

## Propósito de la Revista de Obras Públicas

La Revista de Obras Públicas es, básicamente, una revista de carácter técnico y científico, que pertenece al mundo cultural de la ingeniería civil.

Órgano Profesional de los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, su ámbito de divulgación es, pues, tanto el colectivo de éstos como el de su entorno científico, técnico, económico, cultural y social directamente ligado al mismo, de manera que los artículos que en ella se publican presenten el máximo interés para todos sus potenciales lectores.

Tal ha sido su línea editorial desde su fundación en 1853, y su objetivo sigue siendo continuar e innovar esa línea de reflexión sobre el oficio.

Así, la ROP, dentro de su contenido científico y técnico, se adentra en un mundo más amplio, dando a conocer no sólo las tecnologías específicas y trabajos de investigación, sino atendiendo al proyectista y al constructor, al mundo de las enseñanzas técnicas y al de las actividades profesionales, así como a las relaciones de la ciencia, la técnica y la cultura con la política sectorial y la sociedad civil.

# Sumario

nº 3.474 • Año 154 • Febrero 2007

## Editorial

**5**  
Las revistas científicas  
[Scientific journals]

## Ciencia y Técnica de la Ingeniería Civil

**7-18**  
Una propuesta para el proyecto de firmes y pavimentos en túneles  
[A proposal for the design of pavements in road tunnels]  
Miguel Ángel del Val Melús,  
Manuel G. Romana García,  
Ricardo Galvis



**19-32**  
Obras de ingeniería y creación de paisajes  
[Engineering works and the creation of landscape]  
Carlos Nárdiz Ortiz



**33-54**  
Túneles de Pajares.  
Galería de acceso de Folledo  
[The Folledo access adit to the Pajares tunnels]  
Raúl Míguez Bailo,  
Antonio Benito Alonso,  
Alfonso Angona Sopeña

## Obras y Proyectos de Actualidad

**55-62**  
Pasarela metálica atirantada «Agro» en Arteixo (La Coruña)  
[A metallic stayed footbridge «Agro» in Arteixo, (La Coruña), Spain]  
Antonio González Serrano,  
Julio Besiga Díaz Blanco



## REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS



Obras de ingeniería y creación de paisajes

Una propuesta para el proyecto de firmes y pavimentos en túneles

Foto de portada: Puente sobre el Guadiana en Badajoz

## Historia y Cultura de la Ingeniería Civil



**63-76**  
La CIA. M.Z.O.V. Historia de una concesionaria de ferrocarriles.  
Primera parte: 1862 a 1879  
[The MZOV Company. History of a railway operator. Second part. 1880 to 1929]

## Secciones

Actividad del Ingeniero	77
La ROP hace 150 años	79
La ROP hace 100 años	80
La ROP hace 50 años	81
Informaciones [páginas amarillas]	83

Se admiten comentarios a los artículos publicados en el presente número, que deberán ser remitidos a la redacción de la ROP antes del 30 de mayo de 2007

**Director:**  
Juan Antonio Becerril Bustamante

**Redactores Jefes:**  
Juan A. Sánchez Rey  
Juan Pablo Mañueco Grinda

**Maquetación:**  
José Luis Saura

**Redacción:**  
Jesús Benito Torres  
Gloria Martín Sicilia

**Redacción y Publicidad:**  
Almagro, 42.  
28010 Madrid.  
Tel.: 91.308.19.88  
Fax: 91.319.15.31

**Edita:**  
Colegio de Ingenieros  
de Caminos,  
Canales y Puertos.

**Imprime:**  
Graffoffset SL impresores.

Depósito Legal: M-156-1958.  
ISSN: 0034-8619.  
rop@ciccp.es  
www.ciccp.es/rop/index.htm

**Suscripciones:**  
suscripcionesrop@ciccp.es

Esta revista no se hace necesariamente solidaria de las opiniones expresadas por sus colaboradores.

Publicación decana de la prensa española no diaria. Fundada en 1853

## CONSEJO DE ADMINISTRACIÓN

### Presidente:

D. José Antonio Torroja Cavanillas

### Vocales:

Miguel Aguiló Alonso

Luis Berga Casafont

Juan Francisco Lazcano Acedo

Íñigo Losada Rodríguez

Julio Martínez Calzón

Pedro Rodríguez Herranz

Edelmiro Rúa Álvarez

Juan Antonio Santamera Sánchez

Benjamín Suárez Arroyo

### Director:

Juan Antonio Becerril Bustamante

## COMISIÓN DE EXPERTOS

Federico Bonet Zapater

Javier Botella Atienza

Gerardo Cruz Jimena

Javier Díez González

José Luis Gómez Ordoñez

Santiago Hernández Fernández

Antonio Huerta Cerezuela

Ernesto Hontoria García

Javier Manterola Armisen

Manuel Melis Maynar

Felipe Mendaña Saavedra

Eugenio Oñate Ibáñez de Navarra

Carlos Oteo Mazo

Mariano Palancar Penella

Santiago Pérez-Fadón Martínez

Ángel Pérez Jamar

José Polimón López

José Rubio Bosch

Javier Rui-Wamba Martija

Fernando Sáenz Ridruejo

Andrés Sahuquillo Herraiz

Francisco Javier Samper Calvete

Vicente Sánchez Gálvez

Antonio Soriano Peña

Pedro Suárez Bores

Ignacio Tejero Monzón

Javier Torres Ruiz

Santiago Uriel Romero

Eugenio Vallarín y

Cánovas del Castillo

## COMITÉ EDITORIAL

Francisco Javier Asencio Marchante

Antonio de las Casas Gómez

Juan Antonio Becerril Bustamante

Rafael Izquierdo de Bartolomé

Juan Rodríguez de la Rúa

## Las revistas científicas

El propósito editorial de la *Revista de Obras Públicas* es ser, básicamente, una publicación de carácter técnico y científico, que pertenece al mundo cultural de la ingeniería civil.

Basados en ese propósito, mantenido a lo largo de toda su trayectoria, es momento de obtener el reconocimiento nacional e internacional para ella, de manera que, además de estar respaldada por un indudable prestigio, quede incluida oficialmente en el ámbito de las revistas científicas de mayor entidad. Entre otros efectos positivos se obtendrá una mayor divulgación además de conseguir para los autores de los artículos las calificaciones establecidas al efecto, objetivo que está especialmente justificado en el mundo de la Universidad al redundar en un mayor valor de sus méritos docentes.

La *Revista* cumple sobradamente con los requisitos exigidos por los diferentes organismos pues en sus más de tres mil cuatrocientos números se han recogido de manera continuada los avances científicos y técnicos producidos en el mundo de la ingeniería civil, prestando además atención al mundo de las actividades profesionales y de aquellas que estén relacionadas con la política sectorial.

Si a lo largo de los cinco años del período 2000-2006 se examinan los 240 artículos publicados dentro de la sección Ciencia y Técnica de la Ingeniería Civil (línea medular de la publicación) se puede afirmar que, aplicando un criterio estricto, no menos de 205 (el 84,5% de los mismos) superan los requisitos de dichos organismos al ser fruto de la investigación y de la ciencia aplicadas a esa ingeniería. Y ello sin necesidad de tener en cuenta que muchos de los incluidos en Historia y Cultura de la Ingeniería Civil son trabajos de investigación histórica y que, incluso en Obras de Actualidad hay muchos otros que no sólo son descriptivos, sino que reflejan importantes avances tecnológicos, merecedores de ser reconocidos como muestra de la aportación de la *ROP* al mundo de la ciencia y de la técnica.

Existen, de todas maneras, dificultades importantes a la hora de plantear estos avances: mientras que en las revistas de arquitectura se considera como valor positivo "hacer arquitectura", no es igual en el mundo de la ingeniería, y, así los méritos que podrían aducirse por ser demostrativos de que la *ROP* "hace ingeniería" se ven relegados por otros condicionantes como aportar patentes o recoger artículos publicados en revistas internacionales previamente calificadas. Quizás son requisitos más indicados para otros tipos de ingenierías.

He aquí, pues, el reto que pretendemos superar, y para el que sería deseable disponer de la colaboración de cuantos profesionales del sector se sientan interesados en tan importante asunto. ♦

# Una propuesta para el proyecto de firmes y pavimentos en túneles

## A proposal for the design of pavements in road tunnels

**Miguel Ángel del Val Melús.** Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
*Catedrático de Universidad. Departamento de Ingeniería Civil-Transportes. UPM. miguel.delval@upm.es*

**Manuel G. Romana García.** Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
*Profesor Titular de Universidad. Departamento de Ingeniería Civil-Transportes. UPM. mromana@caminos.upm.es*

**Ricardo Galvis.** Ingeniero Civil  
*Venezuela. inricgalc@yahoo.es*

**Resumen:** Ante la ausencia de recomendaciones y normas, se presenta una visión personal del tema, así como una propuesta de criterios técnicos y reglas prácticas para el diseño y la ejecución de firmes en túneles, a fin de facilitar la labor del ingeniero proyectista que se enfrenta a estas tareas. Se empieza por proporcionar la información general que, de manera imprescindible, se ha de tener en cuenta en la toma de decisiones durante el proceso de diseño. Se exponen a continuación los criterios que se han de seguir para evaluar el tráfico esperado y las condiciones del cimiento del firme. A partir de ahí se propone un catálogo de secciones, adaptadas a las diversas situaciones posibles de los firmes, tanto con pavimento asfáltico como de hormigón. El artículo culmina con unas recomendaciones adicionales sobre los procesos constructivos.

**Palabras Clave:** Túnel, Firme, Pavimento, Explanada

**Abstract:** Given the absence of specifications and recommendations on the subject of pavement sections in tunnels, this article presents the personal view of the authors, along with a proposal of criteria and materials for the design and construction of these pavements. It begins with a set of general review of tunnel conditions, since they must be borne in mind in order to make the necessary decisions during the design period. Then the criteria to evaluate the loads (traffic category) and pavement foundation are given. Two catalogues are given, the first of different solutions to build the pavement foundations and the second to decide on materials and layer thicknesses for pavement sections, with alternative solutions based on bituminous materials and concrete. Finally, the article contains additional guidance on the factors that need to be pondered before deciding on pavement type, and some recommendations on the construction processes for each material type.

**Keywords:** Tunnel, Pavement, Subgrade

### 1. Introducción

El firme es un elemento de los túneles de carreteras que influye en la seguridad y en la comodidad de los usuarios. Por otro lado, hay que atender también a su durabilidad, para que las necesidades de conservación sean mínimas y así reducir la incidencia de esas tareas en la explotación del túnel.

Análogamente a lo que ocurre en las estructuras, el coste relativo del firme es muy bajo en los túneles:

menos del 5 % de la obra. Pero al contrario que en aquéllas, en éstos es relativamente habitual disponer la sección estructural completa. Además debe destacarse que, incluso si el material en el que se excava el túnel, que constituiría el cimiento del firme, es de buena calidad, es especialmente difícil terminar la excavación con la regularidad precisa para que pueda servir de apoyo a las capas del firme.

Ante la ausencia de recomendaciones y normas para el diseño de los firmes en túneles, se pretende

ofrecer en este artículo una visión personal y una propuesta de criterios técnicos y reglas prácticas para su proyecto y su ejecución. Se incluye también alguna información general sobre materiales y métodos constructivos, a fin de proporcionar una ayuda para la toma de decisiones durante el diseño. En última instancia, se pone a disposición de los proyectistas una gama de posibles soluciones, entre las que han de elegir la más adecuada en base a consideraciones técnicas, de seguridad y económicas sobre el caso a resolver. Se pretende asimismo unificar criterios sobre las secciones estructurales de los firmes en los túneles.

## 2. Clasificación de túneles

Atendiendo únicamente a la infraestructura, los túneles pueden ser clasificados, entre otros criterios, por su sección transversal, por su sostenimiento, por la naturaleza del cimiento de su firme, por el método constructivo empleado y por el acabado del túnel.

Existen cuatro tipos principales de secciones transversales en túneles:

- Circulares
- Rectangulares
- De herradura
- Ovaladas

La forma de la sección tiene relación con las condiciones del terreno y con el método constructivo empleado. A este respecto no debe olvidarse que algunos túneles viarios aparentan ser rectangulares en su interior, debido al pavimento y a la losa de techo, y sin embargo la sección de la excavación, que es la que define realmente el tipo, es diferente. Por otro lado, en algunos túneles se combinan distintos procedimientos constructivos, debido a los cambios de las condiciones del terreno.

Según su sostenimiento, los túneles pueden ser clasificados como:

- Con sostenimientos flexibles: con bulones y hormigón proyectado y cerchas.
- Con cerchas y hormigón bombeado.
- Revestidos por segmentos.
- Con anillos de hormigón in situ.

Tabla 1. Relación entre la forma del túnel y el método constructivo

Método constructivo	Forma de la sección		
	Circular	Herradura	Rectangular
Trinchera		X	X
Escudo	X		
Excavación con tuneladora	X		
Voladura	X	X	
Tubos sumergidos	X		X
Excavación secuencial		X	
Escarificación/Pala	X	X	
Rozadoras	X	X	
Pantalla			X
Fresado	X	X	

En los túneles, el apoyo del firme suele ser bueno, bien porque el terreno natural sea de alta calidad, como ocurre si la excavación se realiza en roca, o bien porque se dispone una contrabóveda para cerrar la sección con hormigón donde el terreno es de menos calidad.

Como se ha indicado, el procedimiento de excavación utilizado determina en buena medida la forma de la sección transversal. En la tabla 1 se presentan los diferentes métodos constructivos y su relación con la forma de la sección.

En un túnel el firme puede ser, en principio, de cualquier tipo: flexible, semiflexible, semirrígido o rígido. En consecuencia, su superficie podría estar formada, como se analiza con detalle más adelante, tanto por una mezcla asfáltica como por un pavimento de hormigón. Desde un punto de vista funcional, el acabado del pavimento debería en todo caso proporcionar una diferenciación cromática entre la calzada y los hastiales y la bóveda, para que se produzca un efecto de guía positivo para mejorar la comprensión del túnel por parte de los conductores; la diferenciación cromática influye también en la reducción de la claustrofobia relativa, y ambos factores permiten disminuir la monotonía de la conducción dentro del túnel.

En su *Directiva sobre requisitos mínimos de seguridad para túneles de la red transeuropea de carreteras*, de abril de 2004, la Unión Europea ha establecido una clasificación de túneles basada en tres aspectos (tabla 2): circulación en un único sentido o en ambos, intensidad del tráfico y longitud. Según esta clasificación, la longitud mínima considerada

Tabla 2. Clasificación de los túneles según la Directiva 2004/54/CE

Circulación	Intensidad de circulación	Longitud (m)
Doble sentido	> 2000 veh/día y carril	> 1500 <sup>1</sup>
Cualquiera	< 2000 veh/día y carril	500 a 1000 > 1000
Cualquiera	> 2000 veh/día y carril	500 a 1000 1000 a 3000 > 3000

Nota 1: Estos túneles deben tener apartaderos a una distancia inferior a 1000 m

Nota 2: La Directiva establece, además, la obligatoriedad de disponer tubos de sentido único cuando las previsiones a 15 años muestren que el volumen de tráfico llegará a superar los 10 000 vehículos por día y carril y se alcance este valor.

Tabla 3. Clasificación de los túneles según el Real Decreto 635/2006

Circulación	Intensidad de circulación	Entorno y longitud (m)
---	Cualquiera	> 1000 <sup>1</sup>
Doble sentido	> 1000 veh/día y carril	> 1000 <sup>2</sup>
Doble sentido	> 2000 veh/día y carril	> 1500 <sup>3</sup>
Sentido único	Cualquiera	> 1000
	≤ 2000 veh/día y carril	500 a 1000
	> 2000 veh/día y carril	500 a 1000
	Cualquiera	Urbano ≤ 200
	≤ 2000 veh/día y carril	Urbano 200 a 500
Doble sentido	≤ 1000 veh/día y carril	> 1000
	> 1000 veh/día y carril	> 1000
	≤ 1000 veh/día y carril	500 a 1000
	> 1000 veh/día y carril	500 a 1000
	Cualquiera	Urbano ≤ 200
	≤ 1000 veh/día y carril	Urbano 200 a 500
	> 1000 veh/día y carril	Urbano 200 a 500

Nota 1: Estos túneles deben tener pavimento de hormigón (artículo 2.3.1)

Nota 2: Estos túneles deben tener medidas especiales de ventilación, pero sólo si tienen centro de control y ventilación semitransversal o transversal (artículo 2.11.7)

Nota 3: Estos túneles deben tener apartaderos a una distancia inferior a 1000 m.

para la aplicación de los requisitos establecidos en la Directiva es de 500 m. Este valor es razonable para redes viarias en campo abierto, en las que es raro que existan estructuras de soterramiento entre 60 y 500 m; en entornos urbanos, por el contrario, sería conveniente tratar como un túnel, a efectos de los requerimientos específicos de seguridad, a cualquier tramo soterrado de más de 200 m.

La pretensión primordial de la clasificación de la tabla 2 es ordenar las inversiones que son necesarias en materia de seguridad de la infraestructura, y su definición es producto de un análisis de las longitudes de túneles viarios en distintos países desarrollados, y de las conclusiones de diversos grupos de expertos tras los últimos incendios en túneles de los Alpes (de los que los más relevantes fueron los de Mont Blanc en 1999, Tauern en 2000 y San Gotardo en 2003). Esos incendios han supuesto una auténtica revolución en los criterios de seguridad que se aplican en los túneles, comenzando por una revisión completa de la infraestructura y su funcionamiento, y provocando unos cambios en la filosofía del diseño y, especialmente, en las necesidades de equipamientos para detección de incendios y de información y evacuación de usuarios en caso de incidente.

Los firmes no han sido omitidos en esta revisión de necesidades y funcionamiento en caso de incendio, habiendo sido analizada su carga de fuego (aunque no es una característica de diseño fundamental, como se verá más adelante) y su funcionalidad en una situación de emergencia. En consecuencia, la clase a la que pertenezca el túnel es un factor que debería ser considerado a la hora de establecer el tipo de firme que ha de construirse en él.

En España se publicó en mayo de 2006 el Real Decreto 635/2006, de 26 de mayo, sobre requisitos mínimos de seguridad en los túneles de carreteras del Estado (Boletín Oficial del Estado nº 126 de 27 de mayo de 2006, y corrección de errores en el nº 181 de 31 de julio de 2006), que es una trasposición parcial de la Directiva de la Unión Europea: su ámbito de aplicación se circunscribe a los túneles de la Red de interés general del Estado, con lo que quedan excluidos, al menos en principio, los túneles de la Red Transeuropea situados dentro del territorio español, pero no dependientes del Ministerio de Fomento. En este Real Decreto se establecen las clases de túneles que se recogen en la tabla 3.

### 3. Bases del diseño

El diseño de secciones de firme para túneles que se presenta en este artículo se ha basado en el procedimiento propuesto en la Norma 6.1 IC de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento: se consideran como parámetros básicos la categoría del tráfico pesado y las condiciones de la explanada; entre las posibles soluciones para cada combinación de los parámetros básicos se ha de seleccionar en cada caso concreto la más adecuada técnica y económicamente.

En relación con la explanada es preciso hacer de entrada algunas matizaciones. Como se ha señalado, la calidad del cimiento del firme en los túneles suele ser relativamente alta. Dado que en las excavaciones en roca, la naturaleza y el estado de ésta tienen una cierta influencia, se hace a continuación una referencia a las clasificaciones geomecánicas de las rocas, que se basan en la diferencia existente entre las propiedades de la roca madre y las del macizo, que puede presentar diferentes grados de fracturación y de meteorización. Entre las clasificaciones más empleadas hay que destacar el RMR (Rock Mass Rating) de Bieniawski. Esta clasificación fue establecida en 1979, y se basa en un indicador semiobjetivo que varía entre 0 y 100, que es la suma de valores correspondientes a cinco parámetros (tabla 4).

Tabla 4. Parámetros y valoración en la clasificación RMR

Parámetro	Valoración
Resistencia a compresión simple	0 - 15
RQD (Rock Quality Designation)	0 - 20
Espaciado de las juntas	0 - 30
Presencia de agua	0 - 15

Tras la valoración global, debe realizarse una corrección dependiendo de la dirección del buzamiento y del buzamiento de las juntas en relación con la dirección de la excavación del túnel. Finalmente, el macizo se encuadra en una clase de las cinco indicadas en la tabla 5.

Tabla 5. Clasificación de Bieniawski de un macizo rocoso

ROCA	Muy mala	Mala	Regular	Buena	Muy buena
RMR	0 - 20	21 - 40	41 - 60	61 - 80	81 - 100

Adicionalmente, en base a otros criterios complementarios sobre recomendaciones de excavación y sistemas constructivos de túneles, se puede afirmar lo siguiente:

- Con valores de RMR mayores de 50, el cimiento del firme puede ser la propia roca o una losa estructural, la cual se dispondrá sólo, por razones de geometría de la sección transversal de la calzada, si la excavación se ejecuta con tuneladora<sup>1</sup>.
- Con valores de RMR entre 35-40 y 50 la excavación se ejecuta usualmente en avance y destroza, haciéndose necesario el uso de sostenimientos. El sistema constructivo recomendado varía, siendo también posible el uso de tuneladoras. Se puede deducir que en estos casos el apoyo será la propia roca si  $40 < RMR < 50$ , o una losa o solera si el valor de RMR es menor o si se requiere por razón de la geometría de la sección transversal.
- Con valores de RMR menores a 35-40, la excavación se realiza con contrabóveda, normalmente empleando varias galerías de avance. El sistema constructivo recomendado varía: excavación convencional, fresado, escarificación o escudo. En principio, el cimiento del firme estaría constituido por losas estructurales. Sin embargo, si la cota de la contrabóveda está más de 100 cm por debajo de la explanada, el necesario relleno sería el apoyo del firme. Dicho relleno podría proceder de la propia excavación (si tiene una calidad suficiente) o estar formado por un hormigón de baja resistencia.

Las posibilidades de formación de las explanadas de las distintas categorías se recogen en la figura 1, dependiendo de la clasificación de la roca y de la profundidad de la contrabóveda; su selección dependerá en última instancia de las características de los materiales disponibles. El espesor del relleno será el necesario para que se pueda apoyar el firme, teniendo en cuenta las dimensiones del túnel y el gálibo requerido.

(1) Es importante recordar que en túneles de carretera la excavación con tuneladora sólo es viable, en general, con longitudes de túnel mayores de 2.000 m.

		RMR ≤ 40 (2)			
		RMR >40	LOSA HORIZONTAL	CONTRABOVEDA < 100cm	CONTRABOVEDA > 100cm
CATEGORÍA DE EXPLANADA	E1	No es aplicable	No es aplicable	No es aplicable	  Relleno con suelo tolerable 0
	E2	No es aplicable	No es aplicable	No es aplicable	  Relleno con suelo adecuado 1
	E3	(1)	 Losa      Roca	(1)	 Relleno con suelo adecuado 1
					 Relleno con suelo tolerable 0

FIGURA 1. FORMACIÓN DE LA EXPLANADA

**NOTAS:**

- (1) Si existe una losa de cierre, ésta constituye directamente la explanada
- (2) Si el relleno es de suelo adecuado se puede formar directamente una explanada E1  
Si el relleno es de suelo seleccionado se puede formar directamente una explanada E2
- (3) Este espesor se reduce a 25 cm si el relleno se lleva a cabo con suelo seleccionado

Suelo tolerable	Suelo estabilizado in situ
Suelo adecuado	Suelo estabilizado in situ
Suelo seleccionado	Suelo estabilizado in situ
Suelo seleccionado con CBR ≥ 20	Hormigón de baja resistencia (resistencia a compresión simple no superior a 12,5 MPa)

Para una correcta aplicación de la figura 1 se deberá tener en cuenta que todos los espesores que se indican son los mínimos especificados para cualquier punto de la sección transversal de la explanada, que dicha figura se estructura según la profundidad de la contrabóveda y que los materiales empleados han de cumplir las prescripciones contenidas, según corresponda, en los artículos 330 o 512 del PG-3.

**4. Constitución del cimiento del firme**

En rocas regulares y buenas (RMR > 40) el material tiene una capacidad de soporte sobrada para ser el

apoyo del firme. En estos casos las mayores dificultades residen en lograr un acabado suficientemente regular y que no queden piedras sueltas. Si se logra al menos lo segundo, puede formarse la explanada de cuatro maneras diferentes:

- En primer lugar, la superficie de apoyo puede ser muy adecuada para recibir una capa granular que sirva de regularización y de subbase del firme, que podría ser en este caso de cualquier tipo.
- La segunda opción es rellenar las irregularidades con un hormigón de baja resistencia (no superior a 12,5 MPa de resistencia a compresión simple). Esta tarea lleva un componente impor-

tante de mano de obra, frente a la opción anterior que es más fácilmente mecanizable.

- En tercer lugar, es posible rellenar todo el fondo de excavación con suelocemento, hasta lograr un espesor de mínimo del orden de 25 cm sobre suelos con menos del 35 % de finos y CBR superior a 5, o de 50 cm sobre suelos de peor calidad.
- Finalmente, puede optarse por disponer una solera de hormigón que cierre la sección del túnel. De esta manera la solera constituye un apoyo de excelente calidad para el firme.

En caso de excavar un túnel en suelos que no tengan empuje ni hinchamientos, hay que formar la explanada de la misma manera que se haría en un fondo de desmonte realizado en un suelo de esas mismas características. Cuando se trata de túneles excavados en materiales que producen empujes excesivos tras la construcción, como es el caso de los suelos expansivos, de las rocas deformables y con grandes empujes ("*squeezing rock*", en inglés), de las anhidritas y de otros materiales de comportamiento similar, lo más adecuado es establecer una sección de túnel con curvatura en todas sus partes, disponiendo una contrabóveda. Es posible así resistir las presiones transmitidas por el terreno con una estructura de hormigón en masa o, como mucho, ligeramente armado, con una forma que se aproxime al antifunicular de las cargas.

La anchura de la sección utilizada determina el relleno de la parte inferior, hasta que la cuerda del arco tenga la longitud deseada (el espacio entre el arco y la cuerda es importante). Como quiera que estas secciones se dan en terrenos de mala calidad, la solución más adecuada para este relleno no es ejecutarlo con el material excavado, salvo en casos excepcionales. Contando con que en este espacio deben disponerse los sistemas de drenaje que sean oportunos y algunos conductos auxiliares para instalaciones u otras infraestructuras, ya sean secundarias o de comunicaciones, una buena solución es rellenar con hormigón de baja resistencia, lo que proporciona un apoyo estable, de alta rigidez y de relativamente fácil regularización superficial. Además, este hormigón proporciona un margen adicional de seguridad, ya que colabora algo a la resistencia a eventuales cargas

del terreno. En consecuencia, lo más adecuado en estos casos es contar con un cimiento de excelente calidad, sobre el que podrá disponerse cualquier tipo de firme.

Las tuneladoras, conocidas con los nombres de topós, escudos o, más comúnmente, como máquinas tuneladoras integrales (TBM en inglés, "*tunnel boring machine*"), permiten la ejecución del túnel en un proceso continuo a sección completa, y con un proceso limpio y seguro, con rendimientos muy elevados (con una media superior a los 500 m al mes). Sin embargo, su empleo está limitado por diversas causas:

- Un coste muy elevado.
- Plazos de fabricación (en caso de ser una tuneladora nueva) o de rehabilitación (si se trata de una máquina que ya ha ejecutado otro túnel) importantes: entre 7 y 15 meses; a este plazo hay que añadir un tiempo de montaje de dos a tres meses
- Un espacio dedicado a instalaciones de más de 100 m de longitud, y alrededor de dos decenas de metros de anchura.

A la vista de estas circunstancias, es evidente que el empleo de tuneladoras compensa únicamente en túneles muy largos (más de 2 km de longitud, salvo excepciones).

Con estos equipos, la forma de la sección es circular. Dada la situación de la cuerda de longitud necesaria para la calzada, el espacio entre el firme y la contrabóveda o parte inferior del túnel es aún mayor que el existente en túneles con contrabóveda. Proceder simplemente al relleno de este volumen sería desaprovechar un espacio que resulta muy caro de excavar. Por ello, en la parte inferior de la sección se suele disponer una vía para el acceso exclusivo de personal de asistencia y emergencia. La estructura que está entre este espacio y la calzada principal, realizada in situ o prefabricada, debe tener un canto limitado, a fin de poder lograr el máximo gálibo en la máxima anchura posible; esto obliga a valorar la sobrecarga que supone el firme: lo ideal sería que dicha estructura tuviese la terminación adecuada para poder circular directamente sobre ella, lo que en teoría es factible, pero no tanto en la práctica.

## 5. Consideraciones sobre la elección del tipo de pavimento

Como se ha indicado, en los túneles es posible en principio el empleo tanto de pavimentos de hormigón como de pavimentos asfálticos. A veces se recomienda especialmente el pavimento de hormigón por su mayor durabilidad teórica y valorando la dificultad de cualquier tarea de conservación dentro de un túnel. Pero las causas de los deterioros que aparecen prematuramente dependen no tanto de la naturaleza del pavimento como del proceso de ejecución: impericia del constructor, desconocimiento del director de las obras, o incluso porque la calidad de los materiales o el espesor de las capas no son los previstos; en otras ocasiones lo que ocurre simplemente es que el crecimiento de la intensidad del tráfico pesado ha sido superior al que era razonable considerar en las fases de planeamiento y de proyecto.

Entre los factores que deben ser considerados a la hora de elegir el tipo de pavimento de un túnel están el terreno en el que se excava, el entorno, la longitud del túnel, la existencia o no de desvíos alternativos, la posibilidad de interrupción de la circulación, la escasez de espacio disponible en la sección (alternativamente, el coste de disponer de espacio adicional), el tipo de pavimento del resto de la vía y la *comprensión* de la sección por parte del conductor. Debe tenerse en cuenta que:

- no son factores independientes, de manera que cada uno de ellos influye en los demás;
- todos los factores citados son relativos, siendo posible encontrar ejemplos y contraejemplos para lo que se quiera; en cualquier caso, la existencia de un ejemplo nunca debe producir automáticamente la inferencia de una regla.

En cuanto a la longitud, es importante distinguir los túneles que permiten razonablemente la adopción de un tipo de pavimento diferente del existente en el resto de la vía (y no sólo una sección estructural distinta con un pavimento del mismo tipo). Un criterio habitual es permitir distintas secciones estructurales con un mismo pavimento a partir de longitudes de 200 m, mientras que para un tipo de pavimento diferente la longitud mínima habitual es de 3 km: esta longitud es la total dentro de una

misma obra, por lo que podría alcanzarse sumando las longitudes de varios túneles en el tramo. En operaciones de construcción de un eje viario completo podría ser posible coordinar varias obras para lograr un fin como el de construir tramos cortos en cada obra, pero esto no siempre ocurre en la práctica, debido a problemas logísticos y de organización económica de las obras.

La posible existencia de desvíos alternativos que no supongan un excesivo aumento del tiempo de viaje puede influir en la elección del tipo de pavimento, pues si es de hormigón puede resultar complejo (aunque siempre posible) realizar reparaciones manteniendo la circulación por los carriles adyacentes. En túneles con calzadas separadas (tubos dobles o triples) o en entornos urbanos los desvíos suelen ser sencillos, y en estos últimos es posible cortar la circulación en períodos de demanda relativamente baja durante varias horas. En túneles de montaña en tramos convencionales de dos carriles y doble sentido de circulación es difícil realizar cortes que no sean excepcionales, y difícilmente durante más de 12 horas.

En el túnel se produce simultáneamente una relativa escasez de espacio y otra de gálibo, cerca de los hastiales. Las secciones de dos carriles en túneles excavados en mina suelen tener unos 80 m<sup>2</sup> libres, pero las estructuras soterradas pueden tener espacios menores (60 a 70 m<sup>2</sup>), y los gálibos libres (medidos bien en borde de carril o, deseablemente, en borde de arcén) varían entre algo más de 4 m en los túneles urbanos en los que no se permite la circulación de camiones grandes, y los 5 o 5,5 m de los túneles más espaciosos. Por otro lado, hay que considerar que tanto el espacio como el gálibo inicialmente disponibles para la construcción del firme (los ventiladores, conductos de ventilación, luminarias, etc., se pueden y se suelen instalar después) pueden ser considerablemente mayores cuando se llevan a cabo las tareas de conservación y de rehabilitación, con todas las instalaciones ya en su lugar.

El tipo de pavimento del resto del tramo influye en la elección del pavimento de los túneles situados en él. Puede ser aconsejable, pero no imprescindible, que la capa de rodadura en el túnel sea similar a la del resto del tramo. Por otro lado, en ningún caso es recomendable cambiar el pavimento para longitudes de túneles relativamente

cortas, debido a que eso implicaría costos adicionales injustificados e iría probablemente en detrimento de la calidad final. En un itinerario de montaña con numerosos túneles y estructuras, lo que debe pesar son los túneles. En casos en los que un túnel tiene un peso relativamente bajo en el conjunto de la obra, el pavimento del túnel debe ser del mismo tipo que en el resto, para facilitar no ya la construcción, sino también la conservación y las rehabilitaciones.

El entorno en el que se encuentra el túnel puede ser montañoso, rural, metropolitano o urbano: influye en el trazado, en los itinerarios alternativos y en las posibilidades de corte. Aparte de lo ya dicho, es posible que en entornos montañosos la inclinación de la rasante en el túnel sea elevada, y con ello se penalizarían los pavimentos de hormigón, en los que los empujes longitudinales podrían ocasionar incluso el pandeo o el cabalgamiento de las losas. Los radios en túneles nuevos suelen ser relativamente generosos, pero también podría aplicarse un razonamiento similar al indicado si fueran muy reducidos: las pavimentadoras de encofrados deslizantes tienen radios de giro relativamente amplios.

Para su empleo en los túneles las capas de mezcla asfáltica tendrían en su contra, al menos en teoría, un apreciable poder calorífico. En ellas, según diversos estudios, el punto de ignición, que marca el inicio de la combustión, se sitúa entre 425 y 530 °C, pero las llamas que podrían producirse serían sólo superficiales y no se propagarían. Mientras el potencial calorífico de un coche de tipo medio, en una combustión completa, sería del orden de 18000 MJ, el de una superficie equivalente (8 m<sup>2</sup>) de firme con un espesor total de 15 cm de mezclas bituminosas sería de 6400 MJ; es cierto que esto supondría un incremento notable de la carga de fuego, pero sólo en la medida en que fuese posible que las mezclas bituminosas ardieran totalmente en todo su espesor, lo cual no ha sucedido en ninguno de los accidentes que se han producido en los años pasados y que son el origen directo de las preocupaciones actuales sobre la seguridad en los túneles (realmente, se ha comprobado que la ignición no afecta más que superficialmente a la capa de rodadura). Finalmente, teniendo en cuenta la pequeña proporción de betún en las mezclas, la cantidad de humo que se puede llegar a formar

debido a la ignición de éstas es pequeña en comparación con el que se produce al arder los vehículos y sus combustibles. Como muestra de que el poder calorífico de las mezclas bituminosas no es un argumento concluyente para no ser utilizadas en los pavimentos de los túneles, debe destacarse el que la Directiva 2004/54/CE no incluye ninguna especificación sobre la naturaleza del firme, ni tan siquiera criterios de resistencia ante el fuego de los materiales empleados en él.

En cuanto a la capa de rodadura, hay que tener en cuenta que en Europa se ha adoptado con generalidad el criterio de prohibir en los túneles las mezclas asfálticas drenantes, por su capacidad de permitir que los combustibles o líquidos inflamables vertidos se desplacen por su interior, lo que facilitaría la propagación del fuego en caso de incendio; por las mismas razones, en España se ha considerado que la prohibición debía extenderse a las mezclas tipo M (microaglomerados con una acusada discontinuidad granulométrica), mientras que con las tipo F (microaglomerados con una discontinuidad granulométrica menos marcada que en las mezclas M) se consiguen unas buenas características funcionales, pero sin un incremento de los riesgos en el caso de un incidente.

Como ya se ha indicado, la gran ventaja conceptual de los pavimentos de hormigón, que resultaría especialmente valiosa en túneles, es su gran durabilidad con unas reducidas necesidades de conservación, incluso a largo plazo, si ha sido correctamente ejecutado. Con los pavimentos de hormigón se podrían evitar actuaciones que siempre resultan más complejas en el interior de túneles largos y para las que se requieren medidas complementarias en la prestación del servicio; además, no se plantearían los problemas derivados de futuras rehabilitaciones, como la disminución de los gálambos debido a los recrecimientos. Pero esos argumentos a favor de los pavimentos de hormigón por razones de conservación, que serían en buena medida también aplicables en los tramos al aire libre, no tienen nada que ver con eventuales argumentos referidos a la seguridad en la explotación, que es lo que debe valorarse por encima de todo.

Además de las posibles complicaciones constructivas y de su influencia en los plazos de ejecución, un problema del pavimento de hormigón es

el de ofrecer una cierta dificultad para conseguir una regularidad superficial suficientemente buena, teniendo en cuenta que muchas veces se parte de una regularidad inevitablemente mediocre (si el pavimento se apoya en una losa de hormigón in situ). No se olvide que la regularidad superficial influye no sólo en la comodidad de la circulación, sino también en su seguridad. Finalmente, con análogos espesores, parece que es algo más fácil conseguir una buena regularidad superficial con mezclas asfálticas, pues éstas se disponen en varias capas y no en una sola.

Dejando de lado la viabilidad de la ejecución de un pavimento de hormigón, así como las supuestas ventajas que podría comportar desde el punto de vista de la conservación a medio y a largo plazo, es necesario valorar también el comportamiento de este material frente al fuego, aunque su poder calorífico sea nulo. Con las altas temperaturas que se producen en un incendio existe un riesgo de lajeo ("*spalling*", en inglés), es decir, de estallido del hormigón cercano a la superficie libre con posible proyección de partículas. Este fenómeno preocupa mucho en relación con los revestimientos, pero debería preocupar también en relación con el pavimento, pues además del peligro para los usuarios y para los equipos de socorro, el pavimento quedaría inutilizado y, al contrario que con uno asfáltico, su reparación exigiría tener cerrado el túnel un tiempo elevado, algo que puede ser incompatible con la normal prestación del servicio si no hay vías alternativas.

