún medio, salvo en aquellos casos especificamente permitidos por la Ley.