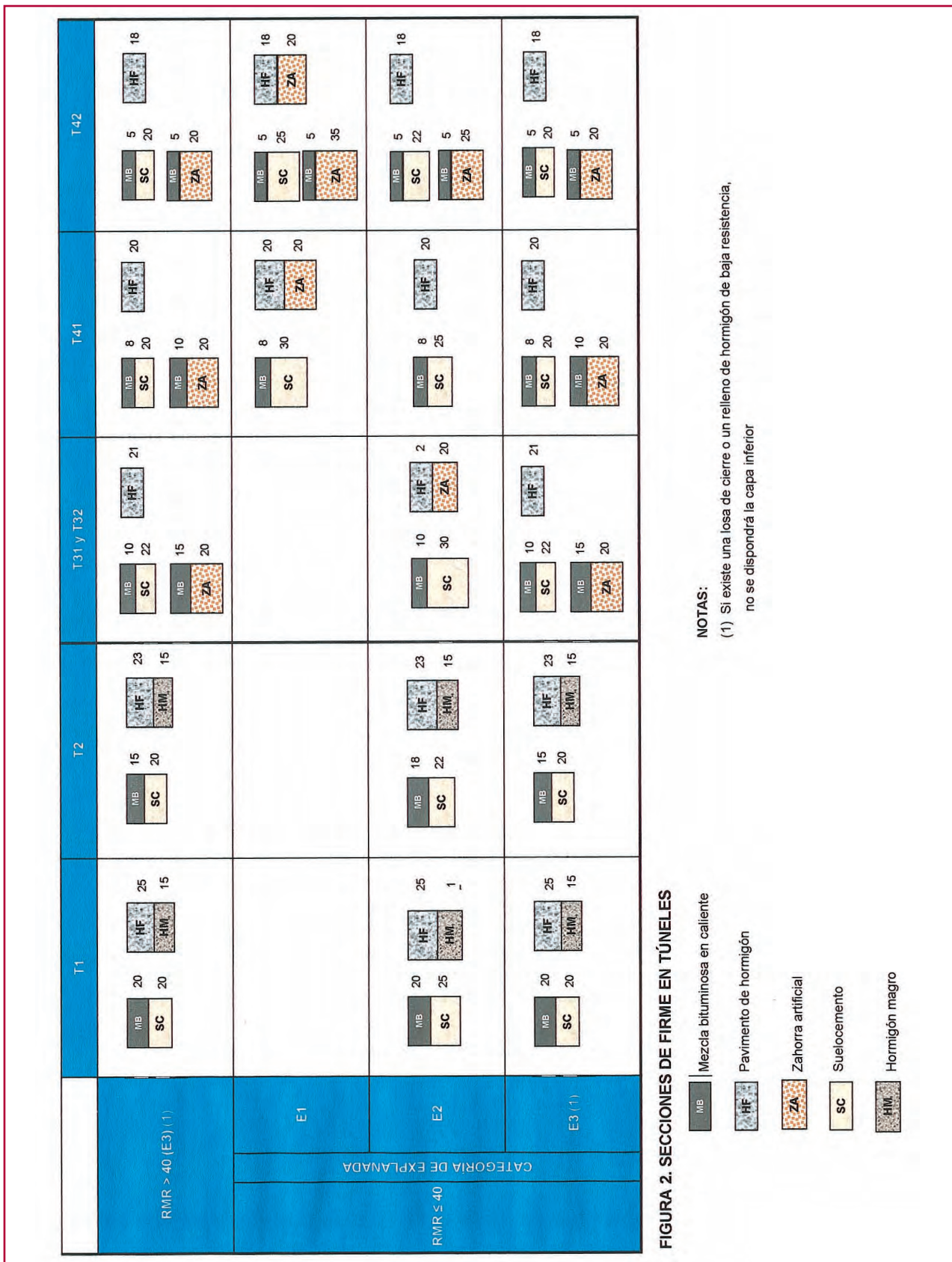
Otro aspecto que debe ser analizado en relación con la pavimentación de los túneles es el del contraste de las marcas viales. Con elevadas intensidades, e independientemente de la naturaleza del pavimento, en la separación entre carriles de túneles relativamente largos son necesarias pinturas con un alto contenido de microesferas de vidrio que garanticen una elevada reflectancia, consiguiéndose así un buen contraste con cualquier superficie (no debe olvidarse que en esos túneles hay una iluminación permanente y es obligatorio circular con las luces encendidas). No hay que olvidar tampoco que a largo plazo cualquier superficie utilizada para la circulación de vehículos tiende a oscurecer por los humos y por el desgaste de los neumáticos y que, en cualquier caso, lo que acaba predominando es el color de los áridos empleados.

En este sentido, la elección entre pavimento asfáltico y de hormigón resultaría indiferente.

La superficie de hormigón resalta más en principio los ocasionales obstáculos y permite a los usuarios visualizar mejor la anchura de carril, aun con poca luz, lo cual incrementa la seguridad, y permite menores consumos. Sin embargo, para disminuir la monotonía de la conducción y la claustrofobia relativa en un túnel largo será necesaria una mayor dotación de pintura en las marcas viales, con una conservación más frecuente, así como disponer de una intensa diferenciación cromática con los hastiales y la bóveda. En el caso de los pavimentos asfálticos ocurre lo contrario, por cuanto existe en principio un mayor contraste entre las marcas viales y la mezcla asfáltica; sin embargo, es necesario dotar al túnel de un buen sistema de iluminación que incremente la seguridad del usuario.

En cualquier caso, hay que ser muy exigentes tanto con la resistencia al deslizamiento como con la regularidad superficial: deben ser acordes con las velocidades de circulación previstas. Debe quedar garantizada siempre una elevada resistencia al deslizamiento, aunque se sobrepasen los límites de velocidad establecidos: incluso a los infractores hay que ofrecerles una seguridad suficiente. Por otro lado, aunque dentro de un túnel no llueva, no se puede ser más tolerante en los tramos subterráneos que en los situados en el exterior, entre otras razones porque, debido precisamente a la total ausencia de lluvia, se acumulan en la calzada partículas sólidas (procedentes de la combustión, de los vertidos, del desgaste de los neumáticos) que tienen una cierta influencia negativa en la resistencia al deslizamiento.

El pavimento debe tener asimismo una elevada microtextura, que ha de permanecer con valores prácticamente invariables a lo largo del tiempo, una suficiente macrotextura (la propia del tipo de superficie adoptado) y una megatextura nula, que sólo sería el reflejo de una deficiente puesta en obra y que sería de todo punto inaceptable. Para intentar conseguir una buena regularidad superficial, el fresado no es sino la última opción; si bien es cierto que se pueden reducir así sustancialmente las irregularidades, se pueden introducir respuestas extrañas en el pavimento desde el punto de vista de la sonoridad y, lo que es más grave, desde el punto de vista de la resistencia al deslizamiento;



aunque actualmente una buena alternativa son los microfresados, el resultado puede ser dudoso desde los puntos de vista señalados.

## **6. Determinación de espesores y catálogo de secciones estructurales de firme**

Una vez definidos los factores de diseño, el catálogo de secciones estructurales de firmes es la forma más práctica y ventajosa de determinar el espesor de firme que se necesita en cada caso, de la misma forma que se hace en la normativa general de firmes de carreteras (Norma 6.1 IC del Ministerio de Fomento). Como en ésta, la elección entre las diferentes opciones debe basarse en cada caso en aspectos tales como los costes relativos de las posibles soluciones, las condiciones de puesta en obra y las estrategias previstas de conservación. De manera análoga a como se hace en la Norma 6.1 IC, la figura 2 recoge las secciones de firme según la categoría de tráfico pesado y la categoría de la explanada, si bien se han excluido las categorías de tráfico pesado T00 y T0, que requerirían un análisis especial que excede del objetivo perseguido en este artículo.

## **7. Algunas recomendaciones para la construcción de los firmes en los túneles**

Uno de los factores que más contribuye a la reducción de la vida útil del firme en los túneles es la presencia de agua en cualquiera de las capas que forman aquél, lo que se puede deber fundamentalmente a fallos en la impermeabilización o en el sistema de drenaje. Como ya se ha señalado, el terreno tiene una importancia decisiva en el procedimiento constructivo y en el tipo de revestimiento: ambos elementos influyen asimismo al elegir el tipo de impermeabilización.

Los túneles pueden estar situados en zonas de aguas subterráneas, en zonas de saturación o en la franja capilar. Las técnicas de impermeabilización deben adaptarse a estas distintas situaciones.

En algunos túneles se producen importantes infiltraciones procedentes de la parte inferior de la sección, y pueden afectar a todos los materiales que constituyen el firme y más aún a la explanada.

Si esta infiltración es localizada, la mejor solución puede ser disponer de una sobreexcavación que se rellena con material drenante, conduciendo a continuación por un colector el agua captada. Hay que disponer de una capa impermeable entre el relleno drenante y el firme, formando la explanada por encima de esta capa. Si, por el contrario, la infiltración es muy generalizada, son posibles dos soluciones. Siempre que el presupuesto lo permita es aconsejable disponer una impermeabilización completa de la sección, con el fin de aislar las corrientes de agua; esto puede lograrse mediante una combinación de un geotextil, (normalmente con una lámina impermeable y otra filtrante), inyecciones en el terreno e inyecciones entre el conjunto terreno-sostenimiento-revestimiento. Cuando la impermeabilización supone un coste demasiado elevado para la obra, debe construirse una capa drenante con capacidad suficiente para conducir el agua hasta un dren lateral.

Si no se impermeabiliza el túnel en su totalidad el agua infiltrada en clave y hombros puede gotear (o, lo que resultaría ya inaceptable, chorrear) sobre la calzada. En estos casos es muy recomendable colocar geotextiles que conduzcan el agua al nivel de la calzada, y sumideros para llevar el agua fuera de la sección de firme tan pronto como sea posible. Es imprescindible examinar de manera continuada y en detalle el estado de un pavimento que pueda presentar humedades durante una buena parte del año, en primer lugar por la incidencia de este hecho en la seguridad vial.

Si el firme se apoya en roca, es imprescindible evitar la retención del agua en la explanada mediante un sistema de drenaje y de relleno adecuados, para lo cual hay que disponer un hormigón de baja resistencia o un suelo estabilizado in situ con cemento, con espesores entre 20 y 30 cm. En casos especiales en los que el agua aflora bajo la solera se recomienda recogerla mediante una base granular drenante situada bajo el firme, tal como se ha indicado.

Si el soporte del firme es una losa estructural, se deberían sellar sus juntas, a fin de minimizar los riesgos de su reflexión en la superficie del pavimento. Asimismo, en el caso de pavimentos asfálticos, se debe colocar una capa intermedia con el fin de evitar tanto la transmisión de grietas y juntas como

para mejorar la regularidad superficial. Incluso, aunque no sea una práctica habitual en España, es también recomendable disponer dicha capa de mezcla asfáltica bajo un pavimento de hormigón, de entrada para asegurar una plataforma suficientemente regular para su colocación.

## 8. Conclusiones y recomendaciones

- Este artículo se ha redactado debido a la ausencia de una normalización específica para el diseño de los firmes en túneles, con la intención de aportar criterios básicos y reglas prácticas.
- Los firmes en los túneles suelen tener espesores menores que en los tramos exteriores, debido a la mejor calidad de los materiales de apoyo, pues se trata en muchos casos de roca sana o de hormigón.
- Se debe tener siempre presente al elegir el tipo de pavimento que lo más importante no es tanto su naturaleza como la calidad de su ejecución, dadas las dificultades de los cortes de tráfico y la escasez de espacio para llevar a ca-

bo las actuaciones de reparación o de conservación preventiva.

- En los túneles el pavimento puede ser asfáltico o de hormigón, pero su acabado debe proporcionar una diferenciación cromática de la calzada respecto a los hastiales y la bóveda, de manera que exista un efecto de guía sobre el conductor.
- Para la definición de la sección estructural del firme debe evaluarse no solamente el coste de construcción, sino también tener en cuenta criterios técnicos: características funcionales y estructurales, proceso constructivo, necesidades de conservación; además, en el análisis económico, deben valorarse los costes de conservación y los inducidos a los usuarios por las labores de conservación.
- Un criterio fundamental al elegir el pavimento en un túnel es la solución adoptada en el resto de la vía, y en especial la posible alternancia de túneles con estructuras y con tramos sobre obras de tierra. La ingeniería resulta más eficiente si se consideran todos los factores y a cada uno de ellos se le asigna el peso adecuado. ♦

### Referencias:

- (1) Asociación Mundial de Carreteras (AIPCR), *Classification of Tunnels. Existing Guidelines and Experiences*, 1999.
- (2) CANCELA, M. D., *Manual sobre pavimentos en túneles*, Ponencia presentada en el IV Congreso Nacional de Túneles, Asociación Técnica de Carreteras, Andorra, octubre de 2005.
- (3) Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, *Normativa y recomendaciones sobre diseño de firmes y pavimentos para túneles en Europa: fases 1 y 2* (Informe parcial, tomo único, clave CEDEX: 31-403-3-078), 39 pág. más anejos, Madrid, julio de 2004.
- (4) GALVIS, R., *Guía para el diseño de pavimentos en túneles*, XVII Curso Internacional de Carreteras (Trabajo final de Especialización), Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 2003
- (5) GALVIS, R., DEL VAL, M. A. Y ROMANA, M. G., *Criterios para el diseño de pavimentos en túneles*, Comunicación presentada en el XIII Congre-

- so Iberoamericano del Asfalto, San José (Costa Rica), noviembre de 2005.
- (6) Geoconsult, 1996, *Manual de túneles interurbanos de carretera*, Madrid, 1996.
- (7) KRAEMER, C. y otros, *Ingeniería de Carreteras* (Tomo II), 555 pág., McGraw-Hill, Madrid, 2004.
- (8) Ministerio de Fomento, *Secciones de firme (Norma 6.1 IC)*, 41 pág., Centro de Publicaciones del Ministerio de Fomento, Madrid, diciembre de 2003.
- (9) Ministerio de Fomento, *Firmes y pavimentos* (Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes PG-3), 116 pág., Centro de Publicaciones del Ministerio de Fomento, Madrid, abril de 2004.
- (10) Ministerio de Fomento, *Real Decreto 635/2006, de 26 de mayo, sobre requisitos mínimos de seguridad en los túneles de carreteras del Estado*, Boletín Oficial del Estado nº 126, pp. 19970-19985, Madrid, 27 de mayo de 2006.
- (11) NOUMOWÉ, A., *Revêtement de chaussée en enrobé hydrocarboné ou en béton en si-*

- tuation d'incendie*, Université de Cergy-Pontoise, EPU (Editions Publibook Université), París, 2003.
- (12) ROCCI, S. y DEL VAL, M. A., *El proyecto de la nueva M-30*, pp. 27-46, Revista de Obras Públicas, nº 3454, Madrid, abril de 2005.
- (13) ROMANA, M. G., *Túneles de carretera. Planificación, trazado y túneles urbanos*, Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madrid, 1997.
- (14) ROMANA, M. G., 2003, *Pavimentos en túneles: factores a considerar para su tipo y diseño*. Ponencia, III Congreso Venezolano del Asfalto - III CONVEAS, Barquisimeto, Estado Lara, Venezuela
- (15) ROMANA RUIZ, M., *Geología de túneles*, España.
- (16) Unión Europea, *Directiva 2004/54/CE del Parlamento y Consejo europeos, de 29 de abril de 2004, sobre requisitos mínimos de seguridad para túneles de la red transeuropea de carreteras*, Diario Oficial de la Unión Europea, Bruselas, 2004.

# Obras de ingeniería y creación de paisajes<sup>(\*)</sup>

## Engineering works and the creation of landscapes

**Carlos Nárdiz Ortiz.** Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
*Profesor Titular. E.T.S. I.C.C.yP. Universidade da Coruña. cnardiz@udc.es*

**Resumen:** Las obras de ingeniería han sido elementos fundamentales en la construcción del territorio. Ni el territorio, ni el paisaje, se entienden hoy sin las obras de ingeniería, definidoras de lugares que no serían reconocidos sin su presencia, transformadoras de franjas territoriales cuyo elemento ordenador son las propias obras de ingeniería. Las dos actitudes de la ingeniería frente al paisaje, la de dominio y la de mínima intervención, son hoy defendibles desde una actitud creativa respecto al proyecto de las obras de ingeniería, como en el caso, por ejemplo, de los puentes. En el caso de los puentes urbanos, la integración actual de los puentes históricos en el paisaje de la ciudad, obliga a que la forma y la técnica de los nuevos puentes esté al servicio de los entornos urbanos.

En el caso de las carreteras, la geometría y el movimiento que las caracteriza, obliga a integrar la percepción dinámica creativamente en el proyecto de las carreteras, proyectándolas no sólo desde las características de las mismas, sino también desde la característica del territorio atravesado. Más allá de aquellas infraestructuras de transporte al servicio de las demandas funcionales, las transformaciones hoy de las infraestructuras viarias urbanas y portuarias, se asocian a un proyecto de transformación del paisaje de la ciudad o de su periferia, resolviendo problemas de bordes urbanos, fluviales y litorales, como muestran algunas experiencias recientes llevadas a cabo incluso en nuestras ciudades. Finalmente, en el caso de las obras hidráulicas, a los problemas funcionales tradicionales se asocian hoy los valores ambientales y patrimoniales de los ríos, incluidas las obras de ingeniería históricas, no suficientemente reconocidos como parte del paisaje de los ríos, existiendo siempre otras alternativas menos agresiva. Pensar en el valor patrimonial que tienen las obras de ingeniería en la creación de paisajes, es reaccionar frente a la imagen negativa que tienen algunas obras para la sociedad, posiblemente por la forma de proyectarlas y construirlas.

**Palabras Clave:** Paisajes de la obra de ingeniería, Puentes, Carreteras, Bordes de ciudades

**Abstract:** Engineering works have been essential in the forming of territories. A territory or a landscape cannot be fully comprehended without these engineering works that define places that would otherwise go unrecognized and transform and organize areas. The two attitudes of engineering with respect to our surroundings, those of domination or minimum intervention, may be defended today from a creative standpoint as in the case of bridges. With regards to urban bridges, the current integration of historic bridges in our city landscapes obliges the form and technique of all subsequent bridges to be at the service of the established urban surroundings.

In the case of roads, the form and layout characterizing the same makes it necessary to creatively incorporate a dynamic perception within the road design, and to plan these not only in accordance with their specifications but also to suit the surrounding landscape. When going beyond those engineering works serving purely functional demands, the transformation of infrastructures is now associated with a project to transform the landscape of a city or its surroundings, and to resolve problems of urban, river and coastal boundaries as shown by recent developments in our cities. In terms of water works, and in addition to traditional functional problems, it is now necessary to consider the environmental and intrinsic value of the rivers, including their existing engineering works. These works are not always acknowledged as part of the river landscape and there are always less aggressive ways to ensure respect for these elements. Due consideration for the heritage of engineering works may frequently be seen as a reaction to the negative image that some of these works have for society, possibly on account of their design or method of construction.

**Keywords:** Landscape of engineering works, Bridges, Roads, City outskirts

(\*) El texto de este artículo coincide parcialmente con la intervención del autor en el I Congreso de Paisaje e Infraestructuras. Consejería de Obras Públicas y Transporte. Sevilla 4-7 de octubre de 2006.

## 1. El paisaje de las obras de ingeniería históricas

El paisaje con el que nos relacionamos hoy, es todo territorio, artificio cultural. El substrato ordenador de las formas geográficas, de los suelos, de las aguas y de la vegetación, ha sido transformado por la explotación de los recursos agrícolas, mineros, ganaderos, forestales o por el paso y la localización de las infraestructuras al servicio de los asentamientos humanos o los procesos de urbanización.

Las obras de ingeniería en las que se han apoyado las infraestructuras, han sido elementos fundamentales en la construcción del territorio. Ni el territorio rural, ni el urbano, ni el paisaje de los centros y las periferias de las ciudades, se entienden sin las obras de ingeniería, que han permitido salvar los obstáculos geográficos a las vías de comunicación, ganar terrenos al mar, proteger las poblaciones contra las avenidas, embalsar o conducir el agua para el abastecimiento, el riego, o la electricidad. Las obras de ingeniería histórica aparecen hoy integradas en el paisaje, formando parte de las ciudades, núcleos o franjas sectoriales que contribuyeron a transformar. Forman parte del patrimonio cultural, urbano y territorial, al igual que las obras de arquitectura histórica, los yacimientos arqueológicos o paleontológicos, y los conjuntos históricos de las ciudades.

No voy, sin embargo, aquí a reivindicar el carácter cultural de este patrimonio, del que se llevan realizando esfuerzos importantes desde los años 60 y 70, que nos llevarían a recordar a Ingenieros de Caminos desaparecidos, como Carlos Fernández Casado o José Antonio Fernández Ordóñez, sino el carácter paisajístico de este patrimonio. Un paisaje conformado por las obras de ingeniería, definidoras de lugares que no serían reconocidos sin su presencia, transformadoras de franjas territoriales cuyo elemento ordenador son las propias obras de ingeniería. En el primer caso se situarían los puentes, los acueductos, los viaductos, los faros, los malecones, los muelles y diques de los puertos, los muros con sus escaleras y rampas que limitan los bordes fluviales de las ciudades. En el segundo caso se situarían los caminos antiguos y medievales, las carreteras de los siglos XVIII y XIX, los canales de riego o de navegación, las presas con sus embalses, las líneas de ferrocarril, e incluso algunas carreteras, canales o líneas construidas en la primera mitad de este siglo, hoy perfectamente integradas en el paisaje.

En las últimas décadas, tanto el patrimonio, como el paisaje asociado a las obras de ingeniería histórica, aparece amenazado por el crecimiento a escala urbana, metropolitana o regional, y por las propias obras de ingeniería construidas al servicio de ese crecimiento urbano. Los proyectos de las obras viarias de nuevo trazado que atraviesan el rural o la periferia de la ciudad, recogen en sus estudios de impacto ambiental el patrimonio arquitectónico y arqueológico, e incluso la presencia de arqueólogos es obligada durante las propias obras de construcción para detectar los nuevos yacimientos aparecidos. No ocurre así con el patrimonio asociado a la red viaria histórica, sin identificar y cartografiar excepto algunos tramos mejor conocidos (como el Camino Francés a Santiago, o la Vía de la Plata), cuya continuidad o cuyo trazado es destruido por las nuevas infraestructuras viarias.

Lo mismo podríamos decir de los proyectos de infraestructuras hidráulicas, que aunque existe una tradición que viene desde los años treinta de recuperación del patrimonio arquitectónico más singular cuando se acomete la construcción de los embalses, las infraestructuras hidráulicas hoy, no solo afectan a la ocupación de los valles derivada de los embalses, sino que las obras de canalización, con ensanche y construcción de defensas frente a las avenidas de los ríos, terminan no solo con el patrimonio ambiental asociado a los ríos, sino también con el patrimonio hidráulico, etnográfico e ingenieril, formado por presas, molinos, pesqueras, puentes, etc, en aras de un aumento de la capacidad fluvial.

En las ciudades fluviales, han sido las infraestructuras canalizadas por los bordes de los ríos, en busca de una nueva accesibilidad urbana, o para el paso de un nuevo viario de circunvalación, que evitase el paso del tráfico por las calles del centro de la ciudad, las que han tenido consecuencias paisajísticas y urbanísticas más destructivas sobre las relaciones entre las ciudades y los ríos, provocando barreras que han impedido el uso de los bordes fluviales. A ellas se les han unido los nuevos puentes, próximos a veces a los puentes históricos, respondiendo a necesidades de continuidad de las calles de las ciudades, proyectados y construidos a veces independientemente del paisaje urbano fluvial conformado por los puentes históricos.

En las ciudades del litoral, e incluso en los pequeños núcleos portuarios, a la demanda de nuevas ac-



cesibilidades por los bordes litorales, tanto rodadas como peatonales, se han unido intervenciones portuarias fuera de escala para la transformación de las infraestructuras existentes, para habilitar puertos deportivos en contacto con el centro de las ciudades o villas, o simplemente para rentabilizar los espacios portuarios obsoletos con nuevos usos terciarios, los cuales se han ido canalizando desde finales de los años ochenta a través de la redacción de planes especia-

Puente histórico sobre el Guadiana en Badajoz. El paisaje histórico de las obras de ingeniería.

les, cuyos objetivos iniciales de coordinación municipal y portuaria han sido desvirtuados.

Caracterizar por tanto el paisaje conformado por las obras de ingeniería histórica, se convierte en una necesidad, en aras de su conservación, cuya justificación va más allá del interés histórico, arqueológico o técnico de las obras, para entrar en su capacidad de creación y definición de lugares y paisajes que no serían entendidos ni valorados sin su presencia.



La actitud del dominio sobre el paisaje natural e histórico. El puente de Calatrava en Mérida de los años 90 y el puente romano.

## 2. El paisaje artificial de los puentes actuales

Las dos actitudes fundamentales de la ingeniería civil frente al paisaje (frente a la naturaleza en general) han sido las defendidas en España en el siglo anterior por Eduardo Torroja. “La obra de ingeniería domina el paisaje, la época romántica ha sido barrida por la técnica, las construcciones son esencialmente obras artificiales” y la de Carlos Fernández Casado, que recurre a la historia como referencia formal, estructural y constructiva en sus proyectos, y al paisaje, tanto de los puentes que se localizaron anteriormente en el mismo río, como el natural, al que aspira como manifestaba en un artículo temprano en la revista Gallo (1928), “causar la mínima perturbación, proyectando las obras de ingeniería en el paisaje con las formas más puras y simples”. Estas dos actitudes siguen estando vigentes en el proyecto de los puentes, aunque algunos Ingenieros de Caminos más recientes han introducido posiciones intermedias para valorar el paisaje artificial de los puentes actuales.

La primera actitud de dominio, no solo se sustenta en la artificialidad de los materiales y las formas actuales de ingeniería, sino también en la decisión de dominio por parte del proyectista, de los que podrían ser ejemplos cercanos los puentes de Calatrava de

Mérida o de Sevilla, o el puente de los hermanos Sánchez-León de Badajoz. Ninguna justificación funcional o hidráulica, está detrás de la tipología elegida, más allá de la decisión de apropiarse con una obra artificial de un lugar con su carga histórica (como en el caso de Mérida) o de un paisaje fluvial (como en el caso de Sevilla o Badajoz). Una actitud relacionada con ésta, aunque con menor significado estructural, se relacionaría con las intervenciones de la ingeniería o la arquitectura desde la decoración (aunque sea a la escala de un puente) imponiendo formas caprichosas a soluciones estructurales y constructivas. Como ejemplo de ello podemos poner el nuevo Puente de Ourense, sobre el Miño, al lado del Puente Romano, buscando una nueva simbología aún más caprichosa que la de Mérida, para apropiarse del lugar.

Cuando la estructura era un condicionante, y la economía de los materiales y las dificultades técnica de los valles o los ríos que tenían que atravesar, condicionaba las decisiones tipológicas, en la simplicidad de formas con las que los atravesaban residía su estética. Se entiende, en este sentido, la belleza estructural de la ingeniería de las primeras décadas del siglo XX (siguiendo la tradición de la ingeniería del XIX, con el hormigón sustituyendo al hierro y al acero) orientada por el “deseo de fundir en un mismo ser la forma



La actitud creativa del puente de José Antonio Fernández Ordóñez, Antonio Adáo y Francisaco Millanes en Oporto, relacionando la historia con el paisaje urbano.

artística con la resistente” que defendía Maillart o Torroja, y que para ellos “la mejor regla que puede darse para obtener una estructura verdaderamente estética, es que el artista posea una reserva y aguda sensibilidad artística con fecunda imaginación creadora, unida a la técnica necesaria para comprender la finalidad y el mecanismo de la función resistente” (Razón y Ser de los Tipos Estructurales, 1957). Los planteamientos de Torroja nos llevan a la colaboración fructífera entre proyectistas preocupados por la estructura y la forma, de la que en España podríamos poner los ejemplos de los puentes proyectados por los Ingenieros de Caminos, José Antonio Fernández Ordóñez y Julio Martínez Calzón, o por Javier Manterota y Leonardo Fernández Troyano, aunque en ambos casos está ya muy presente la dimensión urbana y paisajística de los puentes, a la que nos referiremos después. Igual ocurre con los puentes proyectados por Juan José Arenas o por Javier Rui-Wamba.

En aras de la segunda actitud de mínimos, loable en su planteamiento histórico y paisajístico, se han producido también errores y aciertos. El recurso a soluciones normalizadas, que si están bien proyectadas pueden ser adecuadas, es innato a las obras de infraestructuras lineales (carreteras, canales, líneas de ferrocarril), pero si no lo están pueden destrozar un de-

terminado paisaje o lugar. Tanto Eugenio Ribera como Carlos Fernández Casado, hicieron su colección de puentes de hormigón (el primero con arcos, el segundo con tableros rectos), de los que se construyeron (especialmente en el primer caso), numerosos ejemplos por parte de la administración. Un ejemplo más reciente sería las colecciones de puentes prefabricados o in situ de vigas o losas del Ministerio de Obras Públicas en los años 70 y 80. En las colecciones, por ejemplo, de Carlos Fernández Casado (los pequeños quiebrros de las tableros o de las pilas), responden a gestos mínimos de un gran valor, que respetan soluciones tipológicas tradicionales que se integran en un lugar. Un ejemplo extremo del mismo Ingeniero de Caminos, sería el puente de Mérida, en donde el nuevo puente, para la nueva circunvalación, se intenta relacionar con las formas en arco del puente romano, e incluso en los propios arquillos de aligeramiento. Estas relaciones que vemos con una actitud más creativa en los puentes de Tonneis y San Michel sobre el Garona, de Freyssinet, que intenta relacionar con el puente de Sejourné de los Catalanes en Tolouse, implican siempre una actitud creativa, respecto a las formas y al paisaje. Como un ejemplo reciente de esta actitud, serían los puentes de Cardoso, o de José Antonio Fernández Ordóñez en Oporto, intentando rela-

cionarse con el Puente de María Pia de Eiffel, aunque con tipologías distintas, condicionadas por las relaciones paisajísticas con las márgenes del Duero, y con el paisaje construido de los puentes.

En realidad, los puentes urbanos son de una especial naturaleza, lo que implica relacionarse con los otros puentes construidos, con los márgenes artificiales del río y con la propia ciudad. Decía precisamente Carlos Fernández Casado, a mediados de los setenta, que en los puentes y pasos elevados para carreteras y vías urbanas, el condicionante fundamental era que los veían todos los ciudadanos, y todos los conductores que pasaban por debajo. A los puentes urbanos, por ejemplo, dedicaba la Revista "Ingeniería y Territorio" el número 65 (2003), en donde se mostraban distintas actitudes de la ingeniería española respecto a este tipo de puentes. Yo mismo destacaba en este número, aspiraciones de los puentes urbanos, que además de saltar, abracen los ríos. Puentes cuya forma y técnica esté al servicio de los entornos urbanos. Puentes que sean claros y no confundan los paisajes históricos. Puentes transparentes, que nos inviten a pensar y que no corten la profundidad de las aguas. Puentes que se vean desde arriba, desde debajo y de frente. Puentes que no destruyan la vegetación y los paseos arbolados de las riberas de los ríos. Puentes que prolonguen las calles y espacios públicos de la ciudad. En estas y en otras cosas –decía– reside la razón y el ser de los puentes urbanos.

En los puentes no urbanos, la utilización de soluciones estandarizadas al servicio de los intereses de la construcción, parece ser la teoría general, a la que se ha ido avanzando irremediabilmente, aunque intentando mejorar las respuestas formales (dentro de soluciones normalizadas) en el paso de los valles principales, por su mayor afección visual. Incluso cuando estos pasos se producen próximos a algún núcleo de población (como en el caso de la variante de Navia de la Autovía del Cantábrico), se pueden producir concesiones visuales, no necesarias desde el punto de vista estético o constructivo, como el recurso de arcos por encima del tablero, que sirven para el que atraviesa la carretera reconozca el lugar, y a quien lo ve desde el exterior, para identificar el puente, aunque la sensación que produce es la de la artificialidad buscada, sin capacidad interpretativa para crear un lugar, por estar normalmente fuera de escala.

Otro caso extremo, en la dirección adecuada, sería el Viaducto de Millau, en la A-75 entre Clermont



El puente sin capacidad de crear un lugar, en la variante reciente de Navia de la Autovía del Cantábrico.

Ferran y Beziers en Francia, fruto de la colaboración entre el ingeniero Virlogeux y el arquitecto Foster, buscando una solución tipológica y constructiva, que además de atravesar el valle de la forma más transparente posible (desde el punto de vista de la altura y de las líneas entre pilas) sirva para caracterizar o simbolizar el paso de la autopista por el valle, a través de las pilastras que prolongan las pilas, desde las que se atiranta de forma secuencial e igualitaria el tablero.

El diseño (como búsqueda de un elemento formal que se pueda repetir, y que tenga un atractivo visual), se viene introduciendo en las últimas décadas en los puentes, no solamente desde los elementos complementarios, como en el caso de las barandillas o los elementos de iluminación, sino a través del propio tablero, con formas redondeadas que simulan alas de avión, como en el caso del puente de Charles de Gaulle sobre el Sena en París (que se prolonga a través de la propia barandilla), o también con la introducción de elementos transversales que prolongan la sección central, que simulan costillas que aumentan el ancho del tablero y permiten apoyar el puente sobre pilas únicas. E incluso podemos considerar recursos de diseño pequeños gestos, como en el caso del Puente del ferrocarril de Huelva, próximo a Santiponce (Sevilla), de José Antonio Fernández Ordóñez y Julio Martínez Calzón, con el elemento prefabricado que define todo el frente de puente, como si de un arquitebe se tratase, sobre pilas que recuerdan los órdenes clásicos. Recursos físicos al diseño de arcos, pavimentos o barandillas, los encontramos frecuentemente en los puentes de Calatrava, que tratan de relacionarse con los elementos estructurales.



El paisaje de la Carretera A-6. Geometría y movimiento, enmarcado por las defensas y taludes de la carretera, y cruzado por el paso elevado proyectado por Carlos Fernández Casado, que forma parte de la imagen de la Carretera.

### 3. El paisaje dinámico de las carreteras

Geometría y movimiento han sido históricamente los dos elementos que han caracterizado el paisaje de las carreteras. El trazado viario, condicionado por las mayores exigencias de velocidad de los vehículos a partir de la segunda mitad del XVIII, ha ido independizándose del terreno, hasta el punto en que la carretera aparece caracterizada paisajísticamente desde el exterior, por la banda lineal que muestra la continuidad del movimiento, superpuesta a un territorio, en el que las dimensiones de los movimientos de tierras, de los túneles y las obras de fábrica, son el mejor indicador de su adaptación o independencia respecto al suelo que ha servido de soporte históricamente al trazado de la carretera. Desde el interior, a medida que circulamos por ella, la carretera nos introduce en un espacio dinámico en el que el usuario percibe el paisaje en movimiento, tanto el delimitado por las márgenes de las carreteras como el exterior. Desde fuera y desde dentro, por tanto, lo que caracteriza al paisaje de la carretera es el movimiento, en donde en ambos casos juega un papel determinante nuestra propia percepción de la continuidad de la carretera frente a las formas geográficas (percepción claramente distinguible desde el aire), o de la continuidad del movimiento, como usuarios, de los bordes de la carretera y de los propios paisajes vistos desde la carretera.

Frente a esta percepción dinámica y creativa de la carretera (con sus variantes proyectuales y planificadoras a las que luego nos referiremos), los análisis del paisaje de la carretera, han venido descansando,

excepto quizás en los últimos años, en una percepción estática, pensando en el "impacto de la carretera" sobre el anterior paisaje natural o rural. Este ha sido el modelo clásico de los estudios paisajísticos asociados a los estudios de impacto ambiental que acompañan a los proyectos de las carreteras.

Este modelo, en el que se ha venido también avanzando en los últimos tiempos, y necesario a nivel de estudio informativo para seleccionar las mejores alternativas de trazado, se apoya en la división del territorio en paisajes tipo, en la delimitación de unidades homogéneas desde el punto de vista paisajístico, en el análisis de la calidad visual de cada unidad con técnicas geométricas, (asociadas también a los elementos más singulares de la carretera), en el análisis de la calidad estética a partir de elementos visuales, que ha transmitido una imagen del territorio y de la carretera excesivamente estática, desligada de las decisiones de proyecto, en la que los condicionantes funcionales, constructivos y quizás ambientales, han determinado la elección más adecuada del trazado de la carretera. Una visión del territorio, por tanto, desde la zonificación, condicionada desde el punto de vista ambiental, por los distintos espacios protegidos que tenemos que respetar, y por la búsqueda de las menores afecciones a los espacios culturales (yacimientos arqueológicos mayormente, aparecidos en el propio trazado de la carretera, o arquitectónicos). Esta ha sido la práctica común del proyecto de las carreteras en las dos últimas décadas, a nivel de estudio informativo, y sin duda su papel será también importante en el futuro con apoyo de técnicas de representación del territorio, que ha-

gan referencia a la complejidad de contenidos, asociados al tratamiento de la cartografía y el terreno mediante SIG.

A partir de los últimos años además, las técnicas que habían servido para simular las discontinuidades de las carreteras desde el punto de vista de la seguridad, han ido mejorando con la simulación del trazado, integrando los elementos del entorno, y recogiendo las vistas posibles del usuario de la carreteras. Sin embargo estas técnicas, no se está utilizando como elementos de proyecto, que condicionen las alturas máximas de desmontes, terraplenes, pendientes máximas de los taludes, o para la toma de decisiones sobre las soluciones que serían más adecuadas para el paso de los valles (terraplenes o puentes), o para el paso de los terrenos difíciles (los túneles o trazados en ladera), o respecto a la localización más adecuada de las variantes de las poblaciones. En la conjunción entre las técnicas de simulación del trazado de las carreteras desde el exterior y el interior, y las técnicas geométricas tradicionales de los proyectos de trazado para adaptarlas a la topografía, con la limitación de los movimientos de tierras, y las decisiones adecuadas (túnel, puente, desmontes, terraplén) para el paso de los desniveles topográficos, está el futuro creativo del trazado de las carreteras, en el que se integren además los valores ambientales, paisajísticos y culturales del territorio atravesado, desde los estudios informativos previos, y los valores formales y estéticos de las obras de fábrica y los elementos complementarios, desde los proyectos de trazado y constructivos.

Utilizar las técnicas de representación del territorio y del trazado de las carreteras, para el proyecto de las carreteras, puede ser un paso importante, si se considera además que las carreteras de nuevo trazado, no son solo infraestructuras lineales cuyo esfuerzo ingenieril es adaptarlas al territorio, con los menores costes económicos, ambientales y paisajísticos (lo cual sería ya muy importante si se introdujesen con igual peso las dos últimas derivadas, que la primera), sino una oportunidad para proyectar el nuevo paisaje de la carretera, del que no solo formen parte las soluciones constructivas de los elementos funcionales de la carretera (a los que antes hacíamos referencia), sino también la forma en que se integren los paisajes vistos desde la carretera (urbanos o rurales) en el propio trazado de la misma.

Pensar, por tanto, en el paisaje de la carretera, es pensar también desde el proyecto en los paisajes vistos desde la carretera, considerando incluso que el proyecto de estos bordes (o entornos), forman parte del proyecto de la carretera, pudiendo a veces entenderse incluso como compensación al paso de la carretera por distintos entornos urbanos o rurales.

En el caso de los entornos propiamente urbanos, el planteamiento no es nuevo, y ya Appleyard, Lynch, Myer "The view from the road" (1964), lo plantearon claramente para los paisajes urbanos atravesados diariamente por las carreteras de acceso a las ciudades. Proyectar las carreteras de acceso a la ciudad (no de forma sectorial, como la experiencia de las redes arteriales de finales de los 60 o de los años 70, con conflictos que todavía se reprodujeron en los 80, en el caso de vías urbanas como el cierre de la M-30 en Madrid, con la alternativa de la Avenida de la Ilustración, o el paso de la Autovía de acceso a Valencia a través del cauce del Turia), en relación con los entornos atravesados, es tener en cuenta su papel en la construcción de la ciudad (con sus connotaciones urbanísticas en el caso de las rondas y variantes), no de la ciudad consolidada en la que antes vivíamos (aunque se están produciendo intervenciones de demolición de pasos elevados, y enterramiento de vías superficiales que actuaban de separación de barrios), sino de la ciudad metropolitana en la que vivimos hoy. El proyecto en este sentido de las vías de acceso o circunvalación de la ciudad, debería integrarse en proyectos más ambiciosos (a nivel urbano o urbanístico) de tratamiento de las nuevas fachadas que se abren con los nuevos accesos a las ciudades, o a los núcleos de las periferias metropolitanas.

Fuera de las ciudades y de su periferia, la misma actitud creativa en el proyecto de las carreteras puede ser defendida. Como dice Miguel Aguiló "La carretera y la idea de lugar" (I Jornadas sobre Paisaje en Carreteras" (Barcelona, Junio 2003, Generalitat de Catalunya), se habrá de reconocer que, a veces, proteger no tiene sentido y se ha de acometer la creación de un nuevo paisaje de la carretera, y es desde el proyecto como se ha de acometer esa tarea. "Para que las carreteras -sobre todo las autopistas- vuelvan a ser sentidas como una expresión de las necesidades en la sociedad, es preciso que entronquen con los valores de los lugares que atraviesan. Su emplazamiento debe responder a una lógica territorial que justifique su presencia en cada paisaje concreto, y su di-



La Autopista del Atlántico construida en los años 70, y la nueva vía rápida del Morrazo en la periferia de Vigo.

seño se debe afrontar desde un profundo conocimiento del sitio”.

Frente a la abstracción del conocimiento del territorio a través de las curvas de nivel, sobre la que superpongamos nuestros trazados para determinar los movimientos de tierras, y los tramos que tendríamos que salvar con obras de fábrica, al proyecto de la carretera, que ha interiorizado inicialmente las técnicas informáticas de trazado incorporando incluso la visualización de las carreteras desde el interior y el exterior, apoyadas en modelos 3D del terreno, le queda por interiorizar las características del lugar, del “contexto”, y de la complejidad del territorio atravesado, para transformar creativamente el trazado de la carretera, entendido como una banda lineal, en un proyecto del paisaje formado y percibido como consecuencia de la construcción de la carretera.

En apoyo de este proyecto se vienen publicando guías desde los años 90, que van más allá de las recomendaciones de trazado y de tratamiento de taludes de los años 60 de Halprin, Jellicoe, Apleyard, Lynch, Cluskey, etc, haciendo referencia como en el “Desing Manual for Roads an Bridges” de 1992, a las características especiales de los lugares atravesados, que implican determinadas soluciones ingenieriles, o como en la publicación del IAURIF francés “Geométrie de la Route et relation au Site”, en la que se hace referencia a la “trame foncière”, es decir a la trama territorial

subyacente. En la misma línea se situaría el “Flexibility in Hihgway Desing” americano, publicado en 1997 por el Federal Highway Administration, en el que se defiende el “Context Sensitiv Desing”.

Se trata, en definitiva, de proyectar no sólo desde las características de la carretera (lo que ya suponría una mejora la aproximación paisajística de la vista desde la carretera, y la vista de la carretera desde el exterior, con el apoyo de técnicas informáticas), sino desde las características del territorio, en el que aparte de las características físicas, geográficas y ambientales a las que se deberán adaptar los trazados, con la mínima agresión a la naturaleza como defendía Carlos Fernández Casado (frente a la práctica generalizada, de mayores agresiones), está la herencia cultural del territorio construido. La estructura territorial soporte (o soporte territorial del proyecto), con la inclusión de una franja territorial, que se extienda mucho más allá de los bordes de las carreteras, es el mosaico histórico complejo (con sus connotaciones naturales y artificiales) sobre el que deberemos proyectar las carreteras, pensadas con los nuevos trazados, no como una imposición, sino como una nueva escala de las transformaciones de la accesibilidad, en las que nos relacionemos con un proceso histórico de construcción del territorio, y es precisamente desde estos condicionamientos, desde los que se puede proyectar la actitud más creativa.



El paisaje fluvial de Oporto, desaparecida la actividad portuaria, y reutilizado para la vivienda y el ocio.

#### 4. El paisaje reutilizado de las infraestructuras en los bordes de las ciudades

Quizás uno de los indicadores más característicos de la apuesta actual de las ciudades para situarlas en igualdad de condiciones con otras ciudades de igual tamaño, para atraer inversiones, sea la transformación que se está produciendo en su espacio urbano, apoyado en la transformación de las infraestructuras. Proyectos de transformación de las infraestructuras que se asocian a un proyecto de transformación del paisaje de la ciudad, y ello es así tanto en espacios interiores, dotando de centralidad a barrios anteriormente separados por vías especializadas (autopistas urbanas de acceso, vías de ferrocarril, o espacios obsoletos ligados a las estaciones de ferrocarril), como en bordes fluviales y litorales, separados anteriormente de las márgenes y del agua, por infraestructuras lineales especializadas, o por espacios obsoletos o funcio-

nales inadecuados ligados a infraestructuras sanitarias o portuarias. Todas las ciudades, por tanto, a partir de los años 80 y 90, tanto grandes como pequeñas, tienen hoy proyectos estratégicos de transformación del espacio urbano, asociados a las transformaciones de las infraestructuras de transportes y sanitarias. En España podemos poner como ejemplo los casos de Barcelona, Bilbao y Sevilla. En Europa los casos de Londres y Róterdam. Pero otros muchos ejemplos se podrían traer de otras ciudades en Europa, América o de Asia, con grandes proyectos urbanos ligados a la transformación de las infraestructuras que determinan transformaciones a gran escala de barrios, o de los frentes fluviales o litorales de las ciudades.

El ferrocarril, que construyó sus estaciones de paso o término en la segunda mitad del XIX, próximas al borde de la ciudad, en conflicto con los proyectados ensanches de población en las ciudades mayores, quedó pronto embebido en los tejidos urbanos, hasta



El comienzo de las obras del puerto exterior en Punta Langosteira en La Coruña.

el punto de que en las primeras décadas del siglo posterior, algunas estaciones tuvieron ya que ser trasladadas. De puerta de la ciudad, se convirtió en borde para el crecimiento cambiante de la ciudad. La arquitectura o ingeniería de las estaciones, como lugar central de las relaciones con el exterior, pasó a ser sentida, a partir de los años 70, con la generalización de la aviación, como un espacio marginal de la ciudad en torno al que habían crecido los nuevos barrios de la periferia. Solamente a partir de los años 80, la apuesta por la intermodalidad en las grandes ciudades, y los primeros proyectos para la llegada de las nuevas líneas de alta velocidad, sirvieron para plantear, como en España, el debate sobre el nuevo papel de las estaciones de ferrocarril, en el que se impulsarán proyectos que se venían gestando desde comienzos de los 80, formando parte de las "Redes Arteriales Ferroviarias". Las razones por las que se impulsaron estos proyectos, a partir de la segunda mitad de los 80,

ya no serán solo funcionales sino urbanísticas y paisajísticas. Este será el caso de la operación con la Estación de Atocha en Madrid, de la propia estación de viajeros de Santa Justa en Sevilla, o el caso del Plan de Enlaces de Barcelona, orientado a la apertura urbanística de Barcelona al mar.

Operaciones ligadas a la transformación de infraestructuras ferroviarias, pero con una gran incidencia en el paisaje de la ciudad, derivadas como en Sevilla y Barcelona de la reutilización de los espacios anteriores resultantes del levantamiento de los playas de vías, se podrían poner los casos de los pasillos verdes de Madrid, Oviedo o Córdoba, en donde la ciudad ganó espacio libre derivado de convenios urbanísticos, o las operaciones que se plantean hoy en otras estaciones ligadas a la llegada de los trenes de alta velocidad, con centros comerciales o viviendas, que financien en parte las operaciones infraestructurales para transformar la estación, en línea con otras que se está

Propuesta de  
Joan Busquets  
de reutilización  
del puerto  
actual de la  
ciudad de La  
Coruña.



planteando en Europa, como en el caso de las dos estaciones de Frankfurt, o las estaciones de Stuttgart y Lyon, con nuevos barrios construidos sobre las playas de las vías, que recuperen el papel de centralidad de las anteriores estaciones.

Las operaciones, sin embargo, hoy más ambiciosas de reutilización, regeneración o integración de espacios, que anteriormente por su carácter funcional o de reserva se situaban fuera del ámbito de relación del espacio urbano o residencial de la ciudad, se están realizando en torno a los puertos. Aunque históricamente podemos establecer relaciones paisajísticas entre la construcción de las nuevas infraestructuras portuarias y la ciudad, como en el caso de los muelles del XVIII y el XIX, que daban lugar a nuevas poblaciones o espacios libres (jardines y alamedas para la ciudad), o los diques, que especialmente a partir de mediados del siglo XX aumentaron la superficie de abrigo, permitiendo la

industrialización de las ciudades portuarias situadas en aguas exteriores (en las interiores esta industrialización fue posible independiente de las obras de abrigo), las grandes transformaciones paisajísticas hoy vienen derivadas de la reutilización de espacios portuarios obsoletos, que serán integrados en la ciudad, en forma de nuevos barrios de viviendas o de oficinas, o en forma de espacios libres para la ciudad.

En Europa han sido modelos iniciales de otras intervenciones el "Canary Wharf" en Londres, proyecto urbanístico iniciado a mediados de los 80, con el aprovechamiento de los muelles abandonados de las Indias occidentales al Este de la ciudad, fundamentalmente para oficinas, con la urbanización financiada con presupuestos públicos, incluida la nueva línea de metro, y el proyecto de Kop Van Zuid para Róterdam, con la formación de un nuevo barrio con usos mixtos sobre los espacios obsoletos y los muelles del mayor puerto de

Europa. El puente de Erasmus, atirantado desde una torre quebrada extrema que se enfrenta aparentemente a las leyes de la estática, y terminado a mediados de los 90, se ha convertido en el símbolo de la construcción de este nuevo barrio de la ciudad, unido mediante el puente con el centro.

Estos símbolos, con sus cargas paisajísticas son de una gran importancia, en estas operaciones de reutilización o regeneración. En parte lo ha jugado el puente del Alamillo en Sevilla, pero su relativo alejamiento del centro de la ciudad lo ha impedido, aunque sí podría considerarse así la sucesión de puentes construidos en el Guadalquivir para la Expo, incluido el puente del Centenario. Igualmente podemos considerar simbólico, el nuevo puente atirantado inaugurado con la Expo de Lisboa del 98, en donde el puente compite con la escala de intervención de los bordes del Tajo, dejando en un papel secundario la estación de ferrocarril proyectada por Calatrava.

Es, sin embargo, en otras obras de intervención portuarias recientes (como en el caso del Bigo de Renzo Piano en Génova, con un carácter escultórico, o como el caso del Guggenheim de Frank Gehry en Bilbao, con un carácter arquitectónico o cultural), como la fuerza simbólica de determinadas obras se pone de manifiesto como elementos centrales que permiten trasladar hacia fuera el carácter de modernidad de las nuevas intervenciones. En parte, este tipo de intervenciones ocultan otras de carácter infraestructural más complejas, que son las que las hacen posibles, como ha ocurrido en Bilbao con la construcción del puerto exterior a partir de los años 70 (posiblemente la gran obra de ingeniería portuaria en la España del siglo XX), o la importancia que ha tenido para la estructuración del área metropolitana de Bilbao el nuevo metro de 61 km de longitud, que utiliza las líneas existentes más allá del centro de la ciudad, penetrando en la misma a través de un túnel, cuyo diseño exterior realizado por Foster, conjuntamente con las nuevas estaciones y los accesos a las mismas desde las calles de la ciudad, lo han convertido en una referencia urbana con la cual se sienten identificados los vecinos de la ciudad. Las operaciones, sin embargo, de reutilización de las márgenes obsoletas del Nervión en Bilbao, van más allá, con nuevos espacios libres que integran la ría en los barrios del Ensanche, nuevos equipamientos y pasarelas, buscando dotar de centralidad a un espacio anteriormente marginal, junto con los propios bordes de la propia ciudad.

El otro modelo más conocido es el de Barcelona, en el que las obras de infraestructuras que se realizaron con motivo de la celebración de los Juegos Olímpicos del 92 (Ronda Litoral y Ronda de Dalt), el Puerto Olímpico, fueron aprovechados para reordenar el frente anterior de la ciudad (antes ocupado por el puerto) con un nuevo barrio, dentro de operaciones más complejas de centralidad, apoyadas en la integración de las infraestructuras viarias, ferroviarias y portuarias. La apertura de la ciudad al mar que se iniciará a partir de mediados de los años 80, con la intervención en el Paseo de Colón, saltó de escala con el nuevo barrio ligado al puerto Olímpico, en una operación que se intentará repetir más tarde con la prolongación de la diagonal hasta el mar, y el nuevo barrio al final de la misma, ligado al llamado "Forum Universal de las Culturas. Barcelona 2004", con espacios públicos en torno a la desembocadura del Besós, construidos sobre la estación depuradora de la ciudad. Operación urbanística e infraestructural también reciente, ha sido la transformación del nuevo viario de la plaza de las Glorias, en donde se cruza la Diagonal con la Gran Vía, como un espacio de nueva centralidad, recuperando el carácter simbólico que tenía este nudo en el Proyecto de Ensanche de Barcelona de Cerdá, como centro de la nueva ciudad.

La reconquista del espacio público urbano, a costa del viario y el tráfico especializado existente, se ha convertido en una apuesta de la mayor parte de las ciudades europeas a partir de los años 80, empezando por la peatonalización de sus centros históricos, o por la introducción de medios de transporte público en las calles de las ciudades (tranvías, autobuses) o costa de la reurbanización de las mismas, como en las ciudades francesas (Nantes, Strasburgo, Saint Denis). En las ciudades españolas, con gran fuerza todavía del transporte privado, estas intervenciones todavía no están afectando a las calles principales de las ciudades, planteando la recuperación del espacio público, a través de plazas, parques, o paseos fluviales y litorales. En otras ciudades, sin embargo (Madrid, Barcelona, Santander, San Sebastián, Vitoria, etc), pueden identificarse también actuaciones más radicales de ampliación en los espacios peatonales en calles centrales, estableciendo itinerarios peatonales a lo largo de la ciudad.

El salto de escala se está produciendo incluso a nivel metropolitano o regional con la consideración de los ríos como corredores ecológicos para acceder a los espacios de ocio del interior, e incluso sendas o ví-

as verdes que siguen itinerarios paisajísticos, en un territorio en donde lo urbano y lo rural va diluyéndose con las nuevas formas de crecimiento urbano, pensando en la futura ciudad como un todo urbano continuo y en donde una nueva sensibilidad hacia el papel de las infraestructuras viarias, como elementos ordenadores de esos espacios metropolitanos, puede jugar un papel fundamental. Ello obligaría a la ingeniería a pensar en las infraestructuras de una forma creativa, como elementos conformadores de nuevos paisajes urbanos o periurbanos, que vayan más allá de los razonamientos técnicos de su proyecto o construcción. Es así como pensamos que se puede trasladar a la sociedad un papel más rico de las posibilidades de las infraestructuras como creadoras de nuevos paisajes, con los que se sientan identificados aquellos que las recorren o que las ven.

## 5. Otras obras de ingeniería

Quedaría finalmente por hacer referencia a las Obras Hidráulicas, entendiéndolo por las mismas las presas y azudes, las obras de conducción (subterráneas, canales y acueductos), las instalaciones de tratamiento de agua potable o de depuración de agua residual, o los aprovechamientos hidroeléctricos en forma de grandes embalses o minicentrales, o los encauzamientos y defensa de las márgenes de los ríos frente a las inundaciones. Infraestructuras a las que la ingeniería ha dado una respuesta funcional y constructiva, y cuyo proyecto, en el caso de las presas y algunos encauzamientos, producen rechazos por parte de la población, por sus consecuencias sobre el patrimonio natural y cultural.

De acuerdo con el título de este artículo, a ninguna de ellas se les puede negar su carga de necesidad, resolviendo problemas relacionados con los servicios urbanos básicos (como en el caso de las presas de abastecimiento, las instalaciones de tratamiento y de-



Esculturas de Chillida en Chillida Leku (San Sebastián). El paisaje artificial transformado por las obras de arte.

puración, los encauzamientos de los ríos para enfrentarse a las avenidas), pero esta necesidad solo es creativa, cuando se buscan alternativas a las soluciones tradicionales que tengan en cuenta los aspectos sociales, culturales, ambientales y paisajísticos.

Comentar estos temas para cada una de las infraestructuras supondría doblar la extensión de este artículo, por lo que he preferido reducirlo a las infraestructuras de transporte. En cualquier caso, parece que la ingeniería de caminos, canales y puertos, debería encontrar argumentos de carácter cultural que reflexionen sobre el papel positivo que tienen las obras de ingeniería en la creación de nuevos paisajes, frente a la imagen negativa que en estos momentos tienen algunas obras para la sociedad, posiblemente por la forma de proyectarlas y construir las. La reivindicación del papel central que tiene el proyecto en la ingeniería civil, frente a su imagen instrumental al servicio de la construcción, supondría una auténtica revolución respecto a la forma actual de enfrentarse con los proyectos de ingeniería, en los que el paisaje transformado por las infraestructuras debe constituir uno de los lenguajes básicos del proyecto. ♦

### Referencias:

-TORROJA, EDUARDO. "Razón y Ser de los Tipos Estructurales". Madrid. 1ª ed. 1957.  
-FERNÁNDEZ CASADO, CARLOS. "La Arquitectura del Ingeniero". Alfaguara, 1ª ed. 1975.  
-AGUILÓ, MIGUEL. "La Carretera y la Idea del lugar". I Jornadas sobre Paisajes en Carreteras. Barcelona Junio 2003.

-AGUILÓ, MIGUEL. "El paisaje construido. Una aproximación a la teoría del lugar". Madrid 1999.  
-ESPAÑOL ECHÁNIZ, IGNACIO. "Las obras públicas en el paisaje". CEDEX 1998.  
-RUI-WAMBA, JAVIER. "Autopías, Ideologías i Reflexiones Viarias". Fundación Esteyco. Noviembre 2004.  
-NÁRDIZ, CARLOS. "Paisajes, Patrimonio e Ingeniería". X Curso Monográfico sobre el Patrimonio

Histórico. Universidad de Cantabria. Julio 1999.  
-NÁRDIZ, CARLOS. "El Paisaje en la Ingeniería, la Estética, la Historia, el Análisis y el Proyecto". Revista OP. Ingeniería y Territorio. Nº 54. 2001.  
-REVISTA OP. Ingeniería y Territorio. Nº54 y 55. "El Paisaje en la Ingeniería I y II".  
-REVISTA OP. Ingeniería y Territorio nº65. "Puentes Urbanos".

# Túneles de Pajares. Galería de acceso de Folledo

## The Folledo access adit to the Pajares tunnels

**Raúl Míguez Bailo.** Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Jefe de Infraestructura. Línea de Alta Velocidad León-Asturias. ADIF. [rmiguez@adif.es](mailto:rmiguez@adif.es)

**Antonio Benito Alonso.** Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Jefe de Unidad de Asistencia y Control de Obra. Túneles de Pajares. INECO. [antonio.benito@ineco.es](mailto:antonio.benito@ineco.es)

**Alfonso Angona Sopeña.** Geólogo

Asistencia y Control de Obra. Túneles de Pajares. GEOCONSULT. [a\\_angona@geoconsult.es](mailto:a_angona@geoconsult.es)

**Resumen:** La galería de Folledo es una de las obras subterráneas que forman los Túneles de Pajares, en la nueva línea de alta velocidad León-Asturias. Se trata de un acceso intermedio a los túneles de línea, con una longitud aproximada de 2 kilómetros y un recubrimiento máximo de 506 metros, que podrá ser utilizada en el futuro como vía de emergencia para la explotación de los túneles. En el presente artículo se detallan los trabajos de ejecución de esta galería.

**Palabras Clave:** Pajares, Alta Velocidad, Túnel, Galería, Nuevo Método Austríaco

**Abstract:** The adit of Folledo is one of the subterranean works that forms the Pajares Tunnels, a part of the León-Asturias high speed rail link. It is an intermediate access to the railway tunnels, with approximately 2 kilometres length and an overburden of 506 metres, and it could be used as evacuation road in the future risk management plan of the rail link. This article shows how this adit has been excavated.

**Keywords:** Pajares, High Speed, Tunnel, Adit, New Austrian Tunnelling Method

### 1. Introducción

La galería de acceso intermedio de Folledo es una obra incluida en el "Proyecto y Obra de plataforma de la nueva Línea de Alta Velocidad León-Asturias. Variante de Pajares. Tramo: Túneles de Pajares. Lote 1". Para conocer la descripción global de las obras subterráneas que se están acometiendo en el conjunto de los Túneles de Pajares, se remite al lector interesado al número 3.460 de la Revista de Obras Públicas, Noviembre de 2005.

Se trata de una actuación prevista en el proyecto constructivo citado anteriormente para garantizar el acceso hasta un punto intermedio del trazado de la nueva línea de alta velocidad en el interior del macizo cantábrico, de cara a posibilitar el empleo de métodos convencionales en el caso de un hipotético atrapamiento o bloqueo total de las máquinas de ex-

### 1. Introduction

*The Folledo intermediate access adit forms part of the 'Project and Work on the Leon-Asturias High Speed Railway Line. Pajares By-Pass. Section: Pajares Tunnels. Contract 1'. To gain an overall view of the underground works undertaken in the Pajares Tunnels, the reader may refer to edition 3,460 of the Revista de Obras Públicas which came out in November 2005.*

*This part of the construction project was established to guarantee access to an intermediate point on the high speed railway line within the Cantabrian massif, in order to allow the use of conventional tunnelling methods in the hypothetical case of the trapping or total blocking of the tunnelling machines boring the Pajares tunnel sections under contract 1.*

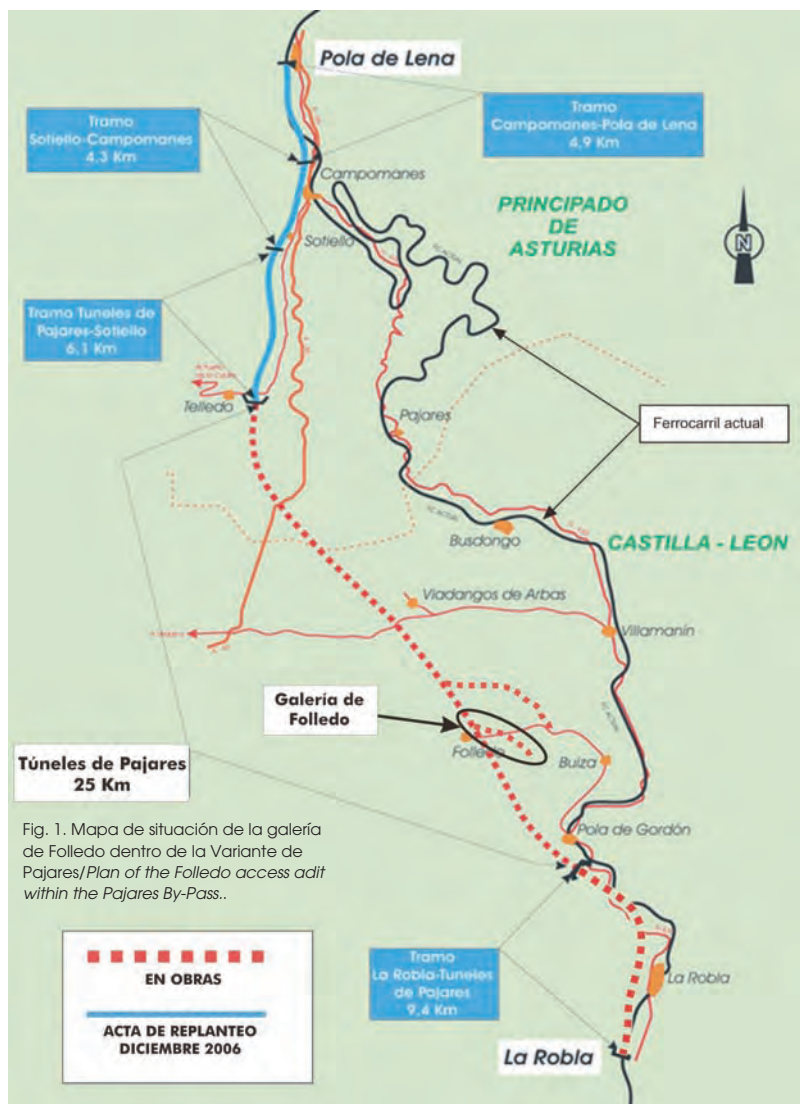


Fig. 1. Mapa de situación de la galería de Folledo dentro de la Variante de Pajares/Plan of the Folledo access adit within the Pajares By-Pass..

cavación integral que ejecutan el tramo de los túneles de Pajares correspondiente al lote 1.

Se trata de una galería con la siguiente geometría:

- Altura máxima: 6,50 m
- Distancia máxima entre hastiales: 9,5 m
- Sección libre: 54 m<sup>2</sup>

La galería tiene una longitud de 2.021 metros, y una pendiente prácticamente continua del 13 %, motivada por la necesidad de ejecutar una excavación de la menor longitud posible. El emboquille está situado junto a la carretera comarcal que enlaza las poblaciones de Buiza y Folledo, en el municipio leonés de La Pola de Gordón. La cota del punto de arranque del túnel artificial de acceso a la galería es 1.139

The access tunnel has the following dimensions:

- Maximum height: 6.50 m
- Maximum distance between side walls: 9.5 m
- Clear section: 54 m<sup>2</sup>

The adit has a total length of 2,021 metres and a practically constant gradient of 13%, on account of the need to reduce the length of the excavation to a minimum. The entrance is set close to the secondary road between the towns of Buiza and Folledo within the municipality of La Pola de Gordón in the province of Leon. The benchmark height at the starting point of the adit is 1,139 m, while the connection point with the tunnels, set at km 17+580 on the new Leon-Asturias high speed line (the starting point for the line being in La Robla), is located at a height of 879 m and with a ground cover of 506 m.

The access adit is set out in a series of straights and curves as shown in Fig. 3.

The access adit has a purely constructive purpose and is built to guarantee the boring work on the Pajares tunnels in one of the most complicated excavating areas within the whole massif. In spite of this, the adit could well be employed as an emergency tunnel in the event of a serious accident during the rail operation of the

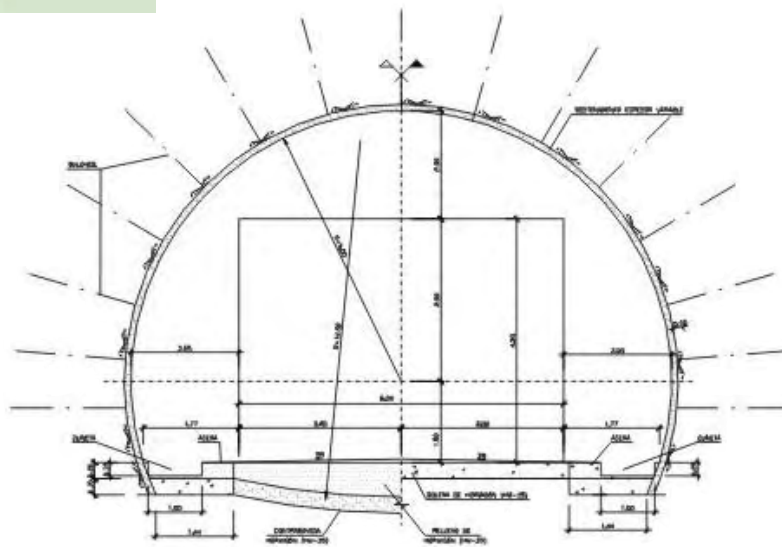


Fig. 2. Sección tipo de la galería de Folledo/Standard cross-section of the Folledo access adit..

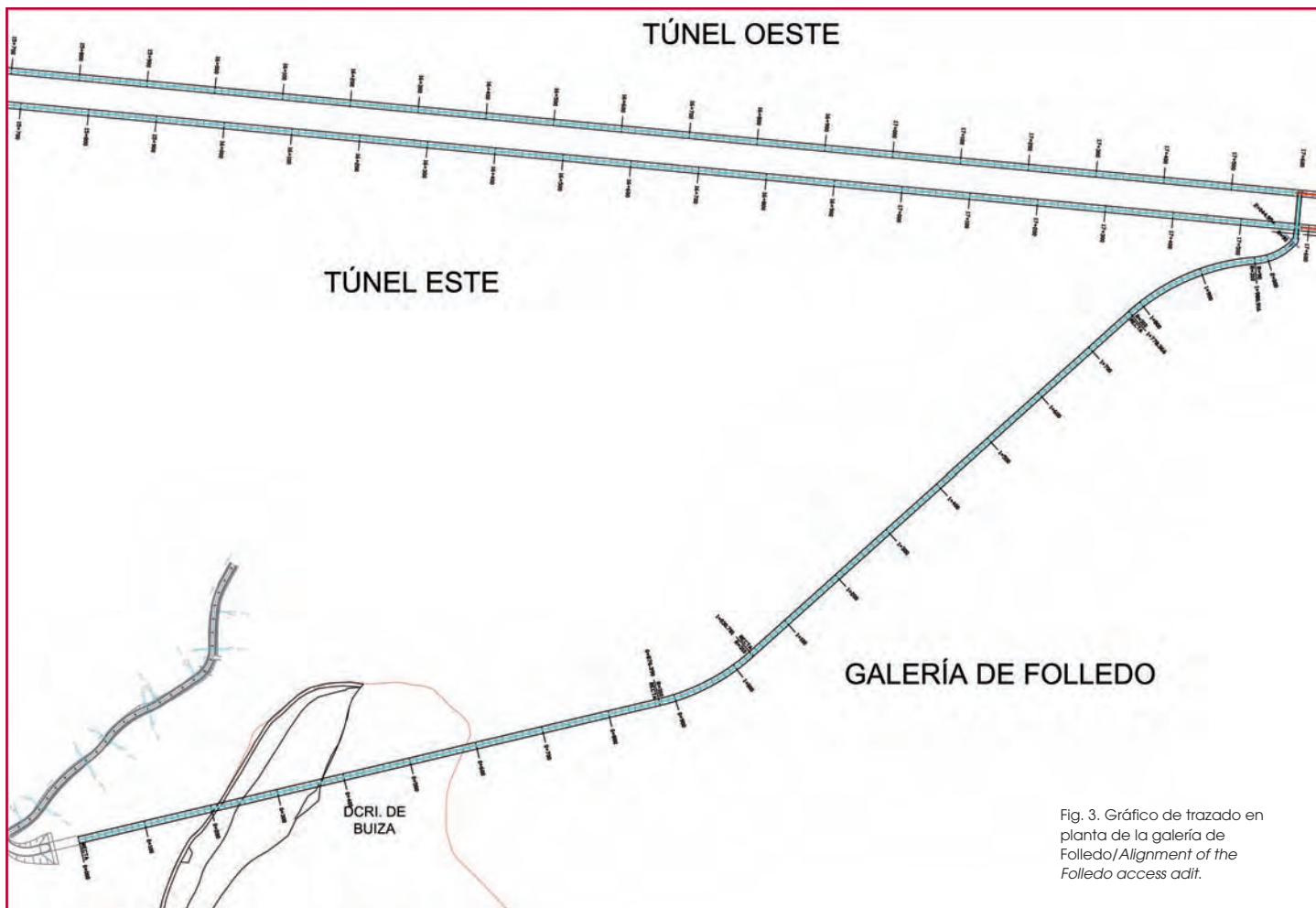


Fig. 3. Gráfico de trazado en planta de la galería de Folledo/Alignment of the Folledo access adit.

m, mientras que el punto de entronque con los túneles, situado en el PK 17+580 de la nueva línea de alta velocidad León-Asturias (el pk de origen de la línea se sitúa en La Robla) se encuentra a la cota 879 m, con un recubrimiento en dicho punto de 506 m.

El trazado de la galería es una sucesión de rectas y alineaciones curvas tal y como se muestra en la fig. 3.

La funcionalidad de esta galería es, tal y como se ha comentado anteriormente, puramente constructiva, destinada a garantizar la ejecución de los túneles de Pajares en una de las zonas más complicadas de excavar de todo el macizo. A pesar de ello, no es descartable su uso posterior como galería de emergencia para cualquier incidencia grave en la explotación ferroviaria de los túneles, así como constituir una posible vía de acceso de materiales y equipos para los futuros contratos de montaje de superestructura, electrificación e instalaciones de seguridad y comunicaciones.

*tunnels and as a possible access for the provision of materials and equipment for future contracts for the assembly of superstructure, electricity supply and safety and communication installations.*

## **2. Construction project and survey programme**

*The administrative programme selected for the tendering and execution of the rail platform works to the Pajares Tunnels was to combine the construction design together with the execution of the work. In order to tender for the four contracts of the Pajares Tunnels, it was first necessary to provide a Draft Project for all the works required in the building of the tunnels. In order to correctly define the work, a very extensive range of geological-geotechnical surveys were carried out with over 15 kilometres of bores and tests.*

## 2. Proyecto constructivo y campañas de investigación realizadas

El trámite administrativo elegido para la licitación y ejecución de las obras de plataforma ferroviaria de los Túneles de Pajares fue el sistema de unir en un mismo contrato la redacción del proyecto constructivo y la ejecución de la obra. Para licitar los cuatro contratos correspondientes a los Túneles de Pajares, se redactó previamente un Proyecto Básico del conjunto de las obras necesarias para la ejecución de los túneles. De cara a conseguir una correcta definición de todas las actuaciones, se llevó a cabo una extensa campaña de investigación geológico-geotécnica con más de 15 kilómetros de sondeos perforados y ensayados.

Así pues, la galería de Folledo, como parte integrante del proyecto de los Túneles de Pajares, ha tenido dos campañas de investigación en profundidad:

- Estudio geológico-geotécnico del Proyecto Básico, orientado a la definición de las obras necesarias de cara a la ejecución de los Túneles de Base, una vez seleccionado el trazado de entre los propuestos en el estudio informativo.
- Estudio geológico-geotécnico del Proyecto Constructivo del lote 1 de los Túneles de Pajares, destinado a definir con detalle todas las actuaciones correspondientes al tramo de los Túneles en cuestión (en este caso los 10,7 km desde el emboquille sur ubicado en La Pola de Gordón y las obras complementarias asociadas a este lote).

### Campana de investigación del Proyecto Básico

En esta fase del proyecto la campaña de investigación fue dirigida por la Dirección General de Ferrocarriles del Ministerio de Fomento. Se realizaron un total de 39 sondeos que sumaron 13.918 m de investigación. El 99% de dicha longitud fue perforada con el método wire-line, con extracción de testigo, lo que ha permitido la realización de ensayos de laboratorio para la determinación de distintos parámetros geomecánicos. La redacción del Proyecto Básico fue adjudicada a la UTE Ineco-Geoconsult, y se desarrolló una intensa campaña de investigación geológica sobre el trazado elegido entre las distintas alternativas planteadas en el estudio informativo. Los datos obtenidos de los sondeos junto a la cartografía geológica de superficie posibilitaron el

*The Folledo access adit, as an integral part of the Pajares Tunnels, has received two in-depth survey programmes:*

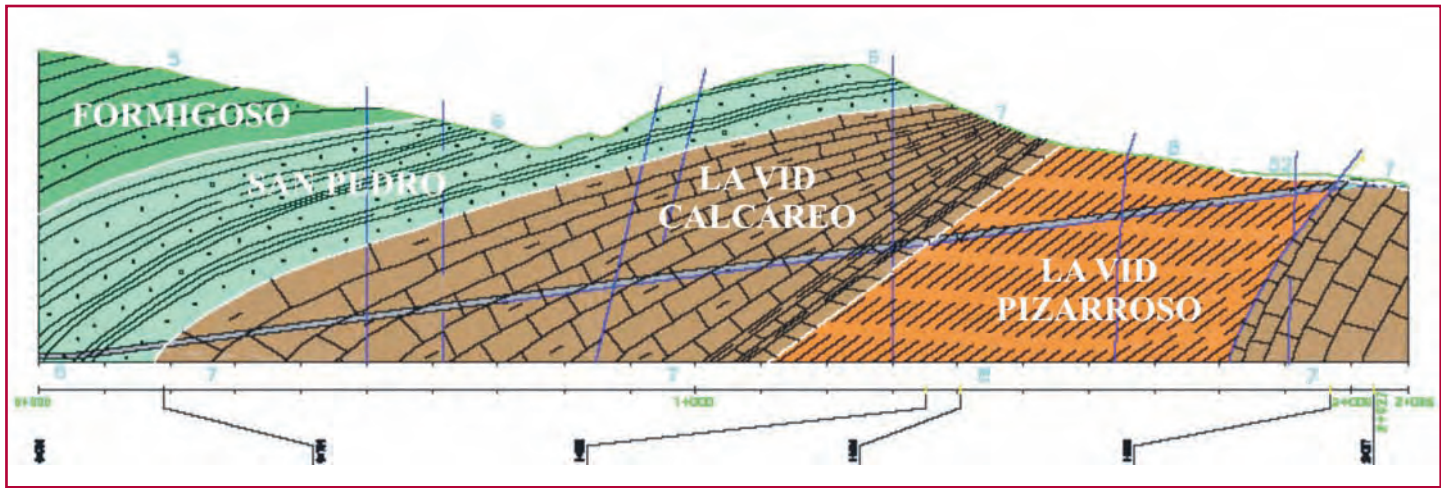
- *Geological-geotechnical study of the Draft Project, aimed at defining the work necessary for the execution of the Base Tunnels, once the route alignment had been selected from the proposals contained in the informative study.*
- *Geological-geotechnical study of the Construction Project of construction 1 of the Pajares Tunnels, aimed at providing a detailed definition of all the work corresponding to the tunnel section in question (in this case, the 10.7 km from the south portal set in La Pola de Gordon and the auxiliary works associated with this contract).*

### Survey programme of the Draft Project

*At this stage of the project, the survey programme was directed by the Railways Department of the Spanish Ministry of Development. A total of thirty-nine sample bores were made, totalling 13,918 metres. 99% of this length was bored by the wire-line method with the extraction of the sample which allowed ensuing laboratory tests to establish the different geomechanical parameters. The preparation of the Draft Project was awarded to UTE Ineco-Geoconsult and required an intense programme of geological research for the route selected from the different alternatives proposed in the preliminary study. The information obtained from the bores together with the geological mapping of the surface enabled the charting of the first geological profile of the adit as shown in Fig.4.*

### Survey programme of the Construction Project

*During the drafting of the construction project it was considered necessary to supplement the available information regarding the geological profile of the adit in order to provide greater information of the ground through which the tunnel would run. Two further bores, of 100 and 400m respectively, were made along the route of the access adit to investigate the characteristics of largely shaley formations. As a result of this new survey and the reinterpretation of available data, a new geological profile was established as shown in Fig. 5.*



levantamiento del primer perfil geológico de la galería, que se muestra en la figura 4.

#### Campaña de investigación del Proyecto Constructivo

Durante la redacción del proyecto constructivo se planteó la necesidad de completar la información disponible en relación con el perfil geológico de la galería, de cara a disponer del mayor conocimiento de los terrenos a atravesar. Se han ejecutado, en el trazado de la galería, 2 nuevos sondeos de 100 y 400 m de longitud respectivamente, para investigar las características de las formaciones con componente pizarrosa. Fruto de esta nueva campaña y de la reinterpretación de los datos disponibles resultó el nuevo perfil geológico que se muestra en la figura 5.

Fig. 4. Perfil geológico longitudinal de la galería de Folledo. Proyecto Básico visto desde el lado oeste/Longitudinal geological profile of the Folledo access adit. Draft Project. Seen from the western side.

Fig. 5. Perfil geológico de la galería de Folledo. Proyecto Constructivo visto desde el lado este/Geological profile of the Folledo access adit. Construction Project. Seen from the Eastern side.

#### Supports considered for the approach tunnel

The processing of all the geological data obtained from the different surveys carried out throughout the project, allowed the geomechanical characterization of the different formations through which the tunnel would be driven. On the basis of this characterization and the application of stress-strain behaviour simulation models, an application table was prepared for the support of the openings in accordance with the geomechanical characteristics of the ground. The established supports are as table 1.

The support application table, in accordance with the geomechanical characteristics at the drill face and the existing cover at each point, is summarized in Fig. 6.

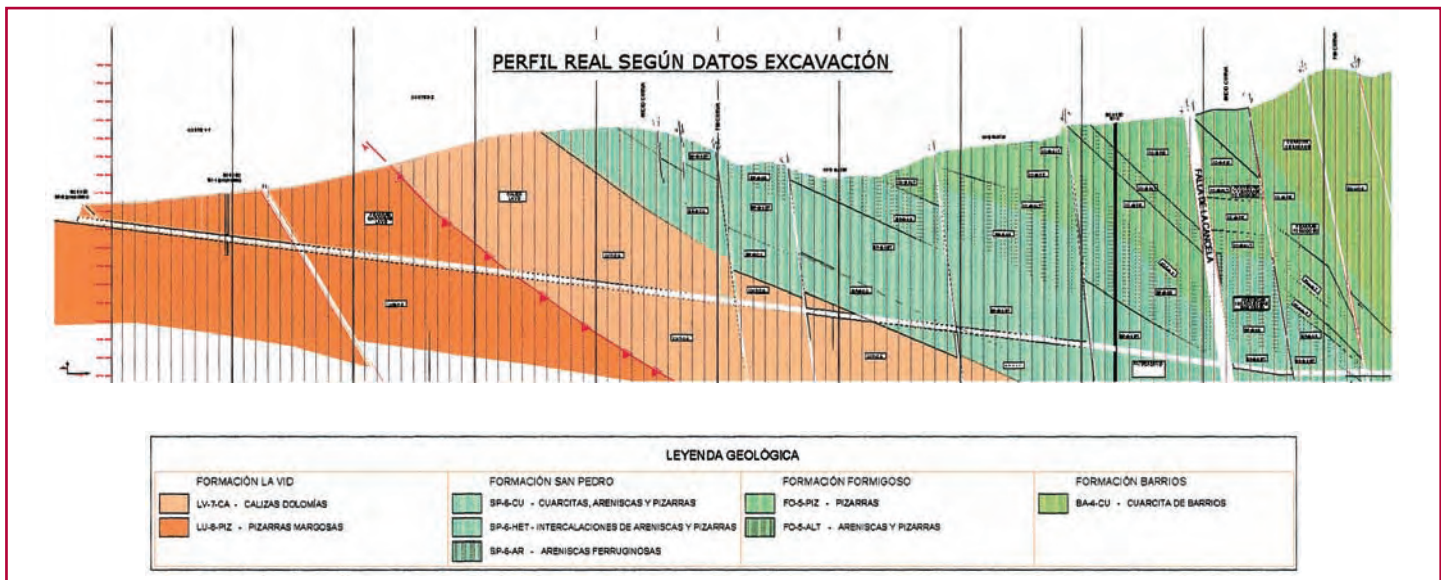


Tabla 1/Table 1

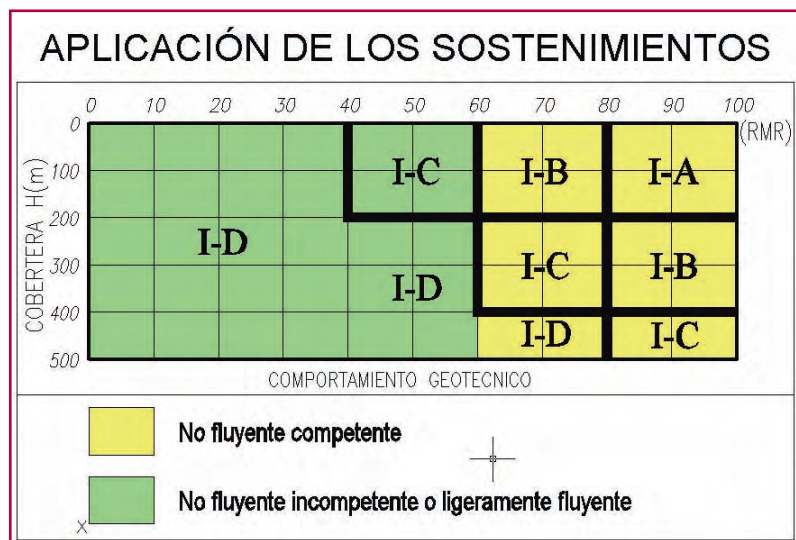
	Hormigón Proyectado/Shotcrete		Mallazo/Mesh	Fibras/Fibres	Cerchas/Frames	Bulones/Rock bolts		Enfilaje/Threading
	Espesor/Thickness	Tipo/Type(Mpa)				Densidad Density	Tipo, Long. Type, Length	
I-A	7 cm	HP-30	-	50 kg/m <sup>3</sup>	-	Ocasional Occasional	Superswellex L = 4 m	-
I-B	12 cm	HP-30	-	50 kg/m <sup>3</sup>	-	0,25 b/m <sup>2</sup> 2x2 m	Superswellex L = 4 m	-
I-C	18 cm	HP-30	1 capa/ layer, 6x150x150 mm	50 kg/m <sup>3</sup>	-	0,45 b/m <sup>2</sup> 1,5x1,5 m	Superswellex L=4	-
I-D	25 cm	HP-45	2 capas/layers, 6x150x150 mm	50 kg/m <sup>3</sup>	TH-36 a 0,80 m	1,25 b/m <sup>2</sup> 1x0,8 m	Superswellex L = 4 m	Ocasional Occasional

**Sostenimientos previstos en la galería**

La recopilación de todos los datos geológicos de las diversas campañas llevadas a cabo a lo largo del desarrollo del proyecto permitió la caracterización geomecánica de las diversas formaciones a atravesar en la excavación de la galería. Con dicha caracterización y la aplicación de modelos de simulación del comportamiento tenso-deformacional se elaboró la tabla de aplicación de sostenimientos en función de las características geomecánicas del terreno a excavar. Los sostenimientos previstos son los que se reflejan en la tabla 1.

La tabla de aplicación de los sostenimientos, en función de la caracterización geomecánica en el frente de excavación y de la cobertera existente en cada punto, se resume en la figura 6.

Fig. 6. Tabla de asignación de sostenimientos del proyecto constructivo/Support allocation table for construction project.



**3. Geology and Geotechnolgy**

**3.1. Formations crossed**

The geological formation crossed during the driving of the Folledo access adit were as follows:

- La Vid group (Lower Devonian)
- San Pedro arenaceous formation (Silurian)

The final connection of the access adit with the main tunnels (Folledo cavern) is made through materials of Formigoso formation, but this article shall purely deal with the formations crossed during the drilling of the access tunnel.

The La Vid group includes a series of calcareous and land-derived materials of the Lower Devonian period. These may be divided in two large lithostratigraphic units: a lower predominantly carbonated unit and an upper shaley unit. In the lower unit grey or yellowish dolomites alternate with marl and limestone which is, in turn, alternated with marls and fossiliferous shale. The upper section is formed by greenish-brown shales with certain bands of limestone and marl and fossiliferous marl with narrow interlayers of reddish limestone.

The lower unit reveals good geomechanical characteristics, though it tends to be very folded. It is common to find karstified areas, though there is no evidence of karstification having been found during the excavation of the access tunnel. The upper shaley block forms a cleavage level, and has a soft and easily erodable surface layer closely tied in with the drainage system.



Fig.7. Pliegue de pizarras en el frente de excavación de la galería/Fold of shale at the excavation face of the access tunnel.

### 3. Geología y geotecnia

#### 3.1. Formaciones atravesadas

Las formaciones geológicas atravesadas durante la ejecución de la galería de Folledo han sido las siguientes:

- Grupo de La Vid (Devónico Inferior)
- Formación Areniscas de San Pedro (Silúrico)

El entronque final de la galería con los túneles principales (caverna de Folledo) se ha realizado en materiales de la formación Formigoso, pero nos limitaremos en este artículo al análisis de las formaciones atravesadas durante la ejecución de la galería.

El grupo de La Vid engloba una serie de materiales calcáreos y terrígenos del Devónico Inferior. Se puede dividir en dos grandes unidades litoestratigráficas: una inferior predominantemente carbonatada y otra superior de naturaleza pizarrosa. En el miembro inferior aparecen dolomías grises o amarillentas alternantes con margas y calizas que se presentan también en alternancia con margas y con pizarras fosilíferas. El tramo superior está constituido por pizarras pardo-verdosas con alguna intercalación de calizas y margas y por margas fosilíferas con delgadas intercalaciones de calizas de color rojizo.

El miembro inferior presenta buenas características geomecánicas, aunque suele encontrarse muy replegado. Es frecuente que se encuentre carstificado, aunque no se han encontrado evidencias de carstifica-

As a whole the La Vid group shows variable thicknesses with averages between 250 and 300 metres. In accordance with the above, this is then divided into two lithological categories:

- *Calcareous: biomicrites formed by a micritic limestone matrix with marl and dolomite runs.*
- *Shaley: slightly foliated and very fine grain shales or argillites.*

In the Folledo access adit, the contact between the two units of the La Vid Group are tectonized, with the shaley unit cleaved at the point of the Villasimpliz Fault.

The transition between the La Vid and San Pedro formations is gradual and this area of transition has sufficient entity and form to distinguish itself from these two formations. On the advance of the excavation and passing on from the La Vid formation, the sandstone blocks become far more frequent and more compact while the shales become increasing less marly and the dolomite layers disappear. This transition section does not appear to be as thick as first thought and it is possible that it is cut by a tectonic irregularity.

The San Pedro formation is formed by a complex sequence of sandstone, shale and lutites, of variable thickness and with lateral changes of facies. Three homogeneous sections may be differentiated within this formation:

- *Lower section, formed by thick beds of massive brown stone which form a good guide level and with varying thicknesses of between 25 and 60 metres.*
- *Intermediate section, of arenaceous-shaley nature, formed by sandstones and quartzite with soft edges, red or greenish sandstones and grey and green shale.*
- *Upper section, similarly heterolithic but with a greater proportion of quartzite and shale intercalations.*

This area is where the largest thicknesses of the formation are found, perhaps due to possible swelling of tectonic nature. The high shale content has meant that the formation has suffered large deformations which are revealed in the form of numerous faults of little entity, folds and even cleavages.

ción durante la excavación de la galería. El miembro superior pizarroso constituye un nivel de despegue, y en superficie constituye un nivel blando y fácilmente erosionable, con un fuerte encaje de la red de drenaje.

En conjunto, el grupo La Vid presenta un espesor variable cuyo valor medio se sitúa entre 250 y 300 metros. De acuerdo con lo anterior, quedaría dividido en dos litotipos:

- La Vid calcáreo: biomicritas constituidas por una matriz de caliza micrítica con pasadas limolíticas y dolomías.
- La Vid pizarroso: pizarras o argillitas débilmente foliadas y de grano muy fino.

En la Galería de Folledo el contacto entre los dos miembros del Grupo La Vid se encuentra tectonizado, estando el miembro pizarroso despegado a través del Cabalgamiento de Villasiimpliz.

El tránsito entre las formaciones La Vid y San Pedro es gradual, teniendo esta zona de tránsito entidad e importancia constructiva suficiente para poder distinguirse de estas dos formaciones. Al avanzar la excavación, saliendo de la Formación La Vid, los paquetes de areniscas se han hecho más frecuentes y más potentes, las pizarras se han vuelto cada vez menos margosas y han ido desapareciendo las capas de dolomías. Este tramo de transición parece tener menor potencia que la prevista, por lo que posiblemente se encuentre truncado por algún accidente tectónico.

La Formación San Pedro está constituida por una secuencia compleja de areniscas, pizarras y lutitas, con un espesor variable y cambios laterales de facies. Se pueden distinguir tres tramos homogéneos:

- Tramo inferior, formado por gruesos bancos de areniscas ferruginosas masivas que constituyen un buen nivel guía y con espesores variables que oscilan entre 25 y 60 metros.
- Tramo intermedio (San Pedro heterolítico), de carácter arenoso-pizarroso, formado por areniscas y cuarcitas con cantos blandos, areniscas rojas o verdosas y pizarras grises y verdes.
- Tramo superior, también heterolítico pero con cuarcitas en mayores potencias e intercalaciones pizarrosas.

En esta zona es donde se dan los mayores espesores de la formación, quizá debido a un posible engro-

*The petrographic study of the materials in this formations reveal three different classes:*

- *Shales, which include limolites and argillites.*
- *Sandstones: silicarenites and arenites with lutite matrix, frequently cemented by carbonates, silica or iron oxides.*
- *Orthoquartzite with quartzitic cementation presented in beds of little thickness and embedded between the shales of the heterolithic sections.*

*Though the quartzitic layers were excavated from the top of the formation, these never took up more than a third of the surface area of the excavation face. A combination of causes of tectonic and sedimentary nature has meant that the ferruginous layer appears as a very thin layer with multiple shaley interbeds.*

*The table 2 shows a table of the formations crossed during the excavation and their lithology and geomechanical characteristics summarised according to the Beniaowski RMR.*

### **3.2. Summary of geotechnical data**

*The results from the survey work indicated above together with the experience gained on site during the excavation of the access adit, has provided in-depth knowledge of the geomechanical behaviour of the La Vid and San Pedro formations in this part of the mountain range. In general terms it may be said that both formations have presented a noticeably better geomechanical behaviour than was expected. Occasional deformations of certain importance have occurred at isolated points, particularly at brecciated faults as a result of strains of a tectonic nature, though throughout the greater part of the approach tunnel, the ground has behaved better than was to be expected from the geotechnical parameters obtained in the surveys (see table 3).*

## **4. Construction method**

### **4.1. The New Austrian Method**

*In spite of the bad press received over recent years by the so-called New Austrian Method as a*

samiento de origen tectónico. El elevado contenido en pizarras hace que la formación haya sufrido grandes deformaciones que se revelan con la existencia de numerosas fallas de escasa entidad, repliegues e incluso despegues.

El estudio petrográfico de los materiales de esta formación nos permite una distinción en tres clases:

- Pizarras, en las que se incluyen limonitas y argilitas
- Areniscas: cuarzoarenitas y areniscas con matriz lutítica, frecuentemente cementadas por carbonatos, sílice u óxidos de hierro
- Ortocuarzitas: areniscas con cementación cuarcítica que se presentan en bancos de escasa potencia intercalados entre las pizarras de los tramos heterolíticos.

Aunque se excavaron las capas cuarcíticas del techo de la formación, éstas nunca ocuparon mas de la tercera parte de la superficie del frente de excavación. La combinación de causas de origen tectónico y sedimentario han provocado que el miembro ferruginoso apareciera muy adelgazado y con abundantes intercalaciones pizarrosas.

La tabla 2 muestra un cuadro con las litologías atravesadas durante la excavación y su caracterización geomecánica resumida en la forma del RMR de Beniaowski.

### 3.2. Resumen de datos geotécnicos

El resultado de los trabajos de investigación descritos anteriormente junto con la experiencia registrada en obra durante la ejecución de la galería ha permitido un conocimiento profundo del comportamiento geomecánico de las formaciones del grupo La Vid y Areniscas de San Pedro en esta zona de la cordillera. De modo general, puede decirse que ambas formaciones han presentado un comportamiento geomecánico sensiblemente mejor de lo esperado. Se ha producido alguna deformación de cierta importancia en zonas muy localizadas, fundamentalmente en fallas brechificadas por esfuerzos de naturaleza tectónica, pero en la mayor parte del trazado de la galería el terreno se ha comportado mejor de lo esperado de acuerdo a los parámetros geotécnicos obtenidos en las campañas (ver tabla 3).

**Tabla 2. Cuadro de litologías atravesadas y clasificación geomecánica.**  
**Table 2. Formations crossed, indicating lithology and geomechanical classification**

PK inicio PK Start	PK final PK end	Formación Formation	Litología Lithology	RMR	Cobertera Cover (m)
0+000	0+050		Pizarras Shales	35-55	0-23
0+050	0+080		Pizarras margosas Marly shales	40-50	23-28
0+080	0+150		Pizarras Shales	30-40	28-40
0+150	0+320		Pizarras con lutitas y calizas Shale with lutites and limestone	50	40-85
0+320	0+338		Pizarras y calizas Shale and limestone	60-70	87
0+338	0+407	La Vid pizarroso	Pizarras y lutitas Shale and lutite	50-60	88-109
0+407	0+455	La Vid shaley	Pizarras negras Black slate	45-55	109-130
0+455	0+471		Calizas con niveles de pizarra Limestone with shale	65	132
0+471	0+496		Lutitas margosas Marly mudstone	60-65	133-143
0+496	0+532		Pizarras Shales	50-60	143-160
0+532	0+596		Lutitas y calizas Lutite and limestone	60-65	160-180
0+596	0+637		Pizarras Shales	60	180-193
0+637	0+655		Pizarras y calizas Shale and limestone	60	193-210
0+655	0+900	La Vid calcáreo	Calizas Limestone	60-80	210-258
0+900	1+004	La Vid limestone	Dolomías con escasas pizarras y areniscas Dolomite with scarce shale and sandstone	60-70	238-259
1+004	1+080	Transición La Vid -	Limolitas y pizarras Limolite and shale	50-60	220-238
1+080	1+135	San Pedro La Vid -	Dolomías con margas Dolomite with marl	60-65	229
1+135	1+249	San Pedro Transition	Calizas dolomíticas Dolomitic limestone	65	220-240
1+249	1+282		Arenisca gris Grey sandstone	55-60	240-245
1+282	1+350		Arenisca gris y roja Grey and red sandstone	55-65	245-275
1+350	1+428		Areniscas y pizarras grises Sandstone and grey shale	40-60	275-302
1+428	1+536		Pizarras grises con areniscas Grey shale with sandstone	50-60	302-331
1+536	1+650	San Pedro	Areniscas pizarrosas Shaley sandstone	50-65	331-369
1+650	1+700		Areniscas y limolitas Sandstone and limolite	65	369-384
1+700	1+890		Areniscas ferruginosas con limolitas Ferruginous sandstone with limolite	50-60	384-458
1+890	2+021	Formigoso	Lutitas y areniscas grises Lutite and grey sandstone	50-60	450-506

Tabla 3. Cuadro resumen de parámetros geotécnicos de las formaciones del grupo La Vid y San Pedro  
 Table 3. Geotechnical parameters of the La Vid and San Pedro formations

Litología <i>Lithology</i>	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	$\sigma_c$ (MPa)	$\alpha_\tau$ (MPa)	Módulo deformación E <i>Deformation modulus E</i>				Módulo de corte G		$\nu$	$M_i$ med	GSI CAI	Abrasiv.
				Estático/ <i>Static</i> (GPa)			Din/ <i>Dyn</i> (GPa)	<i>Shear modulus</i> (GPa)					
				$E_{lab}$	$E_{dil}$	$E_{GSI}$	E	$G_l$	$G_p$				
SP piz/shale	2,67	27,3	2,7	20,9	3,8	3,3	-	0,96	1,52	0,22	6	42	0,62
SP aren/sand	2,73	77,7	8,2	29,0	3,4	14,8	45	0,95	1,38	0,16	17	59	3,30
LV calizo/lime	2,74	47,6	7,7	54,6	4,4	17,3	60	1,43	1,78	0,25	12	66	2,00
LV pizar/shale	2,69	13,1	3,4	13,7	-	2,42	-	-	-	0,18	6	43	1,88

#### 4. Método de ejecución

##### 4.1. El Nuevo Método Austríaco

A pesar de la mala prensa que ha tenido en los últimos tiempos el denominado Nuevo Método Austríaco, a raíz del hundimiento del túnel de El Carmelo en Barcelona, se trata de un sistema de ejecución de túneles ampliamente extendido y con ejemplos de éxito (una muestra es el tercer túnel carretero de Guadarrama) cuando es aplicado en terrenos adecuados (roca con buen comportamiento geomecánico), en frentes que no tengan una sección excesivamente grande, realizando el cierre del sostenimiento en soleira y con un control continuo y real del comportamiento tensodeformacional.

La excavación de la galería se ha realizado mediante perforación y voladura, pues los parámetros de excavabilidad de las formaciones a atravesar indicaban la imposibilidad de usar de manera continua sistemas de excavación mecanizada de ataque puntual. La longitud del pase en cada ciclo de avance se ha establecido en el proyecto constructivo en 4,5 metros. El explosivo empleado en este caso es Goma 2 ECO, elegido principalmente por su elevada resistencia al agua y por su versatilidad ante rocas de dureza media y alta.

##### 4.2. Ciclo de avance de la galería

El ciclo de avance de la galería se divide en sus fases de excavación y sostenimiento, momento a partir del cual es necesario realizar un seguimiento continuo de las medidas de deformación en el túnel, para controlar su correcta estabilización. Así pues, el ciclo se resume en los siguientes pasos:

result of the collapse of the El Carmelo tunnel in Barcelona, this is a widely used tunnelling method which has yielded successful results (such as the case of the third road tunnel in Guadarrama) when applied in suitable ground (rock with good geomechanical behaviour), in faces which do not have an excessively large section, when closing the support from the base and when carrying continuous and real monitoring of stress-strain behaviour.

The excavation of the tunnel has been carried out by boring and blasting, as the excavating conditions of the formations to be crossed prevented the continuous use of mechanized boring systems. The length of run of each cycle of advance was established in the construction design as one of 4.5 metres. The explosive used in this case was Goma 2 ECO, which was essentially selected on account of its high water resistance and its versatility in medium and hard rock.

##### 4.2. Advance cycle of the access tunnel

The advance cycle of the access adit was divided into phases of excavation and support. On the support of the opening, deformation recordings were continuously monitored to ensure correct stabilization. The cycle may then be summarized in the following phases:

- Drilling of bore holes for explosives. The blast holes for the explosives were formed by an automated three boom jumbo. The length of time taken by this operation depended on the characteristics of the rock face, though in average terms this required between 2 and 3



Fig. 8. Perforación de taladros para explosivos/Drilling of bore holes for explosives.

- *Perforación de taladros para introducción del explosivo.* La ejecución de los barrenos se realiza con jumbo robotizado de tres brazos en el que se introduce el esquema de la voladura. Esta operación tiene una duración que depende de las características de la roca a perforar. Los valores medios obtenidos oscilan entre 2 y 3 horas de perforación, llegando a alcanzar las 4 horas y media en terrenos con alto contenido en sílice.
- *Carga del explosivo en los barrenos.* En el exterior del túnel, mientras se ejecutan los taladros de los barrenos, se preparan en la caseta del artificiero las cañas con el explosivo que serán introducidas en cada perforación. Una vez preparadas las cañas, se van colocando en los taladros con su detonador correspondiente.
- *Detonación, ventilación y extracción de gases.* Una vez realizada la carga y conectados todos los detonadores a la línea que discurre por el hastial de la galería, se evacua a todo el personal y se detiene la ventilación del túnel. El artificiero que iniciará la detonación es la última persona en salir del túnel. En el momento que se comprueba que todo el personal está en el exterior, se emite una señal sonora de aviso previa a la detonación. Una vez que ha hecho explosión, se vuelve a conectar la ventilación y se inicia la limpieza de humos en el frente y su barrido a lo largo de la galería.
- *Desescombro y transporte del material excavado.* La retirada del escombro se realiza mediante pala cargadora y camiones de tres ejes. Para faci-

hours drilling, reaching up to four and a half hours in ground with high silica content.

- *Loading of explosive in the blast holes.* While the blast holes are being drilled, the tubes of explosive are prepared outside the tunnel ready for placement in each blast hole together with their corresponding detonators.
- *Detonation, ventilation and removal and gases.* Once the explosives have been placed and all their detonators connected to a line running along the wall of the tunnel, all personnel are evacuated and the tunnel ventilation is turned off. The explosive expert responsible for the detonation is the last person to leave the tunnel. Once it has been verified that everybody is outside the tunnel, a warning alarm is sounded prior to detonation. After the blast, the ventilation system is then reconnected and the smoke cleared from the face and throughout the length of the tunnel.
- *Clearing and transport of excavated material.* The rubble was removed by a shovel loader and six-wheel trucks. In order to allow the trucks to turn and prevent long reversing manoeuvres, various widenings were made during the tunnel excavation. At these widenings or turning areas the tunnel section increases up to 85 m<sup>2</sup>. The clearing of rubble took between four and five and a half hours depending on the corresponding length of run. Once the rubble had been removed, the face and perimeter were cleared and prepared by a back digger fitted with a hammer.
- *Sealing of the face and perimeter of the section.* Once the rubble had been removed and the area cleaned, the UTE FCC-Acciona geologists and Technical Assistance personnel then made an inspection of the tunnel face. The type of formation and the state of the face then made it possible to establish the geomechanical quality of the massif at this point. In the case of the Folledo access tunnel, the index employed was the Beniaowski RMR. On ascertaining the geomechanical quality of the massif and cover it was then possible to establish the type of support required for the opening and the length of run for the next cycle. The sealing of the face and perimeter was made using 30 Mpa strength and, generally, 5 cm thick fibre reinforced concrete. This sealing operation took around one hour on a 4.5 metre run.

litar la maniobrabilidad de los camiones y evitar largos desplazamientos marcha atrás, se ejecutaron varios ensanchamientos durante la excavación de la galería. En estas zonas la sección de excavación se aumentó hasta los 85 m<sup>2</sup>. El tiempo de duración de desescombro oscila entre 4 y 5,5 horas, en función de la longitud de pase correspondiente. Cuando la carga se ha concluido, se procede al saneo del frente y del perímetro, operación que se lleva a cabo con retroexcavadora dotada de martillo.

- *Sellado del frente y del perímetro de la sección.* Terminado el desescombro y saneo, se procede a realizar el levantamiento del frente por parte de los geólogos de la UTE FCC-Acciona y de la Asistencia Técnica. El tipo de formación y la observación del estado del frente permiten determinar la calidad geomecánica del macizo en este punto. En el caso de la galería de Folledo el índice utilizado ha sido el RMR de Bieniawski. Con los datos de calidad geomecánica del macizo y de cobertera se determina el tipo de sostenimiento a emplear y la longitud de pase para el siguiente ciclo. El sellado del frente y del perímetro se realiza mediante hormigón reforzado con fibras, de 30 Mpa de resistencia característica, en un espesor medio de 5 cm. El tiempo de duración de esta operación es de aproximadamente 1 hora para una longitud de pase de 4,5 metros.

- *Bulonado.* Esta operación se lleva a cabo con el jumbo robotizado, realizando perforaciones perpendiculares a la sección del túnel para constituir la malla de bulones. En los casos en que ha sido necesario coser una junta de manera específica, la perforación se ha realizado en la dirección de mayor colaboración del bulón para su anclaje. Asimismo, en algunas zonas de falla, dada la presencia de material brechificado, ha sido necesario el empleo de bulones autoperforantes de mayor longitud que los swellex para evitar el cierre de la perforación.

- *Colocación de cerchas.* En los terrenos en los que ha sido necesario cerchar la sección, se ha realizado un saneo en profundidad en la zona de encuentro de hastiales y solera, y se ha hormigonado para garantizar una superficie de apoyo adecuada para las cerchas. El montaje de las cerchas se ha realizado in situ mediante plataformas elevadoras con cesta cerrada.



Fig.9. Detonación, extracción y ventilación/Detonation, extraction and ventilation.

- *Rock bolts.* This operation is carried out by the automated jumbo, with perforations made perpendicular to the tunnel section in order to construct a mesh of anchor ties. In the case where it is necessary to tie a joint in a specific manner, the perforation is made in a direction to ensure the greatest anchorage of the tie. Similarly, in some fault areas, and given the presence of brecciated material, it has been necessary to employ self-drilling rock bolts of greater length than the swellex in order to prevent the closure of the perforation.
- *Placing of frames.* In ground where it is necessary to line the section, the area is fully prepared at the meeting point between side walls and the base and concrete is placed in order to guarantee a suitable support surface for the frames. The frames are assembled in-situ using platform lifts.
- *Reinforcement with welded mesh and application of support lining.* In accordance with the type of ground crossed, this activity may be carried out immediately or delayed some 25 metres in order to marry in with the preparation of blast holes and explosives. This possibility depends on the convergence readings and the subsequent need for immediate placement of complete support. In all cases, the section support is reinforced by the placement of a 15x15x6 mm electrowelded mesh throughout the section and fixed to the heads of the rock bolts. The entire lining support is then completed by the application of shotcrete up to the thicknesses established for each type of support.

- *Refuerzo con malla electrosoldada y aplicación del espesor de sostenimiento.* En función del tipo de terreno atravesado esta actividad del ciclo se ha realizado de manera inmediata o retrasada unos 25 metros para simultanearla con los trabajos de perforación de voladura y preparación del explosivo. Esta posibilidad depende de las lecturas de convergencias y, por tanto, de la necesidad o no de aplicación inmediata del sostenimiento completo. En todo caso, el sostenimiento de la sección se ha reforzado mediante la aplicación de malla electrosoldada de 15x15x6 mm en toda la sección, sujetándola a las cabezas de los bulones. El sostenimiento queda completo con la aplicación de hormigón proyectado hasta los espesores marcados en cada tipo de sostenimiento.

- *Hormigonado de la losa de solera.* La última actividad se ha desarrollado, de forma habitual, a un máximo de 50 m de separación del frente. La geometría de la losa tiene un espesor de 30 cm en el centro y 25 cm en los hastiales, ejecutada con hormigón HM-25 y con dos parrillas de acero en ambos extremos de la sección. En aquellas zonas donde el terreno presentaba mayores deformaciones se ha unido el emparillado de la losa con las mallas electrosoldadas de los hastiales y con las cerchas mediante redondos en "L". Cuando las lecturas de convergencias han superado un determinado umbral, se ha optado por la ejecución de contrabóveda en lugar de solera.



Fig. 10. Aplicación del espesor de sostenimiento y bulonado / Application of shotcrete.

- *Concreting of floor slab.* This final activity tends to be performed a maximum of 50 m from the face. The slab is 30 cm thick at the centre and 25 cm at the side walls and is formed in HM-25 concrete with two steel meshes at both ends of the section. In those areas where the ground is liable to cause greater deformation, the slab mesh reinforcement is connected to the welded reinforcement in the side walls and to the lining frames by 'L' shape bars. When the convergence readings pass a specific limit, an inverted vault has been formed instead of a floor slab.

### 4.3. Medidas de seguridad

Los riesgos de cualquier actividad de construcción se ven agravados en el caso de las obras subterráneas, en especial los túneles, debido a la singularidad que supone el no disponer de más vías de escape que la propia infraestructura que se está ejecutando. Por este motivo las acciones preventivas deben ser aún más exigentes, si cabe, que en el resto de actividades de obra civil.

Una de las mayores garantías de éxito es tener el mejor conocimiento posible del terreno en el que se va a trabajar: de aquí se deriva la importancia de los estudios geológico-geotécnicos en las obras subterráneas. Pero el conocimiento del terreno no finaliza en el momento de redacción del proyecto constructivo, sino que debe seguir ampliándose durante la propia ejecución de la obra mediante la aplicación correcta de

### 4.3. Safety measures

The risk of any building activity is heightened in the case of underground works, and particularly tunnels, on account of the fact that there is no means of escape other than the structure being formed. As such, preventative action has to be even stricter than other civil work activities.

A thorough knowledge of the ground in which the work is to be carried out, serves as one of the best guarantees of success and, hence, the importance of the geological-geotechnical studies of the underground works. However, the knowledge of the ground does not end at the time of drafting the construction project, and should be continuously extended during the execution of the work. This monitoring should be the result of the correct application of a suitable auscultation and

Fig. 11.  
Hormigonado  
de losa de  
solera/Concreti  
ng of floor slab.



un buen plan de auscultación e instrumentación, mediante los levantamientos de los frentes en el avance de la excavación, mediante el seguimiento y ubicación de los planos de discontinuidad que surgen en cada avance... en definitiva, es necesario que durante la propia ejecución de la obra se realice un retroanálisis de las hipótesis de trabajo del proyecto, aportando los nuevos datos que se van generando a escala real para ir comprobando la idoneidad de las soluciones constructivas planteadas. Realizar correctamente este trabajo es absolutamente imprescindible para garantizar la seguridad de los trabajadores y de la propia estructura del túnel.

Nos centraremos en las medidas de seguridad implantadas de cara a situaciones de emergencia en el túnel, señalando aquellas más singulares y menos comunes en la ejecución de túneles:

- Utilización de medidores de concentración de gases en el frente durante las 24 horas. Estos medidores se han empleado para la detección de posibles apariciones de gases de naturaleza orgánica, dado que se atraviesan zonas de pizarras y areniscas en las que no se podía descartar a priori la existencia de pequeñas capas carbonosas con posibilidad de almacenar gases como metano.
- Equipos de emergencia en el frente de excavación. En un armario metálico se ha ido trasladando durante el avance un equipo completo de autorrescatadores, botiquín de primeros auxilios, linternas y equipos portátiles de medición de gases. Además,

*instrumentation plans, by surveys of the advance face of the excavation and by the monitoring and location of discontinuous planes as they arise. During the tunnelling work it is necessary to make a retroanalysis of the project's original work hypothesis and to add new information as it arises in order to ensure the suitability of the original construction solution. It is absolutely essential that this monitoring and adjustment work be performed correctly in order to guarantee the safety of workers and the tunnel structure itself.*

*We shall concentrate on the safety measures introduced to respond to emergency situations in the tunnel, indicating the more noteworthy and perhaps less common measures introduced during the tunnelling operation:*

- *Round the clock employment of gas concentration sensors at the face. These sensors have been employed to detect the possible appearance of gas of an organic nature, given that the tunnel passes through shaley and arenaceous areas where it is not possible to discard the presence of small carbonous layers which may house gases such as methane.*
- *Emergency equipment at the excavation face. A steel cupboard, continually positioned near the advance face, contains full self-rescuing equipment, first-aid box, torches and portable gas measuring equipment. The cupboard is also fitted with a telephone*



Figs. 12 y 13.  
Detalle de un botiquín en punto intermedio de la galería y detalle del contenedor de los detectores portátiles de gases/First-aid box at an intermediate point in the tunnel and portable gas detector box.

dicho armario iba provisto de un teléfono con comunicación con las oficinas exteriores. Conforme se iba avanzando en la excavación, se han colocado varios puestos similares al descrito a lo largo del túnel, señalizados convenientemente a lo largo del mismo.

- Tomas de agua y de aire comprimido a lo largo del túnel. En reuniones previas al inicio de las obras se decidió que, en caso de emergencia en los túneles, se contaría con el apoyo de la Agencia de Protección Civil de Castilla y León, articulado a través del Cuerpo de Bomberos de León y de las Brigadas de Salvamento Minero de la Hullera Vasco-Leonesa. Fruto de esa colaboración se decidió implantar puntos de toma en la red de agua y en la red de aire comprimido que pudiesen ser utilizados por los equipos de los citados organismos en una eventual intervención.
- Presencia de servicio médico y ambulancia con soporte vital básico a pie de obra. De acuerdo con los criterios generales de las obras de los Túneles de Pajares, existe un servicio médico con ambulancia dotada de soporte vital básico presente las 24 horas en las oficinas de obra, capaz de estabilizar y trasladar a un herido evacuado desde el interior de la galería de manera inmediata.

## 5. Auscultación e instrumentación

Para el seguimiento del comportamiento de los sostenimientos ejecutados, fueron instrumentadas

*connecting to outside offices. Various posts of this nature have been installed as the excavation progresses, all of which being suitably signed throughout the tunnel.*

- *Compressed air and water outlets throughout the tunnel. In meetings held prior to the start of work, it was decided that, in the case of an emergency in the tunnels, the work would receive the support of the Castilla y León Civil Protection Agency, through the Leon Fire Brigade and the Hullera Vasco-Leonesa Mine Rescue Team. As a result of this collaboration it was decided to install water and compressed air outlets throughout the tunnels which could be employed by these teams in the event of intervention.*
- *On-site attendance of medical service and ambulance with basic life support equipment. In accordance with the general criteria of the Pajares Tunnel works, a medical service and ambulance with basic life support equipment had to be present at the site office 24 hours a day, with the capacity to immediately stabilize and transfer any person injured within the tunnel.*

## 5. Auscultation and instrumentation

*Control sections were fitted with instrumentation to monitor the behaviour of the supports. This monitoring process included the systematic auscultation of*

secciones de control. Dentro de ellas, se puede distinguir una auscultación sistemática, consistente en secciones de control de deformaciones mediante la instalación de clavos en hastiales y clave, y unas secciones en las cuales la instrumentación se amplió con la inclusión de extensómetros de varillas, dos en hombros y uno en clave.

En las primeras, se ha medido la distancia entre los clavos mediante cinta de convergencia y sistemas ópticos de alta precisión, y se han nivelado el clavo situado en la clave y un punto en el centro de la solera con topografía de alta precisión.

En las secciones instrumentadas, los extensómetros están dotados de tres varillas cada uno, de longitudes 2, 4 y 6 metros, controlados con potenciómetros eléctricos.

En total, se han instalado 85 secciones de convergencia en 2021 m, con una equidistancia media de 24 m, y 4 de ellas son secciones instrumentadas con extensómetros de varillas.

Para las lecturas de convergencias, los equipos utilizados han sido:

- una cinta de convergencia clásica, con una precisión de media décima de milímetro, y
- una estación total marca Leica, modelo TCA 2003, con una precisión de 0.5 segundos sexagesimales

Las lecturas se han realizado con frecuencia diaria durante la primera semana, disminuyendo la frecuencia de las lecturas en función de las velocidades de deformación observadas.

En terrenos de La Vid pizarroso, el valor máximo de la convergencia ha alcanzado 39,75 mm, con un descenso sucesivo de la velocidad de deformación hasta llegar a la estabilización, si bien en un plazo de tiempo elevado que ha llegado en algún caso a los 6 meses.

En La vid calcáreo el valor máximo alcanzado ha sido de 17,1 mm, con velocidades muy bajas desde las primeras lecturas, suavizándose paulatinamente, al igual que en el caso anterior, en un plazo dilatado de tiempo.

En el caso de la formación San Pedro, el comportamiento ha sido distinto al sobrepasarse los 300 m de cobertera. En este caso, se han observado movimientos mayores de 100 mm en 13 estaciones, de un total de 31 situadas en dicha formación, con velocidades

*deformation control sections through the installation of points in the side walls and crown, and other sections where the instrumentation was extended to include bar extensometers, two at the level course and one at the key.*

*In the first sections, the distance between points was measured by convergence tape and high precision optic systems. The point at the key and the point at the centre of the base were levelled with high precision surveying.*

*In the sections fitted with instruments, the extensometers were fitted with three bars, of 2, 4 and 6 metres, and controlled by electric potentiometers.*

*A total of 85 convergence sections were installed over 2021 metres, with an average spacing of 24 m, and with four of these sections instrumented by bar extensometers.*

*The equipment employed for the convergence readings was as follows:*

- *traditional convergence tape with a precision of one half tenth a millimetre, and*
- *Leica station, model TCA 2003, with a precision of 0.5 astronomical seconds*

*Readings were taken on a daily basis throughout the first week and then on a more reduced basis according to the deformation rates observed.*

*In the shaley grounds of La Vid, the maximum convergence value reached 39.75 mm, with a successive fall in the deformation rate until finally reaching stabilization. However, this required long periods of time which on some occasions were as long as six months.*

*In the limestone section of La Vid, the maximum value obtained was 17.1 mm, with very slow drops after the first readings. As in the preceding case, these gradually levelled out over very long periods of time.*

*The behaviour was different in the San Pedro formation as these areas had cover of over 300 metres. In this case, movements of over 100 mm were recorded at 13 of the 31 stations set in this formation, with constant rates during the first days of over 10 mm/day, until the closing of the section with the floor base. From this moment on the rates decreased to values of less than 1 mm per day.*

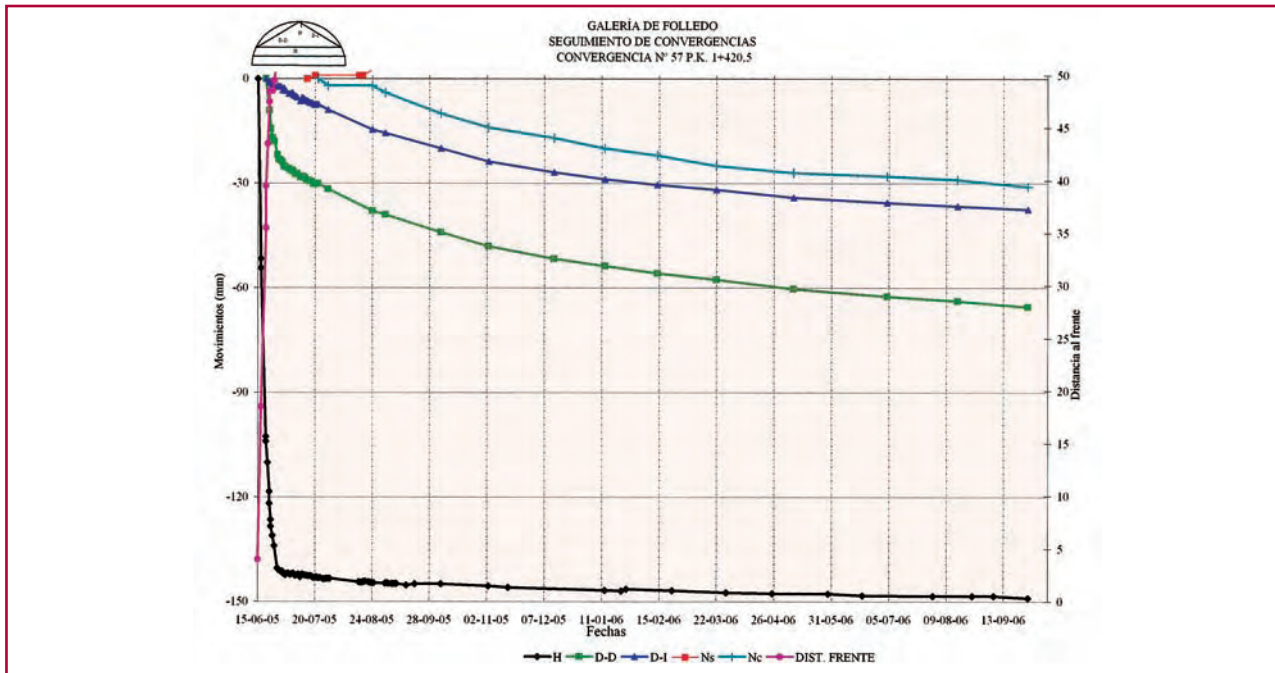


Fig. 14. Evolución de la deformación en la sección de convergencia nº 57/Development of deformation in convergence section No. 57.

mantenidas en los primeros días mayores de 10 mm/día, hasta el cierre de la sección con una solera. A partir de ese momento las velocidades han descendido a valores menores de 1 mm/día. El mayor movimiento detectado en esta formación, asociado a una zona de falla, llegó a alcanzar 157 mm entre hastiales.

Las últimas 5 secciones de convergencia se encuentran emplazadas dentro del tramo excavado en materiales pertenecientes a la Formación Formigoso. En estas pizarras los movimientos medidos, en general, han sido menores que en el caso de la formación San Pedro. Este hecho se debe, posiblemente, a la proximidad del frente final de excavación de la Galería y a que el sostenimiento aplicado sea el Tipo ID con contrabóveda.

Los valores máximos alcanzados en las distintas litologías se resumen en la tabla 4.

También es destacable la deformación diferida que se ha observado, con velocidades del orden de 1 mm/mes, en varias secciones de la formación San Pedro. Esta deformación se ha mantenido a lo largo del tiempo y ha hecho necesario el mantenimiento de las lecturas en la galería con una frecuencia de una lectura mensual, hasta el momento actual.

Con relación a la colocación de extensómetros, éstos se han colocado en todas las formaciones excavadas que a priori se preveían con peor comportamiento geotécnico:

*The greatest movement detected in this formation, and associated with a fault area, reached 157 mm between the side walls.*

*The final five convergence sections are set within the excavated area of the Formigoso formation. In these shaley areas, the recorded movements were generally lower than in the San Pedro formation. This was probably due to the proximity of the final excavation front of the tunnel and to the fact that this area had Type ID support with inverted vault.*

*The maximum values reached in the different rock formations was as table 4.*

*The differed deformation recorded was also of note, with rates of around 1 mm/month in various sections of the San Pedro formation. This movement remained throughout and it has been necessary to take continuous monthly readings right up to the present date.*

Tabla 4/Table 4

	La Vid pizarroso La Vid - shale	La Vid calcáreo La Vid - limestone	San Pedro San Pedro
Estación/Station	23	41	57
Máx. despl./Max. mov. (mm)	39,75	17,1	157
Cobertera/Cover (m)	187	233	301

1. PK 0+081,5: pizarras de Valporquero, Grupo La Vid.
2. PK 0+568: pizarras y calizas del Grupo La Vid.
3. PK 1+360: pizarras y areniscas del miembro intermedio de la Formación San Pedro.
4. PK 1+684: pizarras y areniscas del miembro intermedio de la Formación San Pedro.

De los resultados obtenidos tan solo señalar la sección instrumentada número 4, en la que el extensómetro del hastial derecho presenta un movimiento residual insignificante. El resto de extensómetros colocados se encuentran estables.

A la vista de los valores de deformación obtenidos en la formación San Pedro, citados anteriormente, se decidió ejecutar una serie de refuerzos en las zonas de influencia de las secciones que marcaban dichos registros, de forma que se consiguiese estabilizar la deformación. Los refuerzos que se aplicaron en la galería han sido, básicamente, los siguientes tipos:

- Capas adicionales de hormigón proyectado
- Densificado de la malla de bulones con:
  - bulones de 6 metros, en malla de 2 x 2 m
  - bulones de 9 m en 3 filas por hastial
  - bulones de 12 m en hastiales y/o solera
- Recrecido de solera
- Ejecución de contrabóveda

Con la ejecución de los refuerzos en estas secciones se ha observado el descenso de la velocidad de deformación de forma acusada, tal y como se expone a continuación:

Estación	Velocidad antes	Velocidad después
53	8 mm/día	0,4 mm/día
55	5 mm/día	0,7 mm/día
69	6 mm/día	0,6 mm/día

Entre las conclusiones que se han obtenido de la auscultación debemos señalar:

- La nivelación de la solera ha marcado, en aquellas zonas de peor calidad geotécnica, la necesidad de refuerzos en solera o aplicación de contrabóvedas curvas.

*With regards to the placing of the extensometers, these were set in all excavated formations where poor geotechnical behaviour was envisaged:*

1. 0+081.5: Valporquero shales, La Vid Group.
2. 0+568: shales and limestone of the La Vid Group
3. 1+360: shale and sandstone in the intermediate layer of the San Pedro formation.
4. 1+684: shale and sandstone in the intermediate layer of the San Pedro formation.

*From the results obtained it is only necessary to refer to that of instrument section number 4 where the extensometer on the right wall showed negligible residual movement. All the other extensometers remained stable.*

*In view of the deformation values obtained in the San Pedro formation, it was decided to add a number of reinforcements in the areas of influence of the sections recording these deformations in order to stabilize the same. The following types of reinforcement were applied to the tunnel:*

- Additional layers of shotcrete
- Denser rock bolt meshing with:
  - 6 metre rock bolts, in 2 x 2 m mesh
  - 9 metre rock bolts in three rows per wall
  - 12 metre rock bolts in walls and/or base
- Deepening of base
- Construction of inverted vault

*On introducing these reinforcements in these sections, there was an acute drop in the rate of deformation, as may be seen below:*

Station	Previous rate	Subsequent rate
53	8 mm/day	0,4 mm/day
55	5 mm/day	0,7 mm/day
69	6 mm/day	0,6 mm/day

*The conclusions gained from the auscultation show:*

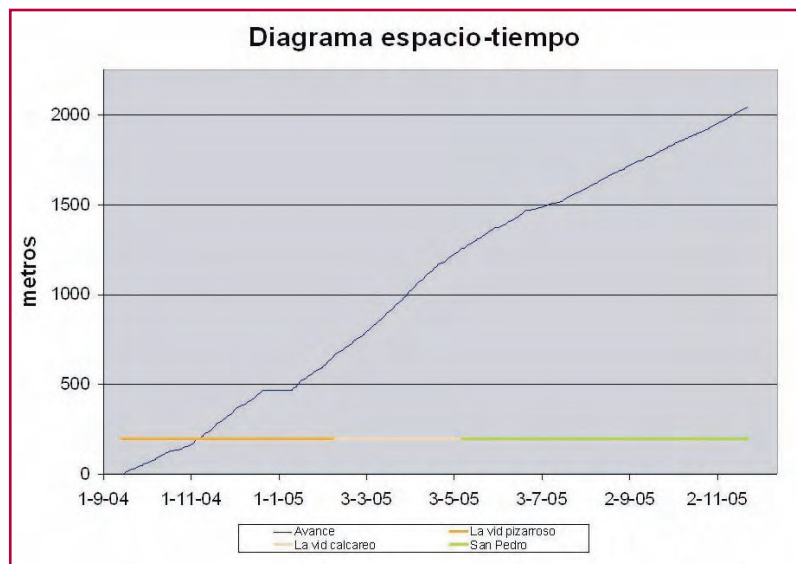
- *The levelling of tunnel floors in areas of poorer geotechnical quality, makes it necessary to employ base reinforcement or the installation of curved inverted vaults.*



Fig. 15. Refuerzo mediante bulones autoperforantes de 9 m en la base de los hastiales de la galería/Reinforcement with 9 metre self-drilling rock bolts at the base of the tunnel walls..

- Los extensómetros de varillas han sido los elementos de más difícil interpretación, y por tanto han suministrado menos información de cara al análisis del estado tensodeformacional del terreno. Esto se explica por el necesario retraso de la instalación de los extensómetros en relación al momento de la excavación de la sección, detectando únicamente los movimientos residuales.
- Los métodos ópticos han demostrado su fiabilidad para la lectura de secciones de convergencias, permitiendo unos rendimientos elevados y sin interferencias con los trabajos desarrollados, complementando las lecturas con cinta. Se hace necesario para ello la utilización de equipos automatizados de muy alta precisión. De esta forma se han conseguido lecturas muy tempranas, evitando pérdida de información referente al primer momento de deformación.
- La auscultación de la galería de Folledo se ha mostrado como una herramienta de especial importancia para el desarrollo de los trabajos, dado

- *The bar extensometers have been the most difficult elements to interpret and have, subsequently, provided less information for the stress-strain analysis of the ground. This may be explained by the necessary delayed installation of the extensometers following the excavation of the section and the fact that these only then detected residual movement.*
- *The optical methods have demonstrated their reliability for the reading of convergence sections. These providing high performance readings without interfering with the work and further supplemented by tape readings. It is subsequently necessary to employ very high precision automated equipment which provides very early readings and prevents any loss of information regarding initial deformation.*
- *The auscultation of the Folledo access adit has proved to be a particularly important tool for the development of the work as it has enabled the optimization of supports and established the*



que ha permitido la optimización de los sostenimientos, estableciendo los refuerzos necesarios en las zonas más exigidas, aplicándose sucesivamente en función de las deformaciones alcanzadas.

Fig. 16. Gráfico de avances/Rate of advance.

## 6. Entronque con los túneles de línea

### 6.1. Rendimientos alcanzados

La ejecución de la galería comenzó una vez finalizados los trabajos de excavación y sostenimiento del emboquille de acceso, el día 13 de septiembre de 2004. La excavación de los 2.021 m se finalizó el 24 de noviembre de 2005, lo que da un rendimiento de 140 m/mes. En la figura 16 se muestra el gráfico de avance en función de los litotipos geológicos atravesados.

### 6.2. Caverna de entronque

El tramo final de la galería, que supone el entronque con los túneles de línea, se ha excavado a lo largo del mes de octubre de 2006. En el punto de entronque se ha excavado una caverna en la que se están llevando a cabo trabajos de revisión de las ruedas de corte de las dos tuneladoras que llegan a este punto desde La Pola de Gordón. Para ello, en la caverna se han replanteado las zonas de llegada de la máquina y se ha modificado el bulonaje en dichas zonas sustituyendo los bulones super-swelllex por bulones de fibra de vidrio que puedan ser excavados fácilmente por las tuneladoras. Además, se han excavado unos nichos de entrada pa-

Fig. 17. Punto de entronque de la TBM del túnel Oeste en la caverna de Folledo/Longitudinal section and plan of the connection between the Folledo access adit and the railway tunnels..



reinforcement necessary in the most stressed areas. This system having been successively applied in accordance with the deformations recorded.

## 6. Connection with the main railway tunnels

### 6.1. Performance

Work on the access adit began on the completion of the excavation and support work to the tunnel entrance on 13 September 2004. The excavation of the 2021 metre access tunnel was completed on 24 November 2005, giving an average performance of 140 metres per month. Figure 16 shows a chart of the rate of advance in accordance with the geological rock formations that were crossed.

### 6.2. Connection Cavern

The final section of the access adit, connecting with the railway tunnels, was excavated throughout October 2006. A cavern was excavated at the breakthrough point between the tunnels to carry out inspection work of the cutting wheels of the two TBMs that had reached this point from La Pola de Gordón. As such, the arrival areas of the machines was laid out in the cavern and in these areas the superswelllex rock bolts were replaced by glassfibre pins which could be easily excavated by the TBMs. A number of entrance

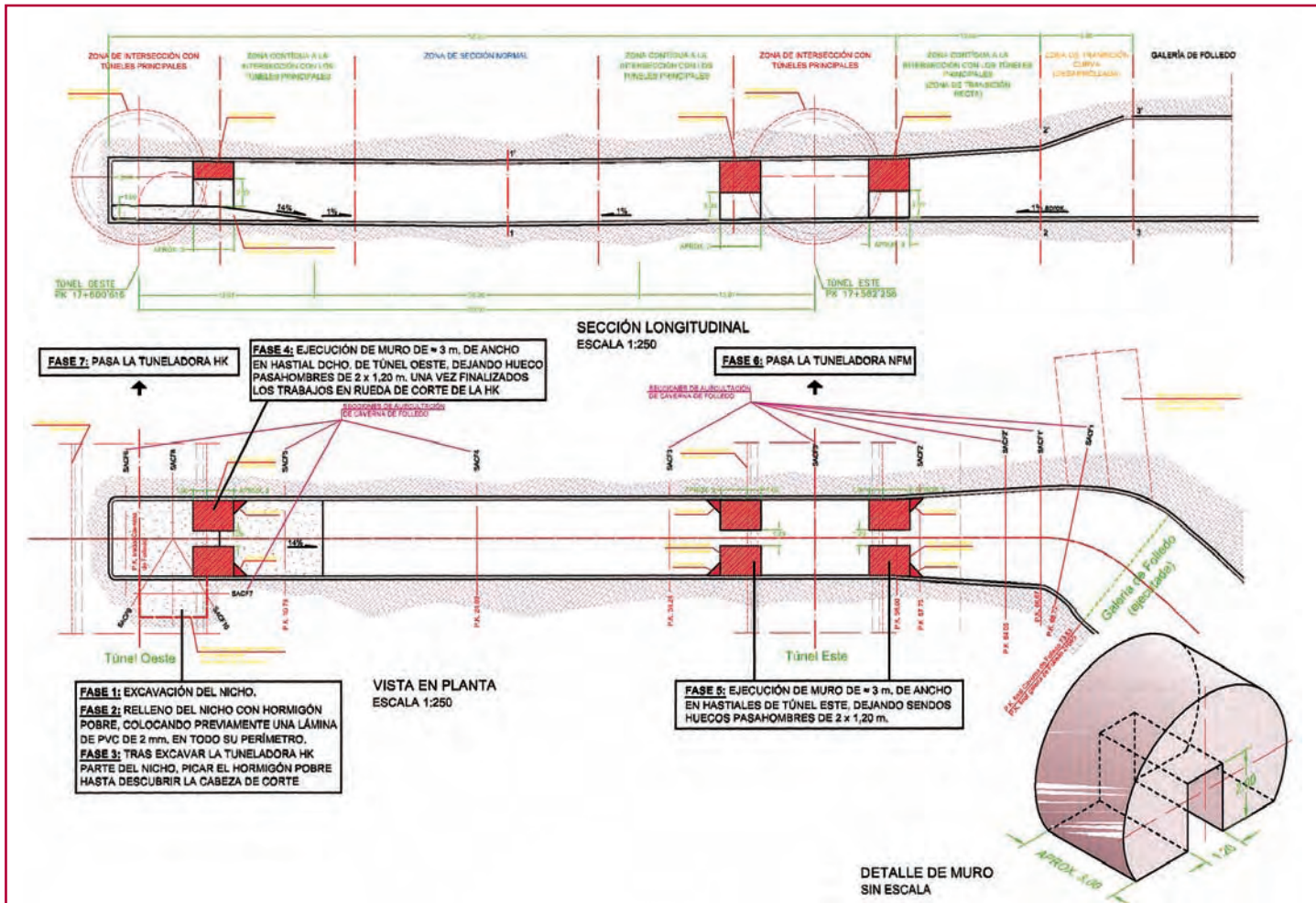


Fig.18. Planta y perfil longitudinal del entronque de la galería de Folledo con los Túneles de línea/Breakthrough point in the Folledo cavern by the TBM on the West tunnel.

ra la rueda de corte y se han macizado con hormigón en masa, con el objetivo de garantizar en todo momento la estabilidad del punto de entronque entre ambas excavaciones. El esquema del entronque es el que se puede ver en la figura número 18.

Este entronque intermedio ha servido también para comprobar el error de guiado de las máquinas. Se ha comprobado que la diferencia entre el eje teórico del trazado de cada túnel y el eje real de la excavación es menor de 5 centímetros, lo que constituye un éxito rotundo y demuestra el buen trabajo realizado en la materialización de los trazados teóricos de los 2 túneles de línea y de la galería de Folledo.

### 6.3. Conclusiones

La ejecución de la galería de acceso intermedio de Folledo se ha realizado de acuerdo a los criterios de seguridad, calidad y respeto al medio ambiente que

recesses were also excavated for the cutting wheel and were shored by plain concrete in order to guarantee the stability of the connection point between both bores. The connection layout is shown below in figure 18.

This intermediate connection has also served to monitor the error in the guiding of the machines. The difference between the theoretical centreline of the alignment for each tunnel and the real centreline of the excavation was less than 5 centimetre which is an outstanding success and demonstrates the precision work carried out in the driving of the two railway tunnels and the Folledo access adit.

### 6.3. Conclusions

The construction of the Folledo intermediate access tunnel was carried out in accordance with the safety, quality and environmental criteria

establece ADIF en la ejecución de todas sus obras. Se han obtenido unos rendimientos muy notables con un valor medio de 140 m/mes.

La ejecución de esta galería ha permitido un mayor conocimiento de la geología del macizo, a una escala real, aportando una información valiosísima relativa al comportamiento deformacional de las formaciones atravesadas.

Además, esta galería, que en proyecto se definía como un acceso destinado únicamente a la fase de construcción, podrá ser empleada en la fase de explotación como vía de emergencia comunicada directamente con el exterior.

### Agradecimientos

Los autores quieren expresar su reconocimiento a todos los técnicos y los trabajadores involucrados en la ejecución de la galería de Folledo, tanto de la UTE FCC-ACCIONA como de la asistencia técnica, pues con su dedicación y profesionalidad han logrado que la obra se ejecutase con seguridad, calidad y unos rendimientos excepcionales. ♦

*established by ADIF in the construction of all their works. Very high advance rates have been achieved in this tunnel with an average progress of 140 metres per month.*

*The construction of this adit has provided greater knowledge of the geology of the massif, at real scale, and has given very valuable information regarding the deformation behaviour of the crossed formations.*

*Furthermore, this adit, initially designed purely as an access during the construction stage, could well be employed during the operating stage as an emergency route directly connecting with the outside.*

### Acknowledgements

*The authors wish to express their acknowledgement to all the technicians and workers involved in the Folledo adit work, both at UTE-FCC-ACCIONA and the technical assistance department. Their dedication and professionalism has ensured that the work has been completed with safety, quality and at an exceptional rate. ♦*

#### Referencias/References:

-MORENO TALLÓN, ELÍAS. 1995. "Aplicación de clasificaciones geomecánicas y curvas características". Curso sobre túneles en roca, CEDEX.

-LÓPEZ MARINAS, JUAN MANUEL. 2002. "Geología aplicada a la obra civil", Ed. CIE Inversiones Editoriales Dossat 2000.

-RODRÍGUEZ ORTIZ, JOSÉ MARÍA. 1995. "Diseño de Túneles en roca" Curso sobre túneles en roca, CEDEX.

-Ministerio Fomento (2003). "Proyecto Básico de los Túneles de Pajares."

-Ministerio Fomento (2003). "Proyecto y obra de plataforma de la Línea de Alta Velocidad León-Asturias. Tramo: Túneles de Pajares (Lote 1)".

# Pasarela metálica atirantada «Agro» en Arteixo (La Coruña)

A metallic stayed footbridge «Agro» in Arteixo, (La Coruña), Spain

**Antonio González Serrano.** Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

*Proyectista y Director de Obra. proxectos@auna.com*

**Julio Besiga Díaz Blanco.** Arquitecto

*Colaborador. julio@besiga.es*

**Resumen:** En este artículo se expone el proyecto y la construcción de una pasarela metálica atirantada excéntricamente ubicada en Arteixo, en la Provincia de La Coruña.

La pasarela, conocida por «Agro», tiene un tablero metálico con planta en forma de "S" suave, con 160 metros de desarrollo, sin juntas de dilatación. Las rampas extremas están apoyadas en pilares excéntricos. El tramo central se suspende excéntricamente de una pila inclinada esbelta. La geometría de los tirantes es en doble arpa simétrica.

La sección transversal del tablero, que es constante a lo largo de toda la pasarela, está formada por un tubo de acero del que parten unas ménsulas metálicas de canto variable, unidas en su otro extremo por otro tubo de menor diámetro. En las zonas más solicitadas se han dispuesto diagonales tubulares de pequeño diámetro.

El pavimento de madera, que es más estrecho que el propio tablero dejando sendos espacios vacíos a ambos lados, está formado por una madera de IPÉ, de gran compacidad y alta densidad.

La geometría del tablero responde al concepto de diseñar una espina de pez ligera y resistente, a la que se sobrepone la plataforma pisable formada por madera de IPÉ. La ligereza y esbeltez alcanzada sólo se puede superar con estructuras con tipología en banda tesa.

**Palabras Clave:** Pasarela peatonal, Acero, Torsión, Atirantamiento, Estética, Ligereza, Estructura, Diseño, Construcción

**Abstract:** The article explains the design and construction of an eccentrically stayed footbridge situated in Arteixo, La Coruña, Spain.

The footbridge, known as "Agro", has a steel deck with a smooth "S" shaped design in plant, 160 meters long, without expansion joints. The extreme access ramps are supported in eccentric pillars. The central span is suspended from a set of eccentric ties, with a double harp form, extended from one edge of the deck up to the inclined metallic slender pylon.

The deck is 3 meters wide, and maintains the same cross section throughout all the footbridge, it is composed of a steel tube with metallic cantilever beams, of variable depth, joined at the other edge to a small metallic tube. Metallic diagonals were arranged in zones with greater transversal moments.

The wood pavement, which is narrower than the board, leaves individual empty spaces at both sides, it is of ipe wood, that is very compact and has a high density.

The lightness and slenderness of the board can only be reached with structures of stress ribbon typology.

**Keywords:** Footbridge, Steel, Torsion, Space, Stayed, Aesthetic, Light, Structural concepts, Planning, Construction

## Bases del Proyecto

La pasarela peatonal metálica atirantada «Agro» se construyó durante el año 2006 en la rotonda de O Seixedo, en el término municipal de Arteixo, en la provincia de La Coruña. Esta rotonda es un nudo de comunica-

ción importante en el que concurren cinco viales que tienen una intensidad de tráfico muy elevada, con origen y destino en el núcleo de Arteixo, Carballo, a Costa da Morte, el Polígono de Sabón y, en un futuro no muy lejano, el puerto Exterior de La Coruña, con importante movimiento de mercancías y tráfico pesado.



Ejecución del estribo lado Arteixo sobre el cauce fluvial.

La pasarela surge para eliminar la barrera física que existía y que imposibilitaba una circulación peatonal segura, dando continuidad a unos recorridos peatonales necesarios sobre el acceso a la autovía A52.

El proyecto se hizo para dar continuidad al trazado peatonal necesario con una estructura singular que sirviese de enlace visual entre las zonas a unir, diseñando, al mismo tiempo, un elemento de referencia que enmarcase la entrada al Ayuntamiento de Arteixo, convirtiéndola en un hito visual singular.

Como era de esperar, los condicionantes existentes en la zona determinaron el diseño de la pasarela.

La ubicación de la Pasarela estuvo, por lo tanto, condicionada por la ausencia de grandes espacios

Cimentación micropilotada de la pila central y contratirante. Pieza de anclaje de la pila en cemento.



libres, porque las áreas supuestamente vacías eran espacios ya consolidados. La aparente amplitud inicial de la superficie era totalmente engañosa.

Por otro lado, la pasarela se posicionó, en el lado Arteixo, sobre el cauce fluvial que constituye la cabecera de un embalse que suministra agua al Polígono de Sabón. La utilización de esta parcela era prácticamente inviable al no poder apoyar la estructura en esta zona. En el lado opuesto, la existencia de una parcela pública permitió desarrollar la otra rampa de acceso, aunque con reducida longitud, lo que condicionó el trazado final de la misma.

La situación y los arranques de la pasarela se diseñaron para provocar en el peatón un acercamiento visual a la obra creada, produciendo una primera toma de contacto previa a su utilización, lo que proporciona una visión del recorrido a realizar. Todo ello se enfatiza con la disposición de luminarias en los extremos, para aportar una referencia visual permanente del inicio y del fin del trayecto.

La curvatura continua de la pasarela nos acompaña permanentemente en su recorrido, creando un nexo de unión entre la subida y la bajada. La pila central es el hito de referencia, el elemento más visible y la cofa permanente de las visiones lejanas de la obra; mientras que los tirantes contrapesan una aparente "inestabilidad" de la misma.

La sencillez de los elementos empleados permite una clara lectura de la estructura. Un tablero estructural en forma de espina que se apoya o se suspende según el área que sobrevuela: el espacio libre o la calzada. Y a este esqueleto estructural se sobrepone la piel, un tablero de madera que se independiza de la estructura, de forma que el aire fluye entre sus poros. El pavimento, en madera de IPÉ, colabora a diferenciar la piel del esqueleto. Las tablas de madera, de 100 x 22 mm, dispuestas en sentido transversal, ranuradas, mejoran la adherencia del pavimento.

La barandilla metálica constituye el remate final de la idea, con un diseño de extrema ligereza, realizado con un material diferente, el acero inoxidable, sin querer quitar protagonismo a la elevada esbeltez del tablero, que sólo es superada por estructuras con tipología de banda tesa. El pasamanos potencia la linealidad de la pasarela, mientras que los montantes verticales marcan el ritmo, acercándonos a la escala humana. El diseño de la barandilla en el lado interno difiere del realizado en el lado ex-



Montaje de la pila central.

terno de la pasarela, para alejar al peatón del borde al existir menor resguardo en este lado.

Se ha proyectado una iluminación para enmarcar los elementos estructurales verticales: la pila central, pilares, estribos, y tirantes, de forma que resalten el alzado de la pasarela. Además se ha dispuesto una iluminación enrasada en el tablero mediante leds empotrados de forma que, en la visión nocturna, enmarque el recorrido zigzagueante.

La inauguración se realizó por parte del Ayuntamiento de Arteixo, el 14.01.07, no faltando nada, ya que hubo parabienes, felicitaciones, banda de música, ágape incluido y fuegos artificiales.

### Tipología estructural

La pasarela peatonal atirantada « Agro », de 160 metros de longitud, se diseñó sin juntas de dilatación, estando formada por dos vanos de 17,50 metros a ca-

da lado y un tramo central de 60,00 metros que sobrevuela el acceso a la autopista. La planta tiene la geometría de una "S" suave, compuesta por tres radios de curvatura diferentes. El radio central es de 55,00 metros, mientras que los radios extremos, que se corresponden con las rampas de acceso, son de 27,50 metros y 275,00 metros respectivamente.

El tramo central, formado por dos vanos continuos, de 60,00 metros de longitud total, tiene un trazado parabólico en alzado, con una relación flecha/luz de 1/32 avo. Cada rampa discurre en dos vanos de 17,50 metros de longitud, con una pendiente uniforme del 10% hasta sobrevolar el borde de la calzada. La tipología definida permite conseguir un gálibo superior a los 5,50 metros en los bordes de la calzada actual.

El tramo central de la pasarela suspendido excentricamente, permitirá construir en el futuro un paso inferior por debajo del mismo, hecho que constituyó una condicionante del proyecto. La tipología de las rampas de acceso es la misma que la del resto de la estructura,



Montaje de un tramo del tablero.

existiendo una coherencia técnica y visual en la solución propuesta.

La suspensión del vano central se realiza mediante 12 tirantes, que partiendo de un borde del tablero van a una pila inclinada ubicada en el eje de la calzada. Los cables entran en la pila a diferentes alturas con un alzado en forma de doble arpa simétrica, de notable belleza.

Cada tirante está formado por tres cordones de 0,6" compuesto, cada uno de ellos, por 7 alambres galvanizados (con una galvanización de 180 gr/m<sup>2</sup>), inyectados con cera petrolera, protegidos con una vaina exterior de un copolímero, polietileno, de color blanco, resistente a los rayos ultravioleta del sol.

La pila central se diseñó inclinada con un ángulo 68° con la horizontal, separándose de la pasarela con la altura. La altura máxima en vertical es de 32,50 metros. Los tirantes acometen a la pila desde la cota + 10,75 metros hasta la cota + 30,00 metros. El equilibrio de la pila en sentido transversal exigió la disposición de un contratirante que partiendo del terreno acomete a la pila a la cota + 22,30 metros.

La pila de sección uniforme está formada por un tubo de 609,6 mm. de diámetro y 14,2 mm de espesor. El tubo, en el tramo inferior de la pila, tiene un espesor de 20 mm.

La sección transversal del tablero es muy simple. El ancho total es de 313,5 cm., estando integrado en esta magnitud la plataforma pisable de 200 cm de



ancho, que deja sendos vacíos a ambos lados de la misma. El pavimento está formado por una madera de IPÉ, caracterizada por su gran compacidad y alta densidad.

La estructura, constante a lo largo de toda la pasarela, está formada por un tubo de acero de 508 mm de diámetro y 16 mm de espesor, al que acometen unas ménsulas de canto variable, formadas por IPE 270 cortados. Las ménsulas están separadas cada 1,667 metros entre sí, es decir, se han dispuesto 3 ménsulas cada 5,00 metros. El canto máximo de las ménsulas, de 210 mm, se produce en el empotramiento con el tubo, y el canto mínimo, de 70 mm, se produce en el extremo del vuelo. El borde de las ménsulas está unido por un tubo de 127 mm de diá-

metro y 10 mm de espesor. La estructura se triangula, rigidizándola transversalmente con tubos de 44,5 mm. de diámetro, en las zonas con esfuerzos horizontales significativos.

Los pilares de la rampa están formados por tubos metálicos de 457,2 mm de diámetro y 20 mm. de espesor. La base de los pilares es un enano tronco cónico de hormigón armado. La base menor es de 750 mm de diámetro y sus generatrices tienen una pendiente del 7,5 %. La cota superior de todos los enanos es la + 0,70.

El estribo en el Lado Coruña es un macizo de hormigón. El estribo en el Lado Arteixo está formado por un elemento de hormigón que está sustentado por tres vigas, a modo de puente pérgola, que van a dos muros de contención de hormigón, de 50 cm. de canto.

Cimbra de la pila desde la que se realizó el tesado.



Diferentes perspectivas de la pasarela.

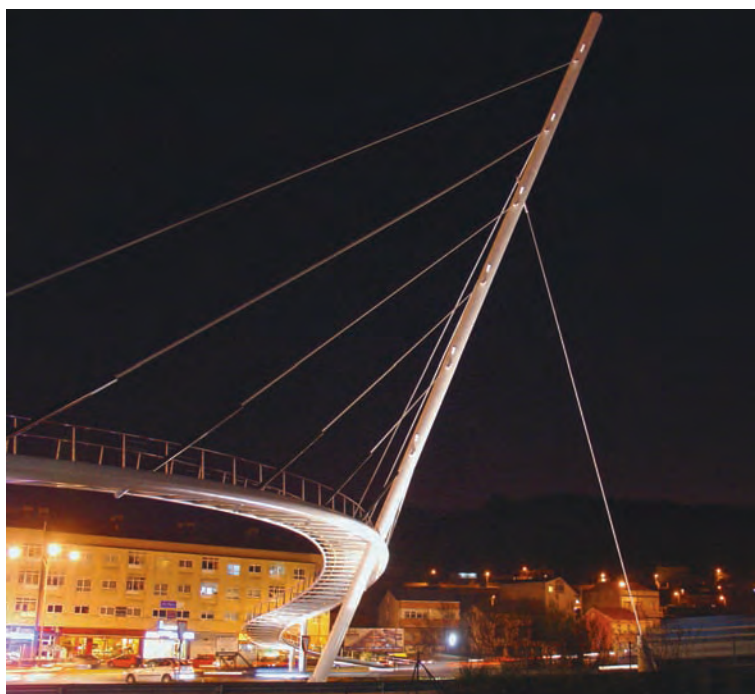




Vistas nocturnas de la pasarela.

El terreno de cimentación, en base a los datos obtenidos del estudio geotécnico, era muy débil en la zona superior, existiendo rellenos antrópicos y lentejones de arena, hasta alcanzar una capa de jabre en la que van apareciendo bolos graníticos inmersos, hasta alcanzar finalmente la roca granítica, con una dureza que aumenta con la profundidad. Se utilizaron micropilotes para cimentar de 150 mm de diámetro armados con una barra Gewi de 40 mm. de diámetro, con doble protección frente a la corrosión de la patente Dywidag. Los pilotes se han calculado para una carga admisible de 24 toneladas, introducidos en el jabre y/o en la roca.

La cimentación de los cuatro pilares metálicos está formada por un encepado de hormigón armado, de 3,40 x 3,40 x 1,20 m, sustentado por 8 micropilotes. La conexión del pilar metálico con el enano de hormigón se realiza a través de una chapa metálica, convenientemente rigidizada, que está anclada con 11 barras Gewi de 40 mm. de diámetro.



La cimentación de la pila y del contratirante se realiza en un encepado central corrido que permite recoger los momentos de eje vertical. El encepado tiene 2,20 metros de ancho, 17,21 m de longitud, y 1,30 m de canto. Este encepado está micropilotado con 12 micropilotes análogos a los descritos. La cimentación se ha diseñado lineal para que pueda quedar embebida en la mediana del futuro paso inferior.

El anclaje de la pila en la cimentación se realiza a través de una pieza metálica análoga a la de los pilares. El contratirante se ancla en la cimentación a través de una pieza formada por chapas metálicas unidas a un tubo. Los estribos, así como la pieza de anclaje de la pasarela en los mismos, son piezas singulares, difíciles de describir.

La obra se puede considerar completa en el sentido que en su diseño hubo que emplear criterios geotécnicos, micropilotes, hormigón armado, acero estructural, tirantes pretensados, pavimento de ma-

dera e iluminación. Merece destacar la singularidad de la estructura, proyectada sin juntas de dilatación y con una elevada esbeltez en el tablero, que está formado por un tubo excéntrico estructural de 508 mm. de diámetro trabajando a torsión, sólo superada por otras estructuras con tipología de banda tesa.

### Reconocimientos

El nombre «Agro» son las iniciales de Antonio González Romero, padre del autor del proyecto, a quien le dedica esta pasarela con un recuerdo imborrable y como homenaje de veneración y agradecimiento.

El autor del proyecto quiere agradecer, además, a Manuel Pose Miñones, Alcalde de Arteixo, la confianza y la fe depositada en el proyecto y en la obra que se iba a realizar, porque supo creer en el futuro. ♦

FICHA TÉCNICA	
<p><b>Autor del Proyecto y Director de Obra.</b> Antonio González Serrano, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos</p> <p><b>Arquitecto Colaborador.</b> Julio Besiga Díaz-Blanco</p> <p><b>Coordinación Seguridad y Salud.</b> Gustavo Flores, Ingeniero de Caminos, Tepril S.L.</p> <p><b>Propiedad.</b> Excmo. Ayuntamiento de Arteixo</p> <p><b>Ingeniero Municipal.</b> Carlota Pita Pita, Ingeniera de Caminos, Canales y Puertos</p> <p><b>Empresa Constructora.</b> UTE «Agro»: María Luisa García Crespo S.L. y Construcciones López Cao S.L.</p> <p><b>Jefe de Obra.</b> Ramón Veiga García.</p> <p><b>Subcontratas.</b> Estructura metálica: Construcciones Metálicas Cymas S.A. Cimentación especial, micropilotes y anclajes: Francisco Mesonero de Ingeniería Geotécnica S.A. Sistema de Pretensado: Mekano4 Topografía: Topovi Control de Calidad de hormigones: José Millán de GalaiControl Control de Calidad del Acero: Yolanda López Rodríguez y GalaiControl Carpintería madera: MLN Galicia 2004 S.L. Acero inoxidable: Funciones Pardo S.L. y Talleres Gabino Iluminación: Montajes Elinte S.L.</p>	<p><b>Resumen de materiales</b></p> <p><b>Cimentación</b></p> <p>Excavación: . . . . . 498 metros cúbicos. Encofrado: . . . . . 700 metros cuadrados. Hormigón: . . . . . 337 metros cúbicos. Acero A.42b: . . . . . 7.743 kilos. Acero B.500.S: . . . . . 20.130 kilos. Micropilotes: . . . . . 1.154,50 m.l.</p> <p><b>Pasarela</b></p> <p>Acero A.42 b: . . . . . 55.575 kilos. Madera de IPÉ: . . . . . 260,00 m cuadrados. Barandilla metálica: . . . . . 317,00 metros lineales.</p> <p><b>Tirantes</b></p> <p>Tirantes de 3 cordones de 0,6": . . . . .12 ud Contratirante de 3 cordones de 0,6": . . .1 ud Capots de protección: . . . . .26 ud Protecciones antivandálicas: . . . . .12 ud</p> <p><b>Presupuesto:</b> . . . . .726.00 Euros</p>

# La compañía de los ferrocarriles de Medina del Campo a Zamora, y luego de Orense a Vigo como concesionaria y explotadora. Primera etapa 1862–1929

## Segunda parte: 1880 a 1929

The MZOV (Medina del Campo to Zamora and Orense to Vigo) railway company and operator. First stage 1862-1929. Second part. 1880 to 1929

(Ver Resumen y Palabras Clave de la Primera parte del artículo, publicado en el nº 3.473, de enero 2007)

En la Gaceta de 7 Agosto 1879 se publicó el Decreto de prórroga de la concesión.

Por el Consejo se trabaja en la modificación de los Estatutos de la Compañía para recoger las cláusulas del convenio con la S.C.G. de C. y acogerse a la Ley de 19 de Octubre de 1869 J finalmente, en Junta General de Accionistas celebrada el 4 de Enero de 1880 se tomaron los acuerdos de:

*PRIMERO.- Acogerse a la Ley de 19 de Octubre de 1869 y sometiéndose al vigente Código de Comercio.*

*SEGUNDO.- Modificar el capital de la Compañía fijándolo en 35 millones de pesetas, representado por 70.000 acciones al portador de 500 ptas. cada una, estimadas en igual número de francos.*

*TERCERO.- Aprobar los nuevos Estatutos de la Compañía.*

De estos acuerdos se protocolizó la oportuna Escritura de reorganización ante D. Eulogio Barbero y Quintero, Secretario Honorario de S.M., Notario del Ilustre Colegio de la Corte, en 4 de Febrero de 1880 requisito indispensable para poder actuar con entera legalidad según exigía la Real orden de 24 de Enero de 1880 que aprobó los acuerdos de la Junta General entre los que figura el de la retribución de 7.500 ptas. anuales el Presidente del Consejo de la Compañía, 5.000 el Vicepresidente y 4.000 cada uno de los Vocales.

Se admite la renuncia de D. Antonio Cantero del cargo de Director Gerente y se nombra para tal puesto a D. Luis Rouviere.

En consecuencia, al iniciarse esta nueva etapa de la vida de la Compañía, quedó constituido el Consejo de Administración por las siguientes personas:

Presidente:

Sr. Conde de Canga-Arguelles

Vicepresidente:

D. Antonio Perecaula

Vocales:

D. Juan Coma y Xipell,

Excmo. Sr. D. Ramón Aranáz,

D. José Bros y Raguan,

Excmo. Sr. D. Antonio Cantero,

D. Juan Valls y Cañellas

Excmo. Sr. D. Castor García,

D. Jaime Moré y Boscli,

D. José Maria Gorostidi,

D. José Maria Galí y Vancella,

D. Manuel del Palacio,

D. Antonio Borrell y Folch,

D. Ramón Muns

D. Jaime Armet

D. Joaquín Prats Roqxier

D. Ramón Torente

Director Gerente:

D. Luís Rouviere

Secretario General:

D. Pedro Armengol y Cornet

El 25 de Octubre de 1880 tuvo lugar en Barcelona la Junta General Ordinaria y Extraordinaria de Accionistas a los que se dio cuenta detallada de todos y

cada uno de los problemas y situaciones que tuvieron que ser sorteados, aprobándose por unanimidad los acuerdos tomados.

Según las prescripciones del Gobierno, los carriles de la vía debían ser de hierro, pues al tiempo de establecerse la concesión no se empleaban los de acero. Sin embargo se estimó por el Consejo de la Compañía, que era más conveniente colocarlos de acero como así se hizo previa obtención de la autorización administrativa necesaria.

Se montaron talleres en Vigo y se inauguró el trayecto Nieves-Arbo.

Se autorizó al Consejo para obtener el traspaso de la concesión del ferrocarril Guillarey-Miño que había sido otorgada por el Gobierno a D. Ramón Aranáz y D. Luis Rouviere, por subasta efectuada el 12 de Agosto de 1880. También se aprobó gestionar la concesión para construir el Puente Internacional sobre el Miño.

El Consejo también fue autorizado para que, bien por concesión directa, por concurso, subasta ó traspaso, obtenga la concesión del ferrocarril de Orense a Monforte.

Finalizado el año 1880, tan pródigo en acontecimientos para la Compañía y en los primeros meses del 1.881, se hallaba abierta a la explotación la totalidad de la línea Orense-Vigo con 132 Km. de recorrido, y se habían obtenido las concesiones de las ramales Guillarey-Miño y la de Redondela-Pontevedra.

También se habían obtenido subvenciones de Pontevedra, Redondela y Vigo, bien como aportaciones en metálico o en terrenos y también colocando a la par determinado número de acciones de la Compañía.

Ligado el ramal Orense-Vigo con Pontevedra por un lado, y con la derivación Guillarey-Miño, urgía darle la indispensable salida Orense-Monforte para su entronque con la línea León-Coruña perteneciente a la Red Asturias-Galicia y León; por esta causa realizáronse gestiones encaminadas a conseguir del Gobierno la subasta de dicho tramo y a ser posible obtener ventajas en la licitación del mismo.

Pero es en esta época cuando la consideración del aislamiento de la línea Medina-Zamora induce, para conseguir su debido y esperado rendimiento, a proyectar por un lado la comunicación Zamora-Astorga y por otro el enlace directo Orense-Zamora y así, en la Memoria leída a la Junta General Ordinaria y Extraordinaria de la Compañía celebrada en Barcelona el 18 de Junio de 1881, se dice:

*"... el Consejo tiene también en estudio el procurar el enlace directo de Orense con Zamora, sin embargo de que este punto exige tanteos y cálculos que hoy por hoy no permiten formular una idea concreta; si el resultado de estos trabajos responde perfectamente a lo que se tiene presentido, el Consejo vendrá mas tarde a la Junta General a pedir lo que pueda ser mas conveniente para alcanzar la obtención de una línea que con una extensión aproximada de 250 km. ahorrará unos 200 del recorrido desde Vigo al centro de Castilla."*

Es en estas fechas, por lo tanto, cuando se vuelve a recordar este proyecto que tanta importancia tuvo para la Compañía.

En esta reunión se tomó el acuerdo de solicitar la subasta del tramo Zamora-Astorga y obtener su concesión. También se acuerda reformar los Estatutos en cuanto se refiere a los Arts. 22, 30, 37, 44 y 50 referentes a cuestiones de régimen y atribuciones de las Juntas y Gerencia.

El 18 de Febrero de 1882 tuvo lugar en Barcelona una Junta General Extraordinaria de Accionistas, tomándose los siguientes acuerdos:

*1º.- Aumento del capitán social hasta 52.500.000 ptas con la emisión de 35.000 acciones de 500 ptas modificándose en consecuencia el Arto 6º, de los Estatutos.*

*2º.- Conceder a los accionistas entonces existentes el derecho a (realizar) retirar dichas 35.000 acciones de forma que por cada dos antiguas pueda adquirirse una de las de nueva emisión al 45% de su valor nominal, pagando su importe en tres plazos de 75 ptas.*

*3º.- Aprobar un seguro estipulado con la Sociedad Catalana General de Crédito que se comprometió a quedarse con 30.000 de las 35.000 nuevas acciones al 50% de su importe y una comisión de 10 ptas. por acción.*

Se trabajaba con intensidad en el ramal Guillarey-Miño y en el Redondela-Pontevedra.

El director Gerente D. Luis Rouviere cesó a petición propia para pasar a otra Empresa, siendo sustituido por el Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos D. Ricardo Catarineu y Olarria.

Es nombrado en la vacante producida por fallecimiento de D. Ramón Muns el Jurisconsulto D. Juan Fe-

derico Muntadas Vilardell y quedan sin cubrir otras otras vacantes, la de D. Ramón Torent y D. Joaquín Prats.

El Puente Internacional sobre el Miño estaba construyéndose por una empresa extranjera y se esperaba para breve plazo el enlace con los ferrocarriles portugueses.

Se obtuvo la adjudicación de las obras de la línea Monforte-Orense en condiciones beneficiosas. Parte de las obras de explanación habían sido ya ejecutadas por cuenta del Estado sin que su importe fuese cargado a la concesión.

En Mayo 1883 fueron nombrados los Vocales D. Francisco de Sales Jaumar y D. Higinio Rivera.

Se estaban obteniendo resultados beneficiosos en las dos líneas que la Compañía tenía en explotación.

En el año 1883 fue mayor el producto del tramo Orense-Vigo que la aislada línea de Medina-Zamora. Esta produjo 616.958 ptas. y aquella 1.112.738. Otra característica que presenta la comparación de ambos ferrocarriles es que en la línea Zamora-Medina predomina la "pequeña velocidad" sobre "viajeros" mientras que en la de Orense-Vigo domina considerablemente el importe por viajeros sobre pequeña velocidad.

El 1 de Enero de 1884 fue inaugurada la línea Guillerey-Puente Internacional que no obstante quedaba interrumpida en éste hasta que fuese terminada su construcción.

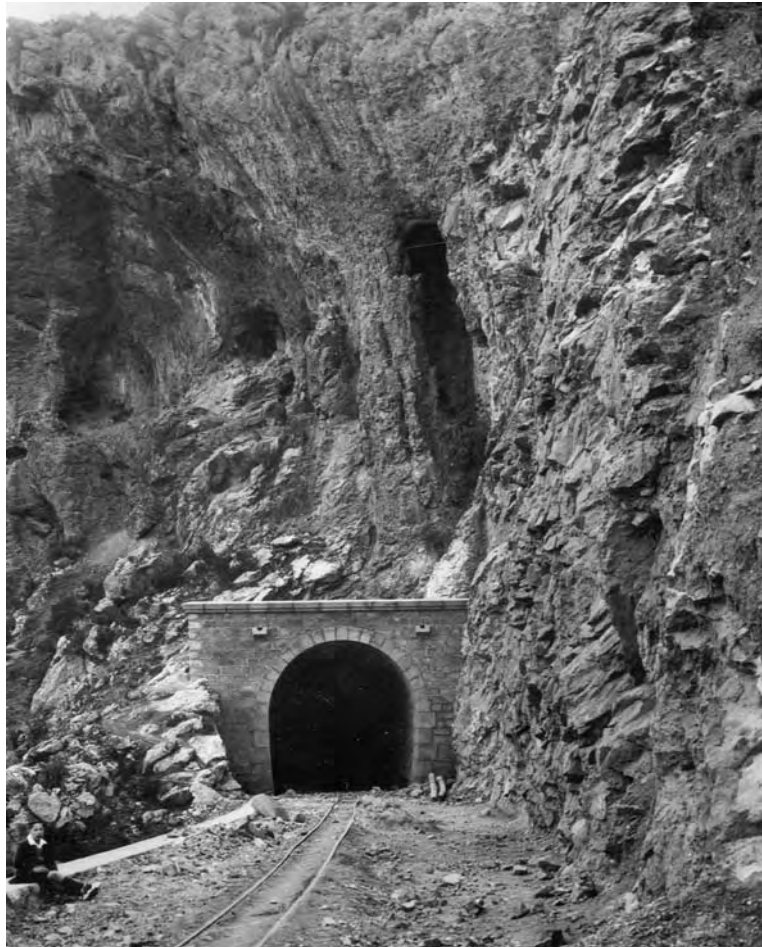
También el 16 de Mayo de este año fue abierto al público el ramal de Redondela a Pontevedra y se proseguía trabajando con celeridad en el ramal Orense-Monforte.

Se había obtenido la concesión para la construcción de un muelle en el puerto de Vigo que había de enlazar con la estación del ferrocarril, y se iniciaron inmediatamente los trabajos en 1884.

Sin embargo no faltaban los obstáculos. Durante todo el año 1885 hubo que mantener brigadas de reparación del túnel de los Valos que operaban sin interrumpir el paso de trenes.

Se menciona en la Memoria correspondiente a ese año el temor a la propagación de la epidemia, de cólera, que había aparecido en Francia, y que luego se extendió por Valencia, Murcia y Madrid aterrorizando a la Nación.

Conocido es que extendida la epidemia a Aranjuez, el Rey, a quien hubo de impedir Cánovas el traslado a Murcia como era su intención, se presentó en Aranjuez sin consentimiento del Gobierno, visitando a



Túnel de Santoliña.

los coléricos. El regreso del Monarca a Madrid aquella noche del 2 de Julio de 1885 fue apoteósico.

Si 25 de Noviembre de dicho año, en el Pardo, falleció el Monarca.

Al morir Alfonso XII se abre el periodo de regencia de su viuda D<sup>a</sup>. María Cristina de Austria que duró hasta 17 de Mayo de 1.902 en que Alfonso XII prestó en el Palacio del Congreso de los Diputados el juramento constitucional.

Fueron estos 17 años de amplia y profunda actividad política. Grandes tribunos y sagaces hombres públicos representaron las tres tendencias en pugna. Los conservadores con Cánovas, Romero Robledo, Silvela, Dato, Ganet, etc. Los liberales con Sagasta, Moret, Montero Ríos, Paos, Gamazo, Maura, etc. y finalmente los republicanos de Ruiz Zorrilla.

Muestra de la preocupación de este período fueron al Ley de Asociaciones (30 Junio 1887) la del Jurado (20 Abril 1880) la de lo Contencioso-administrativo (13 Septiembre 1888) Código Civil (11 y 26 Mayo 1889)

y la Ley electoral de 26 de Junio de 1.890 que proclamó el principio del sufragio universal.

El 15 de Mayo de 1885 se inauguró la sección Orense a Monforte que tanta importancia tenía para la Compañía por ser la salida del grupo Pontevedra-Vigo-Orense hacia la línea, de Coruña y León.

En la Memoria leída a la Junta General Ordinaria de la Compañía que tuvo lugar en Barcelona el 26 de Mayo de 1885 entre los acuerdos cuya aprobación se sometió a dicha Junta figura el de:

*"Facultar al Consejo para solicitar la concesión de una línea que enlazando con la de Medina del Campo a Zamora saque ésta de su aislamiento con provecho de los intereses sociales".*

No obstante este acuerdo fue retirado por el Director Gerente "en nombre del Consejo Administrativo".

Se inicia así una gravísima crisis que dividió el Consejo en dos grupos antagónicos.

Un primer grupo mayoritario, acotado quizá en su lucha con la Administración, agobiado por las exigencias de los obligacionistas y apremiado por los acreedores de la Compañía, no sintiéndose con arrestos para proseguir la lucha redacta una "Memoria justificativa de los antecedentes, motivos y fundamentos del proyecto de contrato de explotación y cesión en su día a la Compañía del Norte de España de las líneas de que es concesionaria la de Medina del Campo a Zamora y de Orense a Vigo, publicada por el Consejo de Administración de esta última para conocimiento de sus accionistas".

En esta Memoria se explica que terminada la construcción de las líneas de que es concesionaria la Compañía y puestas en explotación, los que la suscriben consideran que solo un contrato de explotación y promesa de traspaso de las líneas a la Compañía del Norte puede remediar la catastrófica situación económica.

Se insiste para establecer que este es el ÚNICO medio existente para salir del atasco y se asegura que el Consejo ha discutido los preliminares y llegado a un acuerdo con la Compañía del Norte al que sólo falta la sanción de las respectivas Juntas Generales.

La Compañía tiene en ese momento en explotación los ramales de Galicia: Vigo-Monforte; Redondela-Pontevedra, Guillarey-Miño y además el Medina-Zamora con 90 Km. Suman en total 293 Kms.

El capital es de 105.000 acciones de 500 ptas, de las que 8.926 existen en cartera y cuya cotización en

esa fecha es de 750 ptas. por acción. Tiene también 122.000 obligaciones hipotecarias de 500 ptas. al 3% y otras 3.000 autorizadas formando un total de 125.000 que exigen un pago de intereses y amortización de 2.000.000 ptas. anuales.

La cuenta de acreedores pendientes asciende a 4.491.871 ptas. y hay cuatro pleitos en curso y uno fallado por 2.212.500 ptas.

Luego se considera el importe de algunas obras accesorias material móvil a adquirir etc. y se llega a una previsión total de 8.729.371 ptas.

Los acreedores por obras y por material apremian a la Compañía y se intenta por ellos demandas ejecutivas.

Se justifica luego la situación con consideraciones de las que algunas merecen destacarse:

-Las obligaciones, cuyo importe se había estimado en 250 ptas por cada una fueron difícilmente colocadas a 221 perdiéndose con ello 2.961.000 ptas. y esta situación del mercado de valores parece que se agravó con el fallecimiento del Rey D. Alfonso XIII.

- Se acordó "dispendiosamente" repartir intereses a las acciones produciéndose un desembolso de 4.119.800 ptas,
- Por otra parte resultó que los costes supuestos y reales de las líneas fueron muy diferentes:

	Coste supuesto	Coste real	Diferencia
Orense-Vigo	8.000.000	13.736.375	5.736.375
Redondela-Pontevedra	4.620.000	7.272.783	2.652.783
Guillarey-Miño	993.544	1.307.269	313.725

- Las líneas fueron concluidas con retraso debido en parte a obstáculos naturales y en parte a trabas y obstrucciones de tipo gubernamental.
- Por el puente internacional sobre el Miño no se pudo dar paso por retraso en su ejecución y por razones sanitarias (época del Cólera) durante mucho tiempo (año y medio después de la fecha prevista)

Finalmente se expuso un proyecto de contrato para el traspaso de las líneas de la Compañía a la del Norte.

El otro grupo del Consejo de Administración de la Compañía redactó a su vez una "Exposición sucinta



Viaducto  
sobre el Miño.

de los antecedentes, motivos y fundamentos que en contra del proyecto de contrato de explotación y cesión en su día a la Compañía del Norte de España, de las líneas de que es concesionaria la de Medina del Campo a Zamora y de Orense a Vigo, publican D. Jaime Moré y Bosch, Don Juan F. Muntadas y Yilardell, D. José Bros y Raguan y D. Baltasar Ribatallada y Villa individuos del Consejo de Administración de la última, para conocimiento de sus accionistas”.

En esta exposición se dice:

Razones de alta conveniencia para los intereses confiados al Consejo Administrativo de la Compañía de los ferrocarriles de Medina del Campo a Zamora y de Orense a Vigo, reclamaban a nuestro entender, que no se manifestara al público la división surgida en el seno de dicho Consejo, no tanto por efecto de la situación financiera en que se encuentra la Compañía debida principalmente a que el malestar que aflige al comercio de nuestro país se ha dejado sentir o ha trascendido a todas las empresas de índole análoga, como por consecuencia de la pasión con que los partidarios de una solución que conceptuamos ruinosa para los indicados intereses, pretenden defenderla, sin considerar que una mesurada divergencia de pareceres lejos de ser obstáculo, era por el contrario mayor garantía para el acierto de la resolución que va a adoptarse en la Junta general de accionistas convocada para el día 19 del corriente.

Lamentando que así no se haya comprendido, y que el folleto impreso con el título de “Memoria justi-

ficativa de los antecedentes, motivos y fundamentos del proyecto de contrato de explotación y cesión en su día, a la Compañía del Norte de España, de las líneas de que es concesionaria la de Medina del Campo a Zamora y de Orense a Vigo”, sea un verdadero reto que se nos dirige y hemos de aceptar para, que expongamos nuestra opinión en documentos que cual aquél tienen carácter oficioso y son impropios a nuestro juicio de la misión que a todos nos está confiada, hemos de comenzar manifestando que al pretender la mayoría convertir en oficial y publicar dicha Memoria, leyéndola en pleno Consejo y ante la Comisión nombrada, por los señores accionistas en la reunión particular celebrada en los salones del Fomento de la Producción Nacional, la minoría del mismo Consejo se vió ya en la sensible precisión de protestar solemnemente de tal intento, que después se ha llevado a la práctica. No pretendemos la infalibilidad de los más, aun cuando esté todavía por probar que el número sea garantía del acierto, pero no cediendo en buen deseo a los autores del trabajo lanzado a los vientos de la publicidad, nos consideramos en el ineludible deber (ya que la premura del tiempo no nos permite contestar detenidamente al expresado folleto, pensado y redactado disponiendo de mucho espacio y de la reserva en que respecto a ciertos hechos se habían encerrado los autores del impreso para quienes eran perfectamente conocidos), cuando menos de ocuparnos en los capitales argumentos que contiene el folleto, y

*que hábilmente presentados podrían llegar a distraer la atención de los señores accionistas del punto culminante de nuestras aspiraciones, reducidas a esperar de ellos que fallarán con estricta justicia respecto a nuestras convicciones, hijas sinceras del deseo y del afán de salvar sus legítimos intereses, ante los cuales han de enmudecer los particulares de tocios los individuos del Consejo y las cuestiones o diferencias de amor propio, mejor peor entendido, que podrían no ser extrañas a las futuras resoluciones que hayan de adoptarse.*

*De creer es que por estar conforme el Comité de Madrid con nuestra apreciación acerca del procedimiento, no aparecen en el folleto las doce firmas que se habían anunciado a la expresada Comisión de señores accionistas; pero la carencia no ha de obstar para que estampemos aquí las nuestras, desde el momento que consta en actas que ha aceptado la paternidad del impreso que nos ocupa la mayoría del Consejo Administrativo residente en Barcelona, en cuyo nombre aquél se ha publicado.*

*No podemos terminar nuestro premio sin suplicar a todos los interesados en la vida y prosperidad de la Compañía de cuyo Consejo Administrativo formamos parte, que no dejándose deslumbrar por la pompa de los argumentos con que se pretende demostrar, no ya la conveniencia, sino la absoluta necesidad de entregar aquella en cuerpo y alma a brazos de la Compañía del Norte, mediten por sí propios desapasionadamente y sin prestar oídos a recomendaciones, compromisos personales, las bases del convenio pactado por la mayoría del Consejo de la de Medina a Zamora y de Orense a Vigo y estamos persuadidos de que por poca abstracción que hagan de su particular interés en aras del interés común del mayor número reconocerán que nuestra convicción tiene verdadera base, es indudablemente razonable, y que al sostenerla en público no nos guía otra voz ni otro interés que la voz de nuestra conciencia y la salvación de los cuantiosos capitales invertidos en la Empresa que tantos sinsabores nos ha ocasionado, capaces cualquiera de ellos de hacernos abandonar nuestros puestos, si prescindiendo de la expresada guía hubiésemos consultado solamente nuestras particulares conveniencias.*

*Vamos, pues, a ocuparnos con el laconismo que nos reclama el corto tiempo de que podemos disponer, en los principales puntos que abraza el Folleto, Memoria o como quiera llamársele de la mayoría del Consejo Administrativo de la Compañía.*

Seguidamente se critican los proyectos propuestos rebatiendo buchas apreciaciones e incluso censurando la actuación de quienes los redactaron.

No es posible en este lugar entrar en los pormenores y detalles de esta polémica. Señalaremos tan sólo que en esta exposición se puntualiza que los dos Directores Gerentes, Sres. Rouviere y luego Catarineu habían expuesto repetidas veces las notables diferencias que venían observando en los costes de ejecución. Por otra parte se advierte que muchas de las cantidades que en los cálculos de la Memoria comentada se incluyen como a satisfacer en plazo inmediato no tienen tal carácter y pueden esperar momento mas propicio por lo que no deben tenerse en cuenta como deudas o compromisos inaplazables. Finalmente se comenta el proyecto de convenio con la Compañía del Norte llegándose a la conclusión de que significa una entrega sin garantías y además con evidente falta de equidad en perjuicio de M.Z.O.V. y se termina con estos párrafos:

*Lo que conviene que no olviden los Sres accionistas, y se lo recomendamos muy eficazmente, es que a pesar de que la actual situación de la Compañía de Medina y Orense, dista bastante mucho si se quiere, de ser buena, no es tan mala como a primera vista parece resultar de la bola de nieve que de sus desgracias se ha formado.*

*No se asusten ni amilanen, pues, los señores accionistas de Medina y Orense al recuerdo de los tristes vaticinios que se les han hecho si la fusión o proyecto de cesión de sus líneas a la Compañía del Norte sucumbe o no triunfa; desde hace muchos años, desde su origen, que intervenimos, desgraciadamente como verdaderos interesados y víctimas, en las luchas y diferencias que se han suscitado y sostenido entre las Empresas de todos los ferrocarriles de España, sus administrados y acreedores, y con los antecedentes, con la historia a la vista, podemos decir a los señores accionistas: el arreglo, el convenio de vuestros intereses con los de los acreedores hipotecarios, no solo puede ser y será práctico, no solo es posible sin la cesión a la Compañía del Norte, sino que puede ser mejor, mucho mejor que el mejor de todos los convenios que en nuestro Reino se han celebrado entre las Empresas de ferrocarriles y sus acreedores, precisamente en épocas en que la legislación del país no sujetaba, ha a estos en casos análogos como sucede ahora, a la voluntad de las mayorías.*

*No deseamos por ningún concepto que el capital acciones se coloque frente a frente del capital obligaciones; lo que si decimos, sostenemos y repetimos es que anhelamos la armonía el buen acuerdo entre ambas capitales, y ello es muy posible, dada la actual situación de la Compañía, con un poco de buena voluntad por parte de todos, ¡Quiera Dios que inspirándose unos y otros en estas elevadas miras, como procuramos hacerlo los infrascritos, faciliten pronto con su conducta y acuerdo el medio muy posible de salvar tantos intereses comprometidos, y el de evitar las tristes y fatales consecuencias de un proyecto de cesión como el que la mayoría del Consejo ha pactado con la Compañía del Norte de España! Barcelona 16 de Julio de 1.886. Jaime Moré y Bosch, Juan F. Muntadas y Valardell, Baltasar Ribatalada y Villá, José Bros y Ragan.*

La explotación de las líneas de la Compañía en ese año, supuso un producto total de 2.512.744 ptas. frente a un gasto de 1.274.761 lo que representa un beneficio bruto de 1.037.983 ptas es decir, más del 80% del gasto.

Se estableció un acuerdo con el Banco de Préstamos y Descuentos estableciendo un contrato de seguro de todos los préstamos pignoratícios cuyos plazos vencieron durante el tiempo que se invertirá en obtener la aprobación judicial de un nuevo convenio con los obligacionistas, y consecuentemente se presentó la Compañía ante el Juzgado solicitando la declaración de suspensión de pagos que abriese el período legal de adhesiones al nuevo convenio con los obligacionistas

Durante los años 1887 y 1888 la actividad de la Compañía se centró fundamentalmente en la explotación de las líneas y en los trámites para la aprobación del convenio que finalmente fue suscrito y aprobado por sentencia judicial de 28 Julio 1888 redactándose la Escritura de protocolo ante el Notario Sr. Maspons el 19 de Septiembre.

Como consecuencia del mismo fue preciso estudiar la reforma de los Estatutos Sociales en lo necesario para recoger lo convenido. En la preparación de los nuevos Estatutos se hace referencia a las dificultades que presentaba la explotación de unas líneas tan distantes del domicilio social, sin embargo no se varió.

En Junta General celebrada el 8 de Octubre de 1888 en cumplimiento de lo exigido en los artículos 15 y 16 del convenio judicial con los acreedores, se aprobaron las reformas de estatutos y nombramiento de



nuevo Consejo residente en Barcelona y compuesto por las siguientes personas:

Túnel nº 10.  
Boca Zamora.

- D. Juan Federico Muntadas y Vilardell - Abogado - Vicepresidente
- D. Domingo Juan Sanllehy y Alrich - Abogado,
- D. Pablo Sala y Canalda - Abogado
- Ilmo. Sr. D. Joaquín Benet y Amigó - Medico
- D. José Curtils y Arboñes - del Comercio
- Ilmo. Sr. D. Jacobo García de San Pedro y Iranzo, Marqués de Soto Hermoso - Abogado
- D. Pedro de Roselló Puig - Abogado
- D. José Brós y Ragan - Propietario
- D. Antonio Massó y Casañas
- D. José Pons y Constans - del Comercio
- Excmo. Sr. D. Camilo Juliá y Vilasendra - Ingeniero

Fueron introducidas modificaciones y adiciones en los Estatutos por lo que se estimó conveniente someter a aprobación de la Junta la totalidad de los mismos quedando provocolizado por medio de la oportuna Escritura en Barcelona el 10 de Mayo de 1889 ante el Notario D. Francisco de Sales Maspons y Labros.

En 1890 se inicia un largo periodo en el que la actividad de la Compañía se concentra en la explotación de sus líneas. Preocupa reducir gastos y ampliar ingresos. Se atiende a la inevitable renovación de elementos y reparación de edificios.

Por esta causa es poco lo que puede destacarse: En 1890 se renovaron más de 8 Km. de carril de hierro sustituyéndolo por acero y restaurado las estaciones de Coreses, San Romás y Castromiño en la línea de Zamora y Porriño y Peares en las de Galicia. Se es-

tudia la unión de la estación de Vigo con las vías del puerto.

Se reparan locomotoras y hay que adquirir nuevos vagones y plataformas.

En 1892 fue nombrado D. Antonio Sans y García Ingeniero Jefe de la explotación. Procedía de la Compañía del Norte.

Fue adjudicada a la Compañía la concesión del ramal de la estación de Vigo al puerto el 8 de enero de 1894.

En los años 1893 y 1894 tuvo lugar la "Guerra de Melilla".

Se trabajaba en la construcción del enlace de Zamora, con Astorga, si bien esta concesión no fue hecha a la Compañía.

En 1895 se produjo la insurrección de Cuba y en 1.896 la de Filipinas. Esta última pudo sofocarse victoriosamente por los Generales Polavieja y Primo de Rivera, pero no así la de Cuba donde el General Weyler llevó la contienda con máxima violencia.

Se había terminado en 1895 el "Grandioso muelle de hierro" en el puerto de Vigo, y se terminaban las obras complementarias del mismo, comenzándose el "extenso muelle de unión con la dársena del Berbés".

Durante 1896 hubo que levantar un nuevo edificio de viajeros en Caldelas dadas las malas condiciones del existente y la creciente concurrencia de bañistas.

Dificultades graves en la expropiación de los terrenos necesarios retrasaban la terminación del ramal de unión al puerto de Vigo que comprendido en una zona urbana afectó a gran número de propietarios algunos de los cuales tuvieron exigencias excesivas que obligaron a recurrir a la expropiación forzosa de tan lenta tramitación e incluso a modificaciones de trazado que hubo que someter a la aprobación del Estado.

La apertura de la línea Plasencia-Zamora-Astorga y el consiguiente acuerdo entre las Compañías del Norte y del Oeste perturbó considerablemente el tráfico del trozo Medina-Zamora que en 1897 acusó una reducción del 30%.

En Agosto de 1897 fue asesinado Cánovas del Castillo. En Febrero 1898 estalló el crucero norteamericano MAINE y en abril fue declarada la Guerra que acarrió a España los desastres de Cavite y Santiago de Cuba apoderándose los yanquis de Puerto Rico y Manila.

El 13 de Junio de 1898 se inauguró el ramal de bajada al puerto de Vigo.

Se solicitaba que el tráfico de la Compañía del Norte, una vez de seguir efectuándolo por Astorga-León-Palencia-Valladolid-Medina se encausase por Astorga-Zamora-Medina con lo que el ramal de la Compañía resultaría compensado de la reducción que la nueva línea Plasencia-Zamora-Astorga le produjo. Sin embargo este deseo no llegó a tener efectividad.

En 1899 se puso en servicio el ramal Pontevedra-Santiago que pertenecientes a la "West Galicia Railway Company Limited" enlazada con la línea Redonda-Pontevedra. Se estableció el oportuno contrato con dicha compañía para utilización de la estación de Pontevedra.

En 1901 y 1902 empieza a acusarse inquietud en el personal obrero cuyas reclamaciones es preciso atender. En la Memoria leída en la Junta General celebrada el 29 de Abril de 1903 se dijo:

*"nuestro personal estuvo trabajado por elementos que a nuestro juicio no se preocupan tanto de su bienestar como del afán de producir perturbaciones de carácter general y público siendo de ello una prueba evidente el que a la par que nosotros íbamos acordando aumentos, que como sabéis se habían iniciado por espontáneo impulso nuestro en el próximo pasado año, iban aumentando las exigencias y lo que es mas sensible, eran menos atendidos los deberes y aumentaban a cada paso las reclamaciones por averías, faltas y retrasos ....".*

Para, atender a las reclamaciones de los empleados, se autorizó al Consejo para establecer un Montepío o Caja de previsión contribuyendo la Compañía en la cuantía necesaria con cargo a la cuenta de explotación.

En 1904, por fallecimiento de D. Antonio Sans García, Ingeniero-Jefe de explotación, fue nombrado para dicho cargo el también ingeniero D. Federico Cantero Seirullo.

En la Junta General Ordinaria celebrada el 30 de Abril de 1906 se aprobó una proposición para estudiar una reforma de Estatutos con objeto de alterar la composición del Consejo reduciendo en lo posible el número de Consejeros.

Seguidos los trámites y discusiones oportunas fue aprobado en Junta Extraordinaria celebrada el 26 de Septiembre de 1906 la reforma de los Estatutos modificando los artículos 14-16-23-25 a 27-33-35 a 38-41-51-54 y 57 elevándose a escritura pública autorizada por el No-



Viaducto sobre el Arnoya.

tario D. Valentín Marín y Lloret el 17 de Octubre de 1906 en Barcelona.

En el resumen correspondiente a este año se expone que en la línea de Zamora-Medina se expidieron 80.393 billetes de viajeros y se transportaron 62.464 toneladas con un ingreso total de 695.867 ptas. y un gasto de 467.326. En las líneas de Galicia hubo 754.572 viajeros y se transportaron 181.905 toneladas con un ingreso total de 3.537.387 ptas. y gasto de 1.354.814. El producto líquido por kilómetro en la línea de Zamora fue de 2.539 ptas y en las de Galicia 7.575.

Se suceden varios años de explotación de las líneas sin que se produzcan situaciones ni sucesos de interés. Se prosigue la renovación y reparación de los elementos de vía y material móvil.

Por D. Federico Cantero Villamil fue redactado y firmado en 1 de Octubre de 1908 el Proyecto de ferrocarril entre Zamora y Orense, Este proyecto constituirá la iniciación de los que luego habrían de ser definitivamente aprobados y construidos en su día por la Compañía, pero que había sido precedido por otro que se presentó en el Ministerio de Fomento en Abril de 1864 (ver pág. 57 del nº 3.473 de la ROP).

En 1909 hubo que efectuar nueva reparación en el túnel de los Valos, y en cumplimiento de órdenes de la Administración del Estado se procedió a reforzar los puentes de todas las líneas férreas.

En ese año parece que "... por un fenómeno natural o por el abuso en los estudios que se emplean para

*la pesca ó por ambas cosas desapareció el pescado de las rías gallegas, produciéndose una grave crisis económica en Vigo y arruinando a la industria conservera cuyas fábricas tuvieron que parar".*

Falleció este año el Presidente D. Juan Federico Muntadas siendo sustituido por D. Domingo Juan Sanllehy.

En Julio de 1909 con motivo de la salida de tropas de guarnición en Barcelona para Marruecos donde la guerra con los rifeños estaba costando muchas vidas y cuantiosos gastos a la Nación, se originaron los sucesos revolucionarios llamados "Semana trágica" que trascendió a Bilbao, Valencia y Murcia y una vez dominado por el Gobierno el alzamiento revolucionario fue fusilado Francisco Ferrer de cuyo hecho hubo de hacerse después bandera política internacional, llegándose a considerarlo un mártir de la libertad al que se levantó un monumento en Bruselas.

En Melilla tuvieron lugar luctuosos acontecimientos cuyo escenario fue el tristemente famoso Barranco del Lobo.

Destacadas figuras políticas de la época fueron D. José Canalejas, Aznar, García Prieto, Romanones y Maura.

En Diciembre de 1910 falleció D. Emilio Cánovas del Castillo y en Enero 1911 el Sr. Sanllehy siendo nombrado Presidente D. Antonio Massó.

Durante 1911 se sustituyeron 4 Km., de carriles de hierro por acero de 40 Kgs. por metro y se reforzó con

barras de acero de varios perfiles y peso de 41 TM. el puente de Redondela.

En 1912 se produjeron numerosas huelgas instigadas por el partido socialista y en Septiembre la promovieron los ferroviarios de la sección catalana con repercusión inmediata en toda España, dando lugar a que por el Gobierno se acudiera a la inmediata llamada a filas con lo que sometidos los huelguistas a la disciplina militar quedó yugulada la huelga.

Delante de los escaparates de la librería San Martín fue asesinado Candelejas siguiéndose el suicidio de su matador.

Por 49.246,78 ptas. se adquieren en 1.312 cinco grandes coches a bogies de la Compañía Internacional de Coches-Camas, los que se transformarán tres para el servicio ordinario de viajeros y dos para automotores.

En la Memoria leída el 14 de Abril de 1913 en la Junta General de Accionistas y Obligacionistas se dice:

*"Atentos a procurar la aproximación mayor posible de la época en que las acciones de la Compañía puedan recoger con amplitud el fruto de sus prolongados sacrificios, veníamos, de algunos años a esta parte, gestionando la inclusión del ferrocarril de Zamora a Orense en los planes ferroviarios españoles, aspiración justificadísima, dados los antecedentes de nuestra Compañía, cuya creación obedeció al propósito de llevar a ejecución uno de los proyectos que se formularon al iniciarse en España el establecimiento de las líneas férreas y al trazar por la iniciativa del Gobierno las que debieran considerarse como de primer orden.*

*Consistía, el proyecto en unir, por la vía más corta posible, el centro y capital de la Nación con los puertos del litoral gallego, con Vigo en primer término, por ser a la vez el mejor y el mas cercano de los puestos europeos al continente americano. Esta necesidad en todos tiempos sentida, que no pudo ser satisfecha por razón de las aplictivas circunstancias que se crearon a nuestra Compañía, agravadas por la oposición de nuevos intereses sobrevenidos, es, en los momentos presentes, próxima la apertura del Canal de Panamá, de mucho mayor relieve por lo que respecta al desarrollo de la riqueza nacional.*

*Comprendiéndolo así el Gobierno, satisfizo nuestra constante aspiración mediante la ley de ferrocarriles complementarios de la Red general española promulgada el 31 de Diciembre de 1912, en la que*

*se incluye la línea que nos interesa, concediendo a la misma en tercera subasta la garantía del 5 por 100 anual al capital de construcción, mediante la entrega de obligaciones del Estado del 5 por 100 a la par en caso de insuficiencia del producto líquido.*

*En tales condiciones, creemos fundamentalmente que la línea de Zamora a Orense se construirá en breve, con lo cual dejará de existir la solución de continuidad que tanto perjudica a nuestras líneas y muy especialmente a la de Medina del Campo a Zamora.*

*De nuestra parte, y sin menoscabar, empero, la sólida situación económica de la Compañía, hemos de hacer cuanto se halle a nuestro alcance para que la citada obra se realice, y con este propósito hemos dispuesto, desde luego, que se amplíe y perfeccione el proyecto estudiado anteriormente por nuestra cuenta por el distinguido ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, D. Federico Cantero y Villamil, Jefe de todos los servicios de la línea de Zamora, y proseguiremos esta tarea hasta el final, para concurrir al concurso convocado por la Dirección de Obras públicas, en el supuesto de que nos otorgaréis la autorización oportuna, facilitando así el que se presente en su día empresa que opte a la concesión.*

*Para llegar al punto en que nos hallamos nos ha sido necesario practicar gestiones constantes hasta llevar al ánimo del Gobierno y de los representantes en Cortes la conveniencia que para las regiones interesadas y para el país en general y la justicia y equidad que, con respecto a nuestra Compañía, entraña la realización completa del plan iniciado por el insigne Ministro de Fomento Exmo. Sr. D. Claudio Moyano poco después de mediado el siglo anterior, debiendo hacer aquí constar que hemos recibido valiosísimo auxilio de muchas personalidades importantes, siendo tan especial y entusiasta y tan constante el que nos prestaron los Exmos. Sres. D. Federico Requejo y D. Ángel Galarza, ambos representantes en Cortes por la provincia de Zamora, que, mirando por los intereses de la Compañía, nos ha parecido debíamos sumar tan prestigiosas personalidades a nuestro Consejo administrativo proponiendo a ambos señores para las vacantes que, según el artículo 25 de los Estatutos, corresponde proveer al propio Consejo.*

*No podemos terminar, al ocuparnos de este asunto, sin hacer especialísima mención de la benévola acogida que S. M. el Rey (que Dios guarde) tuvo a bien dispensar a nuestro Presidente, cuando en nom-*

*bre del Consejo le hizo entrega de un Memorándum relativo al ferrocarril directo de Galicia y a la Compañía, pudiendo decir que nuestro augusto Soberano tiene verdadero entusiasmo por la realización del proyecto, atento a los grandes beneficios que ha de reportar al país, y además, estamos seguros de que verá con gusto que ello sea motivo de prosperidad para una Compañía netamente española como la nuestra."*

Se prosiguieron los trabajos para poder presentar en tiempo hábil el proyecto completo redactado por D. Federico Cantero Villamil del ferrocarril de Zamora a Orense en el concurso convocado por el Gobierno y se logró hacerlo siendo el único presentado.

En 1914 entraron en servicio 50 vagones cubiertos comprados de encargo a "Material para Ferrocarriles y Construcciones" por 271.427,60 Ptas.

El Proyecto Zamora-Orense se halla en la 1ª División de ferrocarriles pendiente de informe.

Y en Junio de este año estalla la Gran Guerra.

Se corta así un periodo de prosperidad para las Compañías explotadoras de vías férreas que se beneficiaron del indudable resurgimiento de la economía nacional entre los años 1906 a 1914.

A partir de 1914 las graves repercusiones que en la economía de las naciones implicadas en el conflicto tuvo la duración y varia fortuna del mismo vedaba atender a las necesidades de tesorería con la colocación de obligaciones en el mercado poco propicio a transacciones. Por otra parte las materias primas, carburantes, combustibles, acero, etc. desviadas por otros cauces de consumo para alimentar la conflagración mundial, escasearon y consecuentemente se elevaron considerablemente sus costes. Es época propicia para toda clase de especuladores y agiotistas.

En el estrecho de Rande en la ría de Vigo fue adquirida una finca para el proyectado desahogo de las estaciones de Vigo y Redondela y establecimiento de depósitos y cargaderos de mineral. Se invirtió en la adquisición de ésta finca 46.433,11 Ptas.

En el ejercicio correspondiente al año 1.915 se observa una importante disminución del tráfico de viajeros que en las líneas de Galicia llega hasta un 12%. Los rendimientos del muelle de hierro de Vigo retroceden considerablemente debido a los peligros que presentaba la navegación.

En 1915 se fundó en Barcelona Cubiertas y Tejados, S.A.



Estación de Puebla de Sanabria.

La neutralidad de España, pese a la notificación que hace Alemania de que a partir de 1º de Febrero de 1917 iniciaría un bloqueo general, permite rehacer los tráficos de las líneas de Zamora y Galicia, registrándose un considerable aumento en este año.

En España existió una acusada pugna entre neutralistas, aliadófilos y germanófilos, sin que las manifestaciones de uno u otro grupo desbordaran el dominio gubernamental.

En estas fechas (Marzo 1.917) los revolucionarios rusos destronaron al Zar Nicolás II.

Para enfrentarse con la debida autoridad y soltura con este cúmulo de complicaciones internacionales y poder mantener la neutralidad española a cada momento amenazada por las simpatías de cada grupo, obtuvo el Presidente del Gobierno, Romanones, la aprobación en Las Cortes de una ley por la que resultaba autorizado a ejercer una verdadera dictadura.

Durante 1917 se observa una disminución notable en el tráfico de viajeros en las líneas de Galicia, sin duda achacable al estancamiento del tráfico emigratorio y a los peligros y carestía de la navegación. Aumentó en cambio el transporte de madera, carbón mineral (10 veces mayor que el anterior) hierro y acero.

Las perturbaciones sociales, cada vez más frecuentes e importantes afectan sensiblemente a la disciplina del personal ferroviario, que es imprescindible para el buen servicio de los ferrocarriles. Se implanta la jornada de ocho horas. Las personas que rigen la Compañía se lamentan de que "quienes están llama-

dos, en nombre del Estado, a proteger los capitales invertidos en las empresas ferroviarias no cumplan tan sagrado deber”.

En efecto, los Gobiernos que con lamentable frecuencia se suceden tienen que enfrentarse con las Juntas militares que proliferan y se propagan a otros organismos civiles, e incluso a los Guardias de Seguridad (Julio 1917) y con un enorme cúmulo de problemas sociales, económicos, internacionales, etc.

El 10 de Agosto se inicia la huelga de los ferroviarios del Norte y el 13 la huelga general revolucionaria declarándose por el Gobierno el estado de guerra en toda España por cuya causa se produjeron graves perturbaciones en el normal tráfico de trenes.

La incansable y admirable tenacidad de los rectores de la Compañía, logra que a pesar de todo se estudie e informe el proyecto de ferrocarril de Zamora a Orense por el Consejo de Obras Públicas.

En 1918 se registra un notable aumento de los productos de la explotación, desgraciadamente acompañado de no menos notable aumento de gastos lo que en definitiva hace que disminuya el producto líquido.

Sigue incesante el forcejeo político y social en este año que terminó con un gobierno presidido por García Prieto siendo Ministro de Fomento el Sr. Cambó.

En 11 de Noviembre de 1918 se firmó el armisticio dándose fin a la Gran Guerra con la rendición de Alemania.

Se registra entonces un aumento de viajeros por las líneas de la Compañía disminuyendo los transportes de madera, carbón, etc.

Se inició 1919 con un horizonte político cubierto de amenazadores problemas. En Enero Cambó apoyó vigorosamente el Estatuto catalán; se declararon huelgas en Barcelona, Sevilla, Cádiz y Salamanca; se sucedieron las protestas callejeras por la carestía de los artículos de primera necesidad, los atentados sindicalistas, la perturbadora intromisión de las Juntas militares, disolución de Cortes y en fin cambios de Gobierno terminando este año con el presidido por el Sr. Allendesalazar.

En 1920 las dilaciones en la solución del problema ferroviario complejo compuesto por la necesidad de tarifas, regulación de subvenciones, estado angustioso de las tesorerías de las Empresas explotadoras, y principalmente la falta de una legislación que fijara la posición de las Compañías dentro de la economía nacional debido todo ello a la indecisión y diversidad de propósitos de los gobiernos que con tan excesiva

frecuencia se sucedieron en España, obliga a recurrir a anticipos reintegrables del Estado tal como el de 23 de Marzo en que bajo la presión de la huelga ferroviaria se expide un Real Decreto anticipando por un mes a las Compañías los aumentos a favor de su personal proyectados a base de aprobación en el Congreso del proyecto de ley concediendo aumento de Tarifas en los términos aprobados por el Senado.

Disueltas las Cortes quedó paralizado todo progreso hasta reanudarse las sesiones en Enero de 1921.

En este mes y año fue asesinado en la Plaza de la Independencia D. Eduardo Dato por los sindicalistas Mateu, Casanellas y Nicolau.

Durante 1921 se prorrogó el sistema de anticipos a las Compañías con carácter reintegrable lo que abrumaba a las mismas con una creciente carga. Se recurrió al mismo procedimiento para la adquisición del material de tracción y transporte. Estos anticipos devengaban un 5% de interés y debían ser reintegrados en el plazo de 20 años.

En este año el producto medio de un viajero en la línea Medina-Zamora fue de 2,60 Ptas, y por kilómetro de 0,06 ptas.; en la red de Galicia 1,91 y 0,04 respectivamente. El de mercancías por tonelada de 8,06 y 10,09 respectivamente y por kilómetro 0,13 y 0,10.

Se transportaron 126.869 viajeros y 71.862 toneladas en la línea Medina-Zamora y 1.301.662 viajeros y - 321.155 toneladas en la Red de Galicia.

El proyecto del ferrocarril de Zamora a Orense fue rectificado en cuanto a precios y presupuestos según acuerdo del Consejo de Obras Públicas por haber quedado desiertas la primera y segunda subasta.

En 1922 continúan vigentes las disposiciones oficiales dictadas para amparar en lo posible los intereses comprometidos en las empresas ferroviarias: aumento del 15% en las tarifas, concesión de anticipos sin interés para aumento de sueldo al personal y concesión de recursos en forma de anticipos reintegrables para la adquisición de material móvil.

El 16 de Enero de este año, una repentina y terrible galerna que se cernió sobre la bahía de Vigo arrojó sobre el muelle de hierro propiedad de la Compañía el transatlántico noruego SKOGLAND hundiéndose dicho muelle en su parte metálica arrastrando al mar la grúa de 15 toneladas que allí se tenía instalada.

Falleció en Febrero de este año D. Ignacio Girona miembro del Consejo Administrativo.

Las deplorables condiciones del puerto de Vigo influyen indudablemente en la baja de productos que

se observa en las líneas de Galicia durante 1923 en cuyo año y en el mes de Marzo falleció el Marqués de Soto Hermoso, miembro de la Comisión Ejecutiva de la Compañía.

La situación política en España era punto menos que caótica. Los fondos de rescate de los prisioneros hechos por los moros en los desastres de África con motivo de la ocupación de Tizzi-Assa, logrado mediante la intervención del acaudalado minero vizcaíno Echevarrieta sirvió para agravar la guerra en aquellas regiones y el orden público en la península se mantenía muy precariamente, menudeando los choques entre patronos y obreros, atentados personales y atracos, sin que las banderías políticas hallasen estímulo suficiente para poner tregua a su infecunda pugna,

Así las cosas, el General Primo de Rivera se puso de acuerdo con los mas caracterizados representantes de las guarniciones de la península y declaró por personal determinación el estado de guerra, se incautó de las comunicaciones y manifestó al país que el ejército pedía al Soberano la separación de todos los hombres políticos de la gobernación del Estado.

El 15 de Septiembre de 1.923 fue nombrado Primo de Rivera Presidente del Gobierno, y seguidamente se constituyó un Directorio militar cuya actuación, primeramente estipulada en tres meses, prosiguió hasta 1930.

El Real Decreto-Ley de 12 de Julio de 1924 establece por el Gobierno del Directorio Militar un nuevo régimen ferroviario al que solicita acogerse M.Z.O.V. según acuerdo tomado en Juntas Generales de 10 de Septiembre de dicho año.

No obstante prosiguen sin establecerse nuevas tarifas que cubriendo los gastos de explotación permitiesen a las Compañías un estado económico aceptable. Los conflictos políticos antes señalados impiden atender a tan justa demanda paliándose la situación con un "régimen transitorio" de subvenciones, rebajas, complementos etc. etc. que permitiesen ir tirando y atender con más o menos (mas bien más) dificultades al pago de jornales y sueldos en continua y exigente alza.

Por otra parte empieza a notarse la competencia cada vez mas acusada que al ferrocarril hace el transporte automóvil.

El 9 de Marzo de 1925, por R.O. del Ministro de Fomento ingresa la Compañía en el solicitado régimen



Viaducto sobre el Miño.

ferroviario, fijándosele un capital de 15.415.034,96 Ptas. derivado del valor real de establecimiento considerado de 49.395.834,11 Ptas.

En 20 de Julio falleció D. José Garí Cañas cuya labor y contribución desde 1888 fue de inestimable valor para la subsistencia y desarrollo de la Compañía.

Los resultados en 1926, si bien acusan aumento en los ingresos, no menos en los costos debido a la total implantación de la jornada legal con la consecuencia del necesario aumento de personal y pago de horas extraordinarias aparte de los mayores gastos de maquinaria.

El 8 de Agosto se dictó una R.O. que varía profundamente el régimen establecido desde 1.920. Se dispone en dicha real orden la supresión total de anticipos sustituyéndolos por una promesa de auxilio según fórmulas deducibles de los resultados de la explotación en el trienio 1923/1925.

Tal disposición supuso evidentemente el aplazamiento del ansiado estudio y establecimiento de tarifas adecuadas.

Por otra parte, al revertir a la cuenta del Estado los gastos de primer establecimiento, resulta que el capital del Estado en las Compañías prosigue aumentando sin límites.

Siguiendo los criterios marcados por el Gobierno en lo referente a política ferroviaria, nuestra Compañía ofreció al Estado el proyecto que tenia redactado para la construcción del ferrocarril entre Zamora y Orense solicitando a cambio prioridades en la cons-

trucción de dicha línea y su prolongación Orense-Santiago-La Coruña.

Por acuerdo del Consejo de Ministros y previo dictamen del Consejo Superior de Ferrocarriles S.M. el Rey aprobó por Decreto de 3 de Noviembre de 1.926 la cesión a favor del Estado de los proyectos redactados por la Compañía del Trazo Zamora-Orense de 248 Kms., aprobándose también en la misma disposición los replanteos efectuados de los Trozos 1º Zamora-Puebla de Sanabria de 107 Kms. y 4º. Santiago-La Coruña de 75 Kms.

En la Gaceta del día 18 de Diciembre de 1926 se anunciaron los Concursos para la ejecución/de las Obras de los Trozos replanteados 1º. y 4º. los cuales se celebraron el 19 de Febrero de 1927 otorgándose a la Compañía el derecho de tanteo, bajo compromiso de presentar en el plazo de tres meses, a partir de la fecha de adjudicación del Concurso anunciado, un estudio del Trazado Puebla de Sanabria-Orense de 142 Kms. con dos soluciones: una directa y otra pasando por Verín y también se obligó la Compañía a presentar los proyectos y ejecutar los replanteos del Tramo Orense-Santiago (129 Kms.) y el de la solución Puebla-Orense que fuera aceptada por la Administración en el plazo de seis meses, contados desde la citada fecha de adjudicación de los Concursos de los Trozos 1º. y 4º.

Con la colaboración de Cubiertas y Tejados, S.A. pudo llevarse a cabo, tanto la redacción de estos proyectos cómo la ejecución de los replanteos pese a los cortos plazos de que se dispuso así como a las dificultades topográficas que planteaba lo abrupto del terreno (43 Kms. de túnel en el trozo Puebla-Orense y 21 en el Orense-Santiago).

Como resultado del Concurso fueron adjudicadas a la Compañía las obras del Trozo 1º. en 12 de Marzo y del Trozo 4º. el 27 de Marzo de 1927, encargándose la constitución de las obras la Sociedad Constructora Ferroviaria que dio comienzo a los trabajos en Julio (Trozo 1º.) y Septiembre (Trozo 4º.), siendo inauguradas las obras por SS.MM. los reyes D. Alfonso y Dña. Victoria.

La Sociedad Constructora Ferroviaria se fundó en Marzo de 1927, redactándose la Escritura de Constitución ante el Notario de Barcelona D. Antonio Par y Turquets y fijando su domicilio social en Barcelona Paseo de Gracia, 16. Su principal objeto social fue la construcción del Ferrocarril de Zamora a La Coruña. El capital fue fijado en doce millones de pesetas, formado por doce mil acciones.

El Consejo de Administración lo componían las personas siguientes:

Presidente: Excmo.Sr.Conde de Torroella de Montgrí,  
Vicepresidente primero: Don Ricardo R. Pastor,  
Vicepresidente segundo: Excmo. Sr. Marqués de Caldas de Montbuy,  
Consejeros:  
D. Marcelino Blanco de la Peña,  
Excmo.Sr.D. Ignacio Coll y Portabella,  
Excmo.Sr. Conde de Gamazo,  
Excmo. Sr. D. Manuel García Blanco,  
D. Jorge Garí Gimeno,  
D. Jaime Imbern y Fort,  
D. José Luís Marsans Comas,  
Excmo.Sr. D. Antonio Massó y Casañas,  
D. Damián Mateu Biza,  
D. Francisco Pons y Plá,  
Excmo. Sr. Marqués de Riestra,  
D. Ignacio Soler y Damians,  
Vocal Director Gerente: D. Víctor Messa y Arnau;  
Vocal Secretario: D. Luís Ferrer-Vidal Llauradó.

Los plazos fijados por R.O. de 3 de Noviembre de 1926 exigían un estudio comparativo de trazados entre Puebla de Sanabria y Orense, el replanteo del Trozo 3º. y un tanteo para acercar la traza del ferrocarril a la Villa de Verín, todo lo cual fue cumplido a su debido tiempo, procediéndose a la confección del Proyecto del Trozo 2º.

En 1 de Enero de 1928 se hizo cargo la Compañía de la Línea de Pontevedra a Santiago y seguidamente de la documentación de la Compañía WEST GALICIA RAILWAY que se declaró en liquidación voluntaria con las formalidades estatutarias legales en Inglaterra.

Sé nombró a D. Víctor Messa Administrador Delegado de M.Z.O.V. para cuanto concierne a construcciones.

El Real Decreto-Ley de 9 de Septiembre de 1928 dispuso la inmediata organización de una importante Red Ferroviaria, en el Oeste de España y en la cual se incluyeron todas las concesiones de M.Z.O.V. que en cumplimiento de lo ordenado efectuó la oportuna entrega por medio de la Comisión de incautación nombrada por el Gobierno.

Con este acto cesa la Compañía en 31 de Diciembre de 1928 en su actuación como concesionaria y explotadora de líneas férreas, dando así fin a esta primera etapa de actuación, de sesenta y seis años de duración. ♦

**IN MEMORIAM** Modesto Viguera González

presa internacional dedicada a trabajos en el sector marítimo.

A mi entender, la figura de Modesto se proyecta, fundamentalmente, en un triedro compuesto por un plano profesional, otro docente y un tercero intelectual.

Buena prueba de su calidad como Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, es el enorme prestigio que alcanzó, tanto en el ámbito nacional como en el internacional, consecuencia de sus actividades y publicaciones sobre la historia y la tecnología portuaria; por cierto, ha dejado sin concluir un importante trabajo que, a no dudar, verá la luz en un próximo mediató. Y por si lo explicitado fuere poco, señalemos el recuerdo permanente que supone el "Premio Modesto Viguera", para trabajos de jóvenes ingenieros, que otorga, anualmente, la Asociación Internacional Permanente de los Congresos de Navegación, AIPCN.

Su acción docente se inicia en 1957, como catedrático de Puertos de la Escuela de Ayudantes de Obras Públicas de Madrid de la que fue su primer Director, labor que simultaneó con la de encargado de la cátedra de Dirección y Explotación de Puertos en la Escuela Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid, de la que fue nombrado titular, por oposición, en 1975. De una forma u otra, han sido más de treinta las promociones de ingenieros que han pasado por su aula, sin que no se le conozcan más que amigos, sean compañeros o discípulos, a pesar de su radicalismo, siempre fácil de explotar en sentido negativo. Se dice que, en España, es frecuente que las ideas y las amistades se manifiestan, siempre y desgraciadamente, en relación inversa; pues bien, no cabe duda alguna de que Modesto resultó la excepción confirmante de esa idea. Cumplidos ya los sesenta años, Modesto se integra en la condición de educando y acude a la Universidad con la pretensión de licenciarse en Geografía e Historia, licenciatura que no alcanza por negarse, con humana cabezonería, a efectuar el examen de la asignatura de latín.

El acervo intelectual de Modesto era, ciertamente, extraordinario; no resultaba sencillo encontrar materia de la que no tu-

viera, cuando menos, una elevada erudición, si bien manifestaba una cierta predilección por las cuestiones relativas a la historia antigua, a la dominación árabe en España, a las figuras del condestable Don Rodrigo Manrique y de su hijo Jorge y, sobre todo, a su patria chica: Sierra Segura. Fruto de ese interés, y ya en su infantil ancianidad, ha sido la publicación de una serie de títulos sobre los temas mencionados.

En definitiva y para terminar, pienso que lo relatado, con ser importante, no define más que un infinitésimo de los atributos de Modesto, de quien es imposible cualquier consideración que no contemple los dos polos de su existencia: su inigualable sentido y valoración de la amistad y su inquebrantable fe religiosa.

Creo que Modesto vivió como quiso vivir. Para él, la amistad era un don, el mejor de los tesoros, la más perfecta de las relaciones que puede consolar, unir y hacer feliz al género humano y, como Séneca deseaba, consiguió que su casa estuviera permanentemente llena de amigos; quizá sirva, como refrendo de esta manifestación, el cariñoso recelo de alguno de sus hermanos, Encarna, Juan Antonio, ya fallecido, y Paco, en el sentido de que Modesto casi era capaz, en algunos casos, de anteponer la amistad a la fraternidad. Nosotros, los que nos tuvimos por sus amigos, se lo agradeceremos mientras podamos hacerlo y nos consideramos muy honrados por la inmensa suerte que hemos tenido al haberle conocido y tratado.

Y, para terminar, creo que Modesto murió como, por lo menos, a mí me gustaría hacerlo: con la paz de los afortunados que esperan el tránsito con la serenidad de los que han sabido cumplir con sus obligaciones en la vida y, fiel a sus creencias, con un crucifijo en la mano. Permítaseme una licencia: estoy seguro de que, por lo menos durante un ratito, Modesto desplazó a San Pedro de la proximidad del Padre. Creía en Dios y lo amaba de verdad, como todos los creyentes deberíamos hacerlo, pero como solo los elegidos lo hacen.

Madrid, enero de 2007

**Jorge Fanlo**

**E**mpecé a tratar a Modesto, con asiduidad, a partir del mes de septiembre de 1966, cuando fue nombrado Subdirector General de Carreteras; habíamos coincidido en la vieja Escuela del Retiro, pero él terminaba su carrera y yo acababa de iniciarla, lo que explica, sobradamente, la ausencia de trato.

Cuando Modesto llegó a carreteras, ya era un hombre de puertos. En sus veinte años de profesión, había sido ingeniero auxiliar en el puerto de Huelva, secretario técnico de la Dirección General de Puertos y Costas, ingeniero jefe de la Agrupación de Maquinaria de la misma Dirección General e ingeniero jefe de los puertos de La Coruña, Las Palmas de Gran Canaria y Castellón. Para él, sus mitos, sus dioses laicos, eran Ramón Iribarren, Gabriel Roca y Marciano Martínez Cattena. Cabe imaginar que la arribada de Modesto a una Dirección que había dejado de ser el servicio ordinario para transformarse en una de las instituciones más dinámicas de la época, por su condición de extraño, estaba destinada al fracaso; sin embargo, sucedió todo lo contrario: el inmediato reconocimiento de su bonhomía, inteligencia, extroversión y sentido de la amistad fueron virtudes más que suficientes para que los, entonces, fervorosos y revolucionarios camineros tuviéramos la sensación de que, sin repudiar a sus puertos, Modesto se había marido con las carreteras en una poligamia totalmente paradójica con las ideas y creencias de un cristiano viejo y solterón, tan católico, cuando menos, como el mismo Papa, que siempre mantuvo. Y en esa Dirección General continuó, con algunos injustificables padecimientos, siempre generales que no individuales, hasta que, en 1982, regresó a la Dirección General de Puertos y Costas, como Jefe del Servicio de Proyectos y Obras, puesto en el que se jubiló en 1986. Su vida profesional activa termina en el año 2000, como asesor de una importante em-

## FERRO-CARRILES ESPAÑOLES

### Ferro-Carril de Tudela a Miranda de Ebro

Este Ferro-carril está en estudio: comprende 160 kilómetros. Se hallan ejecutados los trabajos de campo y empezados los de gabinete. Las mayores dificultades de ejecución están entre Logroño y Miranda, por las condiciones de topografía del terreno, y entre Calahorra y Logroño por la necesidad de atender a las condiciones estratégicas de esta vía.

### Ferro-Carril de Játiva a Almansa

Este ferro-carril, que ha de completar la unión de Valencia con la corte, tiene 71 kilómetros, de los que están esplanados 16 entre Almansa y la venta de la Encina y 7 entre Játiva y Alcudia de Crespins, y a medio esplanar 20 entre este último punto y Mogente. Se ha empezado un túnel en la confrontación de Fuente de Higuera, y aun hay otro por empezar. Tres puentes, cuatro pontones, veinte y cinco alcantarillas y ochenta y una tageas hay concluidos, y empezados diez puentes, un pontón y una alcantarilla.

Se ha sentado la vía a 4.546 metros, y dentro de unos tres meses estará corriente el trozo de Játiva a Alcudia de Crespins, en el que se va a concluir el puente sobre el río Montesa, de 22 metros de altura y un tramo de hierro de 56 metros de luz.

### Línea de Córdoba a Cádiz

Cuatro concesiones distintas forman esta línea: la primera de Córdoba a Sevilla, de 130 kilómetros; la

segunda de Sevilla a Jerez, de 103 kilómetros; la tercera de Jerez al Trocadero, de 27,5 kilómetros, y la última de Puerto-Real a Cádiz, de 30 kilómetros.

En el trozo de Córdoba a Sevilla hay 20 kilómetros concluidos de esplanar y 2 en trabajos.

En el trozo de Sevilla a Jerez, la concesión Sánchez Mendoza dejó 40 kilómetros empezados para una vía; ahora hay que hacer la esplanación para dos vías, de la cual hay terminados 12 kilómetros.

La totalidad de la sección de Jerez al Trocadero está explotándose hace tiempo y se están construyendo dos puentes definitivos sobre los ríos Guadalete y San Pedro que ahora se cruzan con obras provisionales: el primero tendrá 160 metros y cuatro tramos y el segundo 80 metros y dos tramos. De las cuatro estaciones de Jerez, Puerto de Santa María, Puerto Real y Trocadero, solo quedan por acabar algunos detalles de esta última: en las dos primeras se están colocando nuevas vías de servicio. Recientemente se ha aumentado el material de la sección del Puerto de Santa María al Trocadero con cuatro máquinas locomotoras, dos coches de primera clase, ocho de segunda y doce de tercera. Esperamos dar en breve a nuestros lectores una memoria que sobre estos trabajos está formando el Ingeniero director D. Ángel Mayo.

En el trozo de Puerto-Real a Cádiz no hay todavía ningún trabajo emprendido, como tampoco en el ramal de Córdoba a Bélmez. ◆



## Tarifas de Publicidad

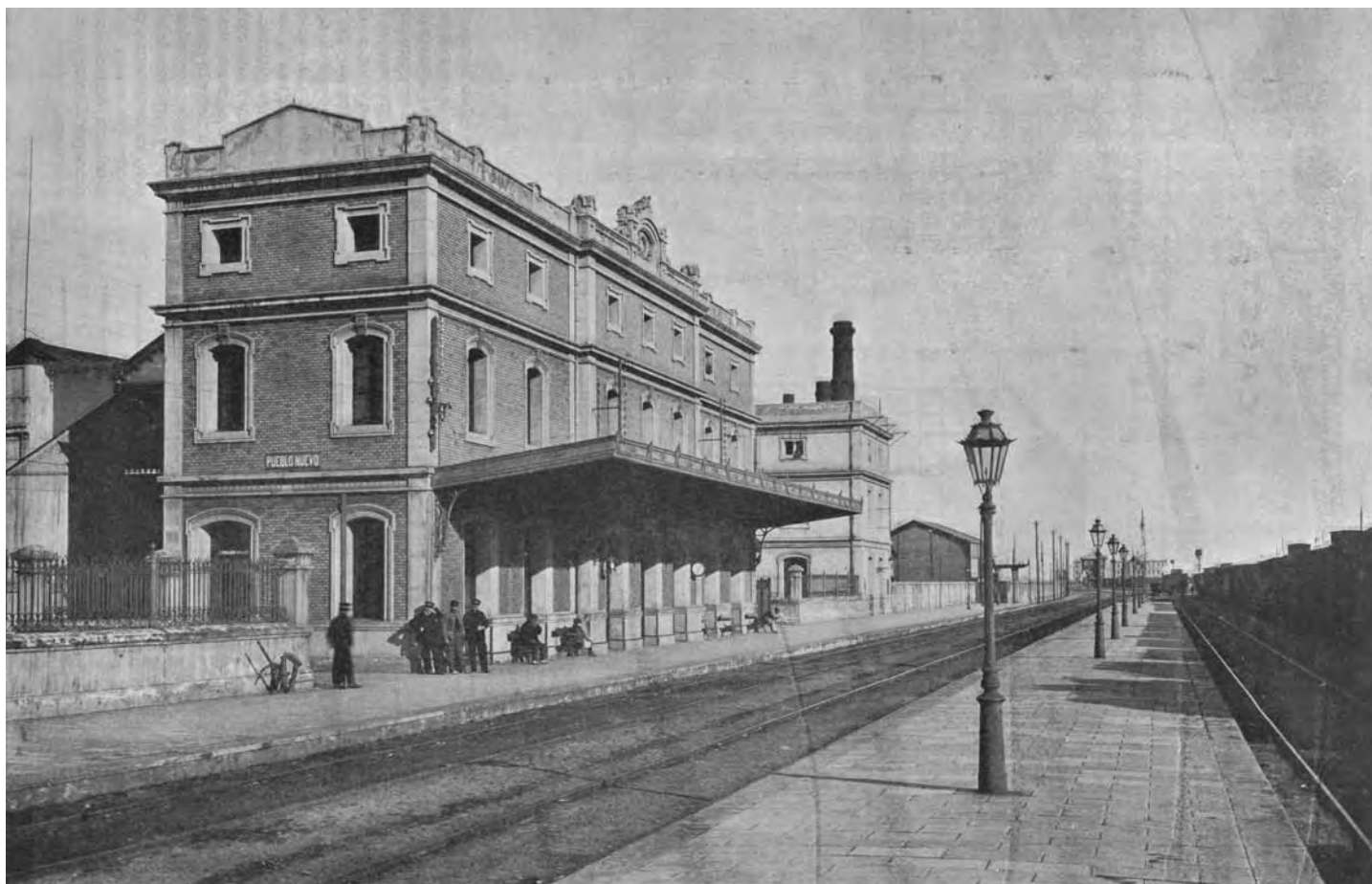
Contraportada .....	1.100 €
Interior de portada .....	1.000 €
Interior de contraportada .....	1.000 €
Página a color .....	.950 €
Página preferente .....	1.000 €
Página a B/N .....	.650 €
Media página a color .....	.600 €
Media página a B/N .....	.400 €
Encartes .....	precio a convenir

Precios sin IVA



## Estación de Pueblo Nuevo

por D. Rafael Coderch, Ingeniero de Caminos,  
Jefe del Servicio de vía y obras de la Red catalana de la Compañía de ferrocarriles de M.Z.A.



**Toda la Revista de Obras Públicas en Internet**

**ROP**  
d.i.g.i.t.a.l

Puede consultar la ROP desde su primer número de 1853 hasta diciembre de 2004, en la página web del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos: [www.ciccp.es](http://www.ciccp.es)

Desde enero de 2005 hasta la fecha sólo se podrá consultar bajo suscripción

## Presas bóveda: teoría, métodos y detalles de la inyección de mortera en las juntas

por A. Warren Simonds

(De la Revista *Journal of the Power Division Proceedings of American Society of Civil Engineers*, número PO3, junio 1956, artículo 991)

Una presa bóveda es un macizo de hormigón curvo en planta, que transmite, por medio de dicha curvatura, la carga de agua a los estribos. Para que el trabajo se realice de esta manera, es decir, como trabajo de arco, es imprescindible que no existan discontinuidades en dichos arcos.

Según las modernas investigaciones, una presa bóveda tarda cierto tiempo en trabajar como arco, justamente el necesario para que todas sus posibles juntas estén cerradas debido a la presión del agua; por otra parte, la retracción de fraguado del hormigón, que hace que los arcos se acorten, dificulta el trabajo como tales de los mismos.

Para evitar este efecto pernicioso de la retracción de fraguado, el procedimiento empleado es efectuar la construcción dejando juntas que permiten la libre retracción del mismo e inyectando en las mismas mortero cuando se estima que el efecto de retracción ha terminado.

Los problemas que presenta el estudio de dichas juntas de contracción son los siguientes:

Abertura de dichas juntas; dosificación del mortero a inyectar; efecto de las burbujas de aire que pueden permanecer en las mismas; flexiones tangenciales en las ménsulas durante la inyección; efectos de la inyección simultánea de diferentes juntas; flexiones radiales debidas al peso propio de las ménsulas en construcción; temperatura del hormigón y temperatura atmosférica conveniente para efectuar dicha inyección.

Resumiendo las investigaciones americanas en este sentido, es posible inyectar juntas de abertura superior a 3mm.

La densidad del mortero fluido depende de la relación agua/cemento usada, pero puede indicarse el valor de 1750 Kg./m.<sup>3</sup> como valor frecuentemente utilizado. Es necesario que el sistema de inyección se disponga de tal manera que el mortero penetre lentamente, de modo que el aire situado en las juntas pueda evacuarse con facilidad. Si se efectúa la inyección de cada junta separadamente puede suceder que, debido a la presión de inyección del mortero, la ménsula flechte en sentido tangencial hasta tal punto que cierre la junta adyacente; este inconveniente puede evitarse haciendo simultáneamente la inyección de todas las juntas y estudiando la presión que se debe dar al mortero en cada una, de manera que estos efectos

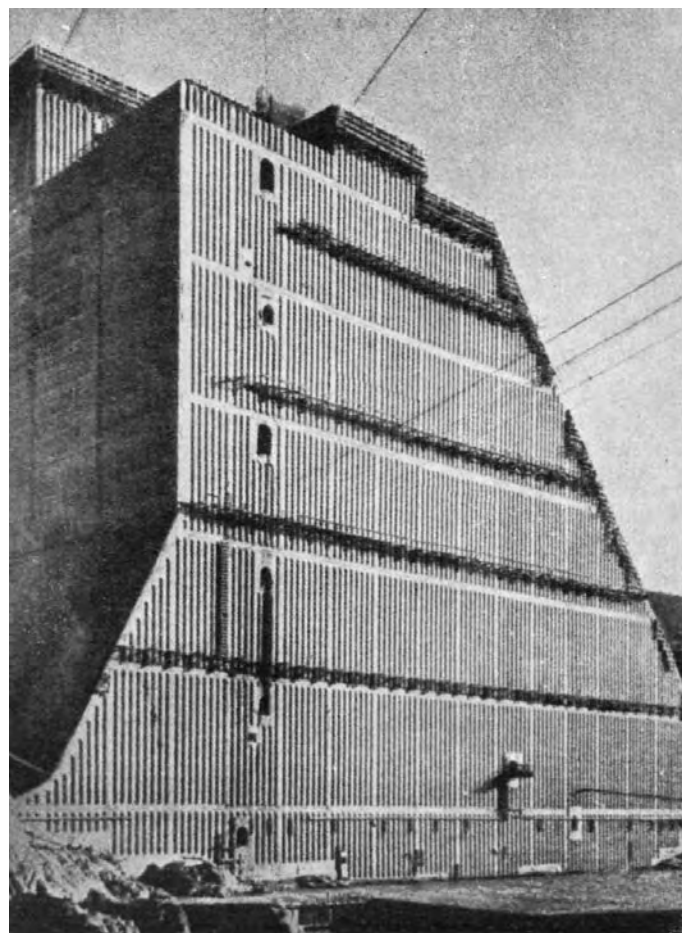


Fig 1. Aspecto de las llaves en la presa de Sbasta.

no tengan importancia, o bien comenzando por inyectar las juntas que están cerca de los estribos, cuya pequeña altura hace pensar que dichas flexiones tangenciales sean de poca magnitud. Dichas flexiones se deben controlar topográficamente. Se deben efectuar estudios sobre las condiciones de temperatura del lugar, para determinar la época más conveniente para la inyección, que suele hacerse en épocas frías.

Se deben utilizar llaves para asegurar la perfecta unión de las ménsulas adyacentes de cada junta, tales como la que muestra la figura 1ª, tomada de la presa de Shasta, que aun-

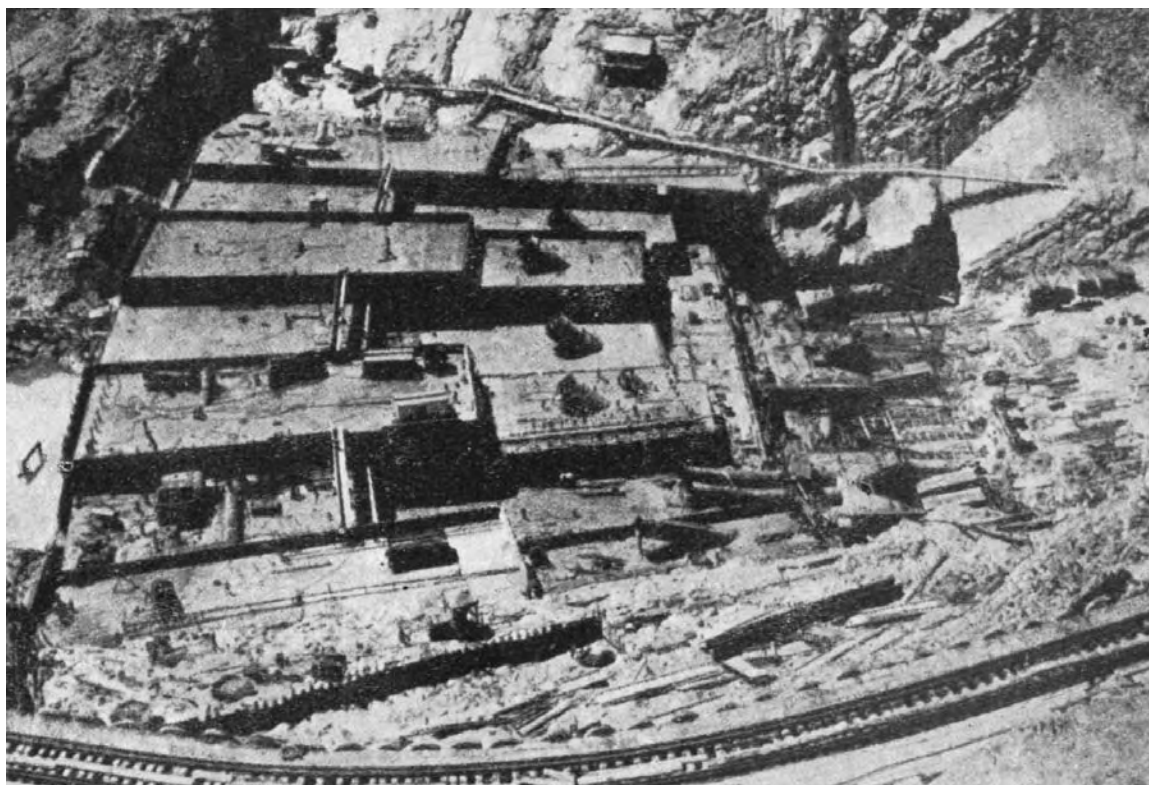


Fig 2. Vista parcial de la presa Hungry House, en construcción.

que es una presa de arco-gravedad, las juntas se han efectuado con los mismos sistemas que los usados en presas-bóvedas.

El procedimiento más comúnmente empleado para la conducción del mortero es un sistema de tuberías mediante las cuales llega a cada junta con una altura de unos 17 m. Para contener al mortero en la junta se utilizan chapas metálicas que rodean la periferia de la misma.

Los investigadores americanos concuerdan en que la presión más conveniente cuando el mortero penetra en la junta es de unos 3 kg/cm<sup>2</sup>; esta presión se mide corrientemente en la parte superior del trozo que está inyectándose.

Las juntas deben estar separadas de 10 a 20 m., y cuando las secciones de la presa son muy gruesas se deben establecer juntas en dirección tangencial para permitir la libre dilatación en ese sentido, en cuyo caso dichas juntas deben estar situadas a distancias de unos 8 m. del paramento de aguas abajo y 20 del paramento de aguas arriba. Desde el punto de vista del comportamiento elástico de la presa es deseable que tales juntas de dirección tangencial sean circulares y en sentido vertical abarquen toda la sección de la presa, desde cimientos hasta coronación. La figura 2ª indica cómo deben disponerse las juntas radiales y tangenciales.

El cemento utilizado en dichas juntas de contracción puede ser cemento portland corriente, cemento de alta resis-

cia o cemento portland de bajo calor de fraguado, siendo este último el que parece que ha dado mejores resultados. De todas maneras siempre es interesante que el cemento utilizado tenga una gran finura, sobre todo cuando la apertura de las juntas es pequeña.

Un procedimiento utilizado con cierta frecuencia en los Estados Unidos es hacer pasar agua por la instalación de inyección de mortero cuando se ha terminado una de las fases de inyección.

Tiene varias ventajas. En primer lugar, permite comprobar si existen fugas a través de las chapas metálicas preparadas para inyectar la fase superior de la recién terminada. En segundo lugar actúa de manera que se reparte mejor la presión del mortero.

## CONCLUSION

Para comprobar la resistencia del mortero empleado en dichas juntas, en varias presas construidas se han preparado probetas cilíndricas, y de estas pruebas se deduce que el sistema explicado da buenos resultados y evita los efectos de retracción de fraguado del hormigón cuando la inyección se efectúa a una temperatura tal que el volumen de la presa sea mínimo. ◆

## Presupuesto del Ministerio de Fomento en 2007

El presupuesto consolidado del Grupo Fomento para el presente año asciende a 25.978,1 millones de euros, lo que supone un incremento del 3,2% respecto a la cifra homogénea del año 2006, correspondiendo el 38,4% a gastos corrientes y el 61,6% a operaciones de capital, que ascienden a 15.990,4 M€, el 1,6% más que el año anterior. Aumentan las políticas de Seguridad Marítima (57,6%), Aeropuertos (7,9%), Servicio Postal (2,8%), Subvenciones al Transporte (2%) y Carreteras (1,9%), mientras que se reducen, aunque levemente, en Ferrocarril (2,6%) y Puertos (1%).

Por otro lado, el peso de las operaciones de las Entidades Públicas Empresariales y Sociedades Mercantiles Estatales dependientes del Ministerio de Fomento asciende al 74,2%, casi las tres cuartas partes del total del Grupo Fomento. Esto es debido al elevado volumen de recursos gestionados por el Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (6.075,5 €), Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea (4.097,4 M€), Renfe Operadora (3.401 M€), Correos y Telégrafos S.A. (2.397,0 M€) y el Ente Público Puertos del Estado (1.918,1 M€). El Ministerio, con una participación del 25,6%, ocupa el segundo lugar, y a continuación los dos Organismos Autónomos con un peso del 0,2%.

### Alta velocidad en 2007

En el año 2007, y en lo que se refiere a los proyectos de ferrocarril de Alta Velocidad, la situación de los tramos en marcha es la siguiente:



- Corredor Norte-Noroeste. El tramo Madrid-Segovia-Valladolid se pondrá en servicio a lo largo de 2007 y se acometerán la redacción de proyectos y obras en las líneas Valladolid-Venta de Baños-Burgos-Irún, Venta de Baños-Palencia-León y León-Asturias. Además continuará la ejecución de obras en la Variante de Pajares y en la Y Vasca y se trabajará en las líneas Ourense-Santiago y Medina-Zamora-Lubián-Ourense. También se prevé en 2007 la construcción o licitación de las obras del Eje Atlántico de Alta Velocidad entre Vigo y A Coruña y la Variante de Burgos, así como la redacción de los Estudios Informativos y Proyectos Constructivos en todas las líneas de Alta Velocidad articuladas por este Corredor, incluidas las del Plan Galicia.
- Corredor Norte-Noreste. Continuará la construcción de la Línea Madrid-Zaragoza Barcelona-Frontera Francesa y se pondrá en servicio en 2007 un nuevo tramo entre el Campo de Tarragona y Barcelona. También se llevarán a cabo

obras en los tramos que aún no están en servicio de la línea Zaragoza-Teruel y se acometerán estudios y proyectos para su electrificación.

- Corredor Mediterráneo. Continuarán las obras del nuevo trazado entre Cambrils, Tarragona y la línea de alta velocidad Madrid-Zaragoza-Barcelona, y la realización de estudios, proyectos y obras de la línea de Alta Velocidad Almería-Murcia y en la Madrid-Castilla La Mancha-Comunidad Valenciana-Región de Murcia, además de continuar los que ya están en ejecución.
- Corredor de Andalucía. Tras la puesta en servicio del tramo Córdoba-Bobadilla, se realizarán obras en todo el recorrido de la línea Córdoba-Málaga, incluida la entrada en Málaga. También se realizarán obras y proyectos en tramos de las líneas Sevilla-Cádiz, Madrid-Alcázar de San Juan-Jaén, en toda la línea Bobadilla-Granada (incluyendo los estudios y proyectos de integración del ferrocarril en Granada)

da) y estudios en las líneas Bobadilla-Ronda-Algeciras, Sevilla-Huelva-Faro, Granada-Almería y Corredor de la Costa del Sol.

- Corredor de Extremadura. Se iniciarán obras en el tramo Mérida-Badajoz y se realizarán estudios y proyectos en el resto, incluyendo los relativos a la integración del ferrocarril en Cáceres, Mérida, Badajoz y Talavera.
- Corredor Mediterráneo-Cantábrico. Continuará el estudio funcional y se iniciará el Estudio Informativo entre Sagunto y Teruel. Asimismo, se avanzará en la realización de estudios, proyectos y obras en los distintos tramos que estaban en marcha y que van a quedar integrados en este Corredor.

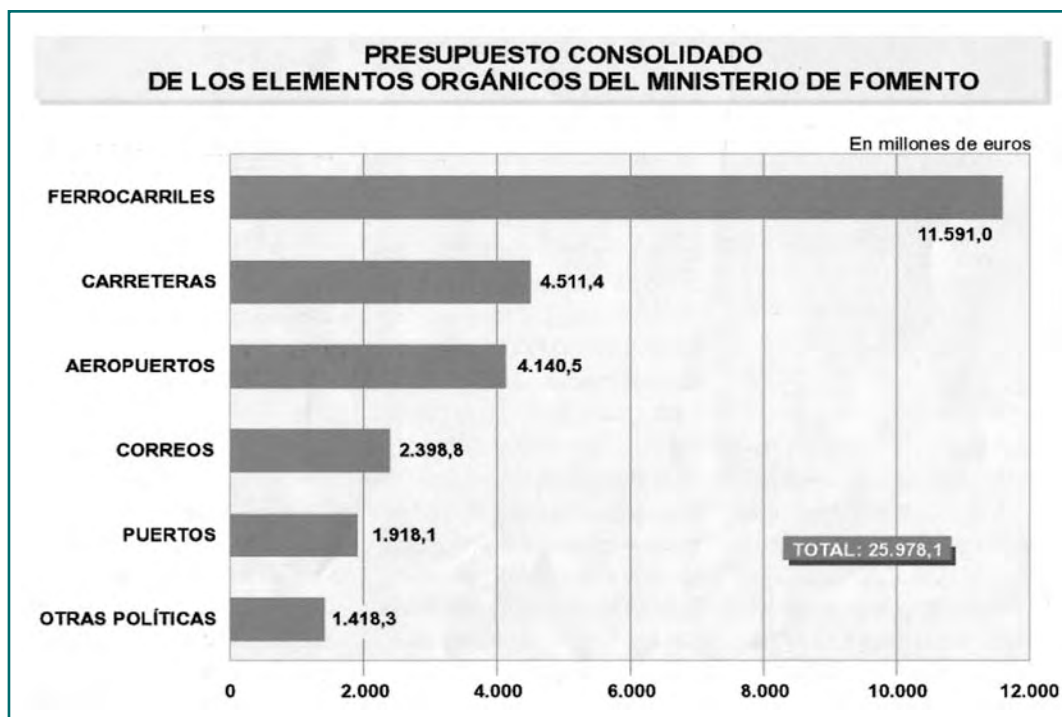
### Autovías en construcción

Tramos en los que se iniciarán o continuarán las obras en marcha durante 2007.

- Autovía del Cantábrico (A-8). Touzas-Villalba, Castromayor-Touzas, Vilamar-Lorenzana, Lorenzana-Mondoñedo, Mondoñedo-Lindín, Abadín-Castromayor, La Encina-Torrelavega, Variante de Navia-Tapia de Casariego, Solares-La Encina, Muros de Navión-Las Dueñas, Villapedre-Variante de Navia, Barreiros-Vilamar, Barreiros-Reinante, Careira-Abadín, Lindín-Careira, Llanes-Pendueles y Pendueles-Unquera.
- Autovía Cantabria-La Meseta (A-67). Aguilar de Campoo-Puebla de San Vicente, Variante Noreste de Palencia y

Herrera del Pisuerga-Villaprovedo.

- Autovía Oviedo-La Espina (A-63). Salas-La Espina, Dóriga-Cornellana, Grado- Dóriga y Cornellana-Salas.
- Autovía de la Plata (A-66). Variante de Plasencia, Villar de Plasencia-Aldeanueva del Camino, Béjar-LP, Béjar- Sorihuela, Sorihuela-Guijuelo, Guijuelo-Montejo, Salamanca-Autovía de Castilla, Calzada de Valdunciel-Salamanca, Calzada de Valdunciel-Cubo de la Tierra del Vino, Cubo de la Tierra del Vino-Corrales, Río Duero-Zamora(S).
- Autovía del Mediterráneo (A-7). Almuñécar-Taramay, Polopos-Albuñol, Variante de Alcoy, Vandellós-Hospitalet de L'Infant-Montroig del Camp, Guadalfeo-La Gorgoracha, La Gorgoracha-El Puntalón, El Puntalón- Carchuna, Lobres-Guadalfeo y Almuñécar-Salobreña.
- Autovía de Castilla (A-62). Ciudad Rodrigo-Fuentes de Oñoro.
- Autovía del Duero (A-11). Variante de Agreda y Boecillo-Laguna de Duero.
- Autovía A-2 en Girona. Sils-Caldes de Malavella.
- Autovía Sagunto-Aragón o Mudejar (A-23). LP provincial



Castellón/Teruel-Sarrión, Argüís-Alto de Monrepós, Caldearenas-Lanave y Congosto de Isuela Argüís.

- Autovía Bailen-Motril o de Sierra Nevada (A-44). Izbor- Vélez de Benaudalla, Vélez de Benaudalla-La Gorgoracha y Variante Exterior de Granada.
- Autovía Ávila-Salamanca (A-50). Variante de Ávila, Salamanca-Encinas de Abajo, Peñalba de Ávila-San Pedro del Arroyo, San Pedro del

Arroyo-Chaherrero, Villar de Gallimazo-Encinas de Abajo, Narros del Castillo-Peñaranda de Bracamonte y Peñaranda de Bracamonte-Villar de Gallimazo.

- Autovía Lleida-Frontera Francesa (A-14). Lleida- Roselló.
- Autovía Maqueda-Toledo-Cuenca (A-40). Tarancón-Alcázar del Rey, Villarrubia de Santiago-Santa Cruz de la Zarza, Noblejas-Villarrubia de Santiago y Torrijos-Toledo.

- Autovía Extremadura- Comunidad Valenciana (A-43). Argamasilla de Calatrava-Puertollano, Herrera Mancha-Argamasilla de Alba, Tomelloso-LP Albacete-C. Real y Villarrobledo-CN-301, Manzanares-Manzanares y Tomelloso-LP Albacete.
- Autovía del Sur (A-4). Venta Cárdenas-Santa Elena y Los Palacios-Dos Hermanas.
- Autovía Lleida-Huesca (A-22). Variante de Monzón, Alma-

Distribución económica de las operaciones del grupo Fomento por política

Políticas	Gastos corrientes				Operaciones de capital		Total
	Personal	Explotación	Financieros	Transferencias corrientes	Inversión (*)	Transferencias de capital	
<b>Ferrocarril</b>	1.471,624	2.344,943	206,294	0,195	7.501,247	66,680	11.590,983
<b>Carreteras</b>	87,527	32,936	-	-	4,173,765	217,178	4.511,406
<b>Aeropuertos</b>	1.083,592	875,533	291,615	1,447	1.888,276	-	4.140,463
<b>Correos</b>	1.537,526	603,155	2,018	1,808	254,331	-	2.398,838
<b>Puertos</b>	251,481	209,333	43,796	-	1.413,457	-	1.918,067
<b>Otras políticas</b>	155,723	140,764	11,367	635,023	401,838	73,604	1.418,319
<b>Total</b>	<b>4.587,473</b>	<b>4.206,664</b>	<b>555,090</b>	<b>638,473</b>	<b>15.632,914</b>	<b>357,462</b>	<b>25.978,076</b>

\* Inmovilizado material, inmaterial y financiero



celles-LP. Lleida- Huesca, Variante de Binéfar, Velillas-Siétamo, Variante de Barbastro, Variante de Almacenes y LP Huesca- Variante de Binéfar, El Pueyo- Ponzano y Ponzano-Velillas.

- Autovía del Camino de Santiago (A-12). Hormilla-Hervías y Hervías-Grañón.
- Autovía Trujillo-Cáceres(A-58). Plasenzuela-Santa Marta de Magasca y A-5-Trujillo.

#### Tramos de autovía que se finalizarán en 2007

Durante el año 2007, se terminarán los siguientes tramos de autovías:

- Autovía del Cantábrico (A-8). Soto del Barco-Muros de Nalón, Ballota-Cadavedo, Abeledo- Baamonde, Las Dueñas-Novellana, Novellana-Ballota, Querúas-Oturu, Tapia de Casariego-Barres, Barres-Ribadeo, Ribadeo-Reinante, Regovide-Villalba y Cadavedo- Querúas.
- Autovía Cantabria-La Meseta (A-67). Variante de Aguilar de Campoo y Molledo-Pesquera.
- Autovía Oviedo-La Espina (A-63). Llera-Grado y Variante de Grado.
- Autovía de la Plata (A-66). Mérida-Aljucén, Venta del Alto-Ribera de Huelva, Ribera de Huelva-El Ronquillo, Plasencia-Villar de Plasencia y Cuatro Calzadas-Salamanca

- Autovía del Mediterráneo (A-7). Nerja-Almuñécar, Sagunto-Almenara, Montrou del Camp-Cambrils, Cambrils-Variante de Vilaseca y Albuñol-Adra.
- Autovía Córdoba-Málaga (A-45). Córdoba-Fernán Núñez, Enlace de Aguilar de la Frontera (conexión A-309 con autovía Córdoba-Antequera), Fernán Núñez-Montilla, Variante de Encinas Reales, Encinas Reales-Benamejé y Benamejé-Antequera.
- Autovía de Castilla (A-62). Salamanca (N)-Salamanca (O).
- Autovía A-2 en Girona. Aeropuerto-Fornells de la Selva y Caldes de Malavella-Aeropuerto.
- Autovía Sagunto-Aragón o Mudejar (A-23) Romanos-Mainar, Río Palancia-Viver, Viver-L.P. Castellón/Teruel, Calamocha-Romanos, Mainar- Paniza y Paniza-Torrubia.
- Autovía Cádiz-Algeciras o Costa de la Luz (A-48). Conil-Vejer.
- Autovía Lleida-Frontera Francesa (A-14). Túnel Vielha. Autovía Maqueda-Toledo-Cuenca (A-40). N-V-Maqueda-Torrijos y Alcázar del Rey-Horcajada de la Torre.
- Autovía Extremadura- Comunidad Valenciana (A-43). Manzanares-Herrera de la Mancha.
- Autovía del Camino de Santiago (A-12). Variante de Navarrete-Nájera. ♦

## Contrato programa del Estado con ADIF

De forma similar a la que se ha venido haciendo desde hace varios lustros con RENFE, el Estado suscribirá un Contrato Programa con ADIF en el que fundamentalmente se formalizan las aportaciones del Estado al Ente ferroviario y las obligaciones que éste asume en relación con las obras e instalaciones de las que es responsable.

El contrato se extiende hasta el año 2010. El compromiso de financiación del Estado se eleva a 11.884,2 M€, a la que se añadirán otros recursos propios, fondos de la U.E. y otras fuentes de financiación hasta una cifra cercana a 23.000 millones.

Una parte muy importante del presupuesto se ha dedicada a mantenimiento y modernización de las líneas convencionales de la red, que alcanzan 12.000 km. A actuaciones de refuerzo de la seguridad de las líneas destinarán 3.438 millones y otros 3.022 millones a otras inversiones que le encomiende en dichas redes el Ministerio de Fomento.

Durante el período del Programa, ADIF tiene previsto en la red convencional renovar prácticamente en su totalidad unos 500 km. de vías, otras actuaciones abordarán la modernización de líneas y terminales de tráfico de mercancías y también en la red y en las estaciones de cercanías, de las que se renovarán unas 45. También se llevará a cabo la extensión del Control de Tráfico Centralizado (CTC) a 800 nuevos km., con el fin de mejorar la seguridad y funcionalidad de la red. También se modernizarán 350

km. de catenaria y 15 subestaciones eléctricas. También se prevé la supresión del sistema de bloqueos telefónicos, a través de la eliminación de este sistema de regulación y control en 600 km. También se llevarán a cabo actuaciones sobre 900 pasos a nivel, mediante su eliminación o el reforzamiento de los dispositivos de protección.

A la construcción de nuevas líneas, especialmente de alta velocidad, el programa contempla una partida total de 5.125 M€. Entre ellos destacan las actuaciones en el tramo del AVE de Madrid a Galicia entre Orense y Santiago de Compostela, por un importe de 1.715,2 millones.

Otros aspectos del Programa se refieren a los compromisos de ADIF en relación con el aseguramiento de la eficiencia en la gestión de la Red, garantía de los niveles acordados en la seguridad, mejoras en la gestión, así como la puesta en marcha de actuaciones tendientes a favorecer la política europea de movilidad, como por ejemplo la interoperabilidad de los sistemas ferroviarios e intermodalidad entre los distintos servicios de transporte.

El personal se reducirá en un 8 % en relación con el número actual, cifrándose en 13.349 el total de empleados en el 2010. Finalmente ADIF se compromete a conseguir todos los valores acordados respecto a los indicadores de prestación de servicio, calidad de las infraestructuras, fiabilidad y disponibilidad de las instalaciones, accidentalidad y puntualidad. ♦

## Modificación de la normativa sobre contratos públicos y sobre subcontratación en la construcción

Actualmente se encuentra en tramitación parlamentaria un proyecto de Ley que afecta de modo importante al sector de la construcción y en particular a la contratación pública de obras, estudios y proyectos de ingeniería.

Nos referimos al Proyecto de Ley de Contratos del Sector Público (que sustituirá a la actual Ley de Contratos de las Administraciones Públicas, cuyo texto Refundido se promulgó en el año 2000. El texto del Proyecto de Ley ha sido publicado en el Boletín Oficial de las Cortes Generales de 8 de septiembre pasado.

La legislación vigente se aplica básicamente a las Administraciones Públicas si bien, progresivamente, se ha ampliado su ámbito subjetivo a otras entidades. El proyecto de nueva Ley regula los contratos de todo el sector público, lo que se traduce en que si bien el resultado no es sustancialmente muy distinto, la ley se estructura de forma más compleja.

Entre las novedades más significativas cabe destacar las siguientes:

- Junto a los actuales procedimientos de adjudicación: abierto, restringido y negociado se introduce uno nuevo, el llamado diálogo competitivo (art.164 del Proyecto).
- Se introduce y desarrolla un nuevo contrato de colaboración público-privado.
- Se contempla un recurso especial para determinadas decisiones que se adopten en los procedimientos de ad-

judicación de contratos sujetos a regulación armonizada, antes de interponer recurso contencioso-administrativo, sin que proceda la interposición de recursos administrativos ordinarios contra las mismas.

En cuanto al contrato de concesión de obras públicas se mantienen la regulación anterior con cambios limitados. El Proyecto excluye la regulación de la financiación privada de la concesión de obras públicas.

En cuanto al régimen económico financiero de los citados contratos se elimina la posibilidad de prorrogar los plazos fijados en los pliegos que rigen aquellos, más allá de los límites establecidos, hasta los 60 y 25 años respectivamente, para restablecer el equilibrio económico o excepcionalmente, para satisfacer los derechos de los acreedores en el caso en que los derechos de crédito del concesionario hayan sido objeto de titulación.

Por lo que se refiere al nuevo contrato de colaboración público-privado, el contratista colaborador de la Administración puede asumir, en los términos del contrato, la dirección de las obras que sean necesarias, así como realizar total o parcialmente, los proyectos para su ejecución y contratar los servicios precisos.

La contraprestación a percibir por el contratista colaborador consistirá en un precio que se satisfará durante toda la duración del contrato, y que podrá estar vinculado al cumpli-

miento de determinados objetivos de rendimiento. En el clausulado del contrato se incluirán, entre otras las condiciones de reparto de riesgos entre la Administración y el contratista desglosando y precisando la imputación de los riesgos derivados de la variación de los costes de las prestaciones y la imputación de los riesgos de disponibilidad o de demanda de dichas prestaciones. En cuanto a la remuneración del contratista se deberán desglosar las bases y criterios para el cálculo de los costes de inversión, de funcionamiento y de financiación, y en su caso, de los ingresos que la explotación de las obras o equipos reporte en caso de que sea autorizada y compatible con la cobertura de las necesidades de la Administración.

El plazo de duración de este nuevo tipo de contratos no podrá exceder de 20 años, en función de la amortización de las inversiones o de las fórmulas de financiación que se prevean.

No obstante cabrá la posibilidad de que el plazo alcance los 40 años, cuando por razón de la prestación principal que constituye su objetivo, el régimen aplicable sea el propio de los contratos de concesión de obra pública.

Por otra parte el 18 de octubre se aprobó la Ley 32/2006 reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción. Su objetivo fundamental es disminuir la siniestralidad laboral, que está muy ligada al uso excesivo de la subcontratación en el sector de la construcción.

La Ley desarrolla su contenido en una triple dirección. En primer lugar limitando el número de subcontrataciones en cadena, que se limitan a tres escalones, salvo circunstancias especiales y debidamente justificadas. Por otra parte se establece la exigencia de una serie de requisitos de calidad o solvencia a las empresas que vayan a actuar en este sector. Deberá acreditarse para ello (y se crea un Registro de Empresas acreditadas), la formación del personal en materia de prevención de riesgos laborales que se concretará en un carné o cartilla profesional. También deberá acreditarse la organización preventiva de la propia empresa en su conjunto y se asegurará un cierto nivel de empleos fijos, que de manera gradual deberá alcanzar dentro de tres años un 30 por 100 del personal con contratos de trabajo indefinidos.

Por otra parte se introducen mecanismos de información a disposición de los trabajadores y de la Administración, como por ejemplo la obligatoriedad de disponer en cada obra del correspondiente libro de subcontratación.

La Ley, que se circunscribe al sector de la construcción exclusivamente, ha sido objeto de críticas por parte de las empresas del sector que no consideran que con ello se conseguirán los resultados propuestos y que por el contrario supondrá un obstáculo al desarrollo de las empresas que en cierto número se verán conducidas a la desaparición. ♦

## Plan de saneamiento y depuración de aguas

El Ministerio de Medio Ambiente ultima el lanzamiento de un Plan de Saneamiento y Depuración 2006-2015 que incluye la realización de más de 2000 actuaciones. Entre ellas destaca la construcción de un número significativo de plantas depuradoras, aun sin determinar, en los principales núcleos urbanos del país.

Para la financiación de su importe, cifrado en 20.000 millones de euros, aparte de los recursos presupuestarios (3.000 millones, para las obras consideradas de interés general), serán necesarias aportaciones de Comunidades Autónomas y Ayuntamientos, de Fondos

Inversiones previstas	
Actuaciones declaradas de interés general	1.760
Actuaciones con o sin depuradora	2.676
Actuaciones por nueva declaración de zonas sensibles	4.782
Actuaciones para cubrir necesidades futuras	5.338
Actuaciones para contribuir a alcanzar los objetivos de la Directiva Marco de agua	1.913
Actuaciones en saneamiento (sin depuración)	2.794
Actuaciones para fomentar I+D+i en saneamiento y depuración	547
<b>Total</b>	<b>19.740</b>

de la Unión Europea y del sector privado.

Al importe del Plan, habría que sumar un porcentaje de entre el 10 y el 15 % en concepto de gestión, mantenimiento y explotación.

El Gobierno considera fundamental la implantación de un canon ligado a la gestión de

las infraestructuras y a los costes de funcionamiento de las nuevas instalaciones. Según el Ministerio de Medio Ambiente "los nuevos convenios bilaterales (entre la Administración Central y la territorial) deben plantear la exigencia clara de establecer un canon de saneamiento que, al menos, cubra

una parte importante de los costes de saneamiento y depuración".

El Plan Nacional de Calidad de las Aguas es consecuencia de la aplicación de la nueva eurodirectiva marco del agua. Su desglose valorado es reflejado en el cuadro adjunto (en millones de euros). ♦

### Sobre las bajas en ofertas a concursos de ingeniería

La Comisión de Consultoría y Ejercicio libre del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos ha hecho público un informe titulado "Las crecientes bajas en los concursos de ingeniería".

En dicho documento se analiza la génesis del problema originado por las ofertas con bajas excesivas en los concursos de proyectos convocados por las Administraciones Públicas, sus consecuencias y soluciones. Finalmente concluye con las siguientes propuestas.

1. Que el Ministerio de Fomento, así como otras Administraciones Públicas, consideren cualquier baja superior al 15% del importe del presupuesto de licitación como baja temeraria, tanto en subastas como en concursos a tra-

vés de su determinación en los pliegos.

2. Que se constituya un Grupo Consultivo compuesto por representantes del Ministerio de Fomento, del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos y de Tecniceria-Asince con objeto de:

- Redactar los Pliegos de Condiciones y Reglamentos generales pertinentes para la regulación de los citados concursos.
- Obtener de forma consensuada un baremo de costes unitarios directos e indirectos, según precios reales de mercado, para los profesionales, recursos humanos en general y otros elementos de ingeniería auxiliar (topografía, geotecnia, análisis de laboratorio, etc.). ♦

### El sector del transporte, principal responsable de que España incumpla el tratado de Kyoto

El crecimiento "exagerado" del transporte, que desde 1990 ha aumentado sus emisiones un 80 por 100, es el principal obstáculo que tiene España para cumplir con el Protocolo de Kyoto, según el Secretario General para la Prevención de la Contaminación y el Cambio Climático del Ministerio de Medio Ambiente.

Si bien empresas e industria están cumpliendo con los límites fijados, no ocurre lo mismo con el sector transporte, que produce un 55 por 100 del total de emisiones contaminantes.

España se comprometió en 1997 a que sus emisiones no crecieran más de un 15 por



100 en el promedio del período comprendido entre 2008 y 2012 con respecto a los niveles de 1990. Sin embargo los datos de 2004 ya mostraban que se estaba contaminando más del triple del compromiso adquirido, con lo que España tendrá que comprar derechos de emisión a otros países. ♦

## Siete empresas cuentan ya con la licencia de empresa ferroviaria

La Ley del Sector Ferroviario que entró en vigor en enero de 2005 liberalizó el transporte por ferrocarril, abriendo la posibilidad de que nuevas empresas entraran en el negocio ferroviario. Dos años más tarde son siete las empresas que han obtenido del Ministerio de Fomento la preceptiva licencia como operadoras. Además tendrán efecto en nuestro país las licencias otorgadas por otros países de la Unión Europea. Son las nuevas competidoras de Renfe.

Las primeras empresas en obtener su licencia ferroviaria fueron Comsa Rail Transport y Continental Rail, las dos pertenecientes a grupos del sector de la construcción, Comsa y ACS respectivamente. Posteriormente, Acciona Rail Services (Grupo Acciona), Activa Rail (Grupo Transfesa), Tracción Rail (Grupo Azvi) y el operador vasco EuskoTren, obtuvieron su correspondiente licencia. En estos momentos se encuentran



en fase de tramitación Corporación General de Transportes (Grupo FCC) y Arcelor Siderail.

Todas ellas cumplen los requisitos que recogía la Ley y que se referían fundamentalmente a ser sociedades anónimas cuya principal actividad fuera la prestación de servicios de transporte por ferrocarril, ya sea de viajeros o de mercancías. Además



se requería capacidad financiera para hacer frente a sus obligaciones, garantía de competencia profesional de su personal y tener cubiertas las responsabilidades civiles.

La licencia que se ha obtenido tiene carácter único e intransmisible y especifica las actividades que puede realizar la empresa. Dentro de las licencias de operadoras se distinguen dos tipos, las que realizan su actividad ferroviaria de transporte de forma íntegra y las que sólo aportan la tracción necesaria para ese servicio.

Para poder operar las empresas tendrán que solicitar capacidad de infraestructura. Además de las empresas con licencia a esta capacidad pueden acceder también las agrupaciones empresariales internacionales constituidas por empresas con licencia, así como las administraciones públicas con competencias en materia de transporte.

Por último, los agentes de transporte, cargadores y operadores de transporte combinado que estén interesados en la explotación de un servicio ferroviario. Para ello precisarán de una habilitación otorgada por el Ministerio de Fomento.

Hay tres agentes de transporte que cuentan ya con habilitación para la adjudicación de capacidad de infraestructura. Se trata de Transfesa, Logística y Transporte Ferroviario y SICSA

Rail Transport, grupos de ACS y Dragados respectivamente.

Otras dos empresas, Conterail y Pecovasa, han solicitado ya la habilitación para dicha adjudicación. ♦

Fuente: Vía Libre

Empresas ferroviarias			
Nombre	Grupo	Concesión	Medios
Renfe Operadora	Ministerio de Fomento	Septiembre 200	5715 locomotoras y 16.504 vagones
Comsa Rail Transport	Comsa	Octubre 2005	37 locomotoras
Continental Rail	ACS	Octubre 2005	24 locomotoras
Acciona Rail Services S.A.	Acciona	Marzo 2006	2 locomotoras y 32 vagones
Activa Rail	Transfesa	Julio 2006	-
Tracción Rail	Azvi	Julio 2006	5 locomotoras y 33 vagones
EuskoTren	Gobierno Vasco	Agosto 2006	12 locomotoras y 42 vagones
Corporación General de Transportes	FCC	En trámite	-
Arcelor Siderail	Arcelor	En trámite	-

## Desarrollo del programa A.G.U.A Situación de las actuaciones al finalizar 2006

El Programa A.G.U.A. (Actuaciones para la gestión y la utilización del agua) responde a los compromisos del Gobierno en cuanto a la reorientación de la política del agua en España conforme a la legislación europea, tomando en consideración tanto su valor económico como el social y ambiental con el objetivo de garantizar la disponibilidad y la calidad, optimizar su aprovechamiento y proteger y restaurar los ecosistemas hídricos.

Las actuaciones declaradas prioritarias y urgentes por –en primer lugar– el decreto ley 2/2004 y, posteriormente, por la ley 11/2005 como alternativa al trasvase del Ebro derogado por estas disposiciones constituyen sin duda una de las piezas básicas del Programa A.G.U.A.; por ello, y por el hecho de tener encomendada la sociedad estatal Acuamed desde noviembre de 2004 una buena parte de dichas actuaciones, parece éste un momento apropiado para hacer balance de lo llevado a cabo por la sociedad durante estos dos intensos años de actividad.

### Desalación

El balance actual –aunque mejorable– es aceptablemente satisfactorio. Así, en el ámbito de la desalación, Acuamed ha adjudicado ya los contratos de cuatro plantas, por un importe global de más de 640 millones de euros y con una capacidad conjunta de producción de 165 hm<sup>3</sup>/año, equivalente, para hacernos una idea, al abastecimiento íntegro y ex-



clusivo de una población de 1.700.000 personas. La planta de Torreveja, la mayor de todas, destinará 40 hm<sup>3</sup> al abastecimiento de Alicante y Murcia a través de la Mancomunidad de los Canales del Taibilla, y otros 40 hm<sup>3</sup> al Sindicato Central de Regantes del Acueducto Tajo/Segura, si bien esta última capacidad puede ampliarse hasta 60 hm<sup>3</sup>. La planta de Águilas, también de grandes dimensiones, suministrará 50 hm<sup>3</sup>/año a los regantes de esta población y los de Lorca, Puerto Lumbreras y Pulpí, y 10 hm<sup>3</sup> a la Mancomunidad del Taibilla. La planta, más pequeña, del Almanzora aportará 15 hm<sup>3</sup> a los regantes almerienses de esta zona y 5 hm<sup>3</sup> a la sociedad pública Galasa que abastece al levante almeriense. Finalmente, la ampliación de la actual planta desaladora de El Mojón incrementará en otros 5 hm<sup>3</sup> los recursos que aporta a los regantes de la cuenca del Segura. Otras seis plantas –con una capacidad conjunta de 85 hm<sup>3</sup>/año– se encuentran actualmente en licitación o lo van a estar de forma inmediata. La

mayor parte de ellas se destina al abastecimiento; son las de Adra en Almería, Mutxamel/ Campello y Denia en Alicante, Sagunto en Valencia y Oropesa en Castellón; la planta de Dalias, también en el poniente almeriense, se utilizará para abastecimiento y regadío. En cuanto a las plantas de Fuengirola/Mijas en Málaga y la de Moncófar en Castellón –ambas para abastecimiento, con una capacidad conjunta de 32 hm<sup>3</sup>–, van a iniciar el proceso de información pública en muy breve plazo.

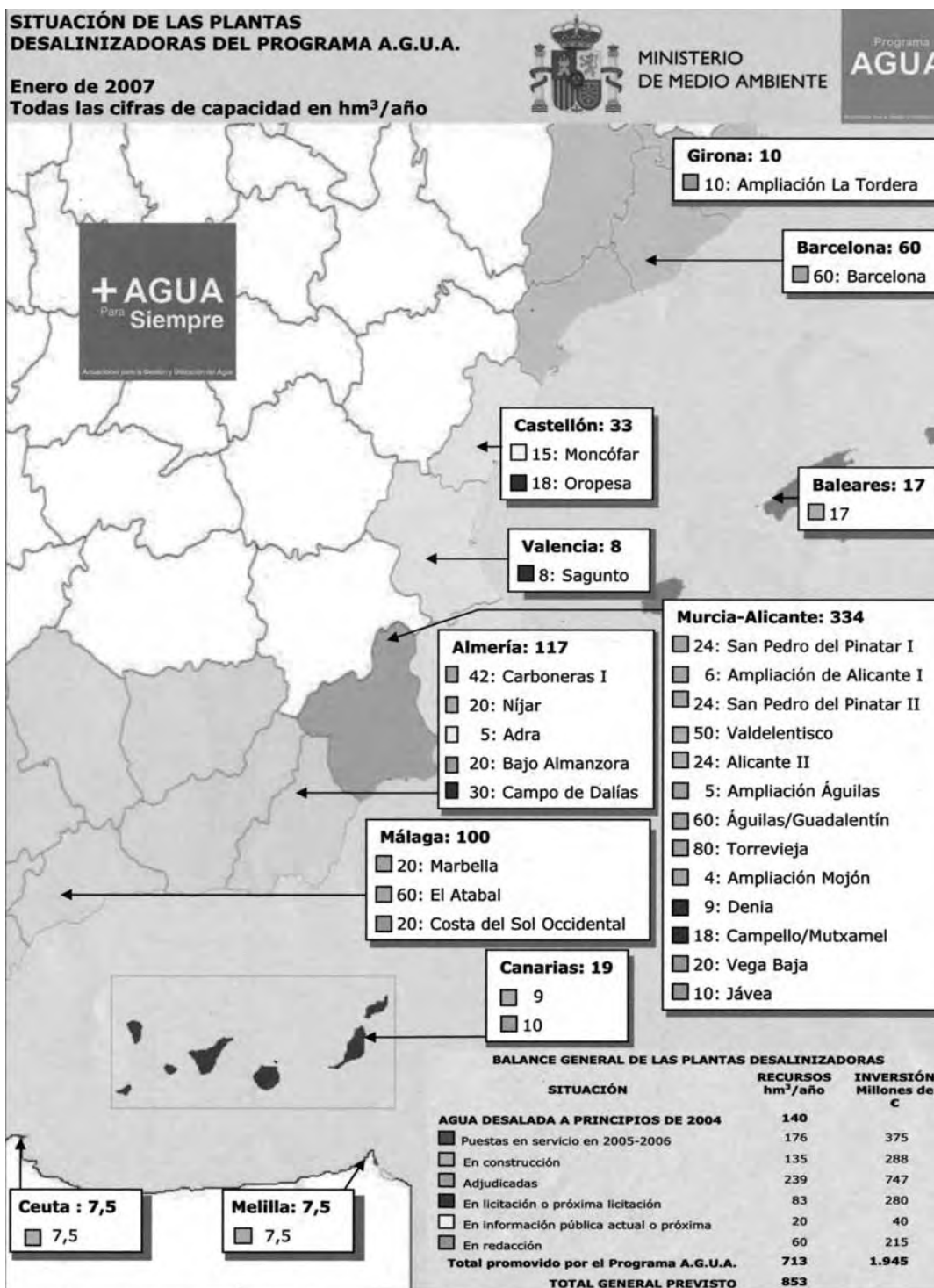
De otro orden distinto, para terminar con el sector de la desalación, ha sido la actividad respecto a varias plantas no ejecutadas por Acuamed, pero cuya explotación tiene encomendada directamente o a través de la sociedad estatal Acusur, absorbida por la primera en 2006. Así, Acuamed, por una parte, ha adquirido a la Mancomunidad de Municipios de la Costa del Sol Occidental la planta de Marbella –de 20 hm<sup>3</sup>/año de capacidad–; por otra, ha puesto en servicio en 2005 las plantas, construidas

por Acusur, de Carboneras en Almería –42 hm<sup>3</sup> para abastecimiento y riego– y El Atabal en Málaga, instalación que puede tratar 60 hm<sup>3</sup> de las aguas salinizadas del embalse de Guadalhorca para el abastecimiento de la ciudad. La entrada en explotación de estas tres plantas ha sido crucial para garantizar el suministro de agua durante la tremenda sequía que ha afectado en estos años a la que fue Cuenca Hidrográfica del Sur, hoy Cuenca Mediterránea Andaluza.

### Otras actuaciones de abastecimiento

Otras actuaciones puestas ya en marcha por Acuamed en el ámbito del abastecimiento urbano –con una inversión global de unos 225 millones de euros– merecen destacarse también. Por un lado, dos grandes conducciones ya han sido adjudicadas; una permitirá asegurar el abastecimiento del levante almeriense con el agua producida por la planta de Carboneras, y la otra aportará nuevos recursos hídricos para garantizar el suministro de Málaga, ciudad para la que también han sido ya adjudicadas las obras de tratamiento de fangos de su planta potabilizadora de El Atabal.

Por otro lado, ya han sido licitadas –y serán adjudicadas próximamente– tres de las infraestructuras de las cinco que, en total, reforzarán de forma muy importante el abastecimiento del área metropolitana de Valencia gracias a nuevos



Campo de Dalías -El Ejido, Roquetas de Mar, Adra- para usos urbanos, agrícolas y campos de golf ya están en construcción.

Asimismo, están licitadas y serán adjudicadas en breve, por un lado, varias infraestructuras para la reutilización de la gran planta de Pinedo de Valencia en usos agrícolas y en la regeneración de La Albufera -tras un tratamiento especial con filtros verdes en este último caso-, y por otro la reutilización de las plantas de Marbella, Estepona, Mijas y Manilva para campos de golf.

Finalmente, van a ser licitadas de forma inmediata las obras de reutilización de las plantas depuradoras de Sueca y Albufera Sur, ambas en Valencia, con fines agrícolas y, como la de Pinedo, de regeneración de La Albufera.

**Modernización de regadíos**

Las inversiones en diferentes actuaciones de modernización de regadíos que ya se encuentran en su fase final de ejecución ascienden a unos 115 millones de euros. Por una parte, están en construcción las obras de consolidación de los regadíos de la Val d'Uixó en Castellón, mediante el aprovechamiento de los excedentes invernales del río Belcaire.

Por otra parte, se licitarán en breve la gran reparación del canal del Campo del Turia y las obras de reordenación de la huerta y red de saneamiento de Valencia.

**Prevención de inundaciones y rehabilitación ambiental**

En estos dos campos de la prevención de inundaciones y

depósitos y conducciones y la ampliación de la capacidad de potabilización. Asimismo será licitada próximamente la planta desnitrificadora de L'Eliana.

**Reutilización**

También en el ámbito, más complejo de gestionar, de la reutilización de aguas residuales tratadas se han registrado

avances significativos en cuanto a la ejecución de actuaciones que totalizan una inversión de unos 120 millones de euros. Las obras de reutilización de tres plantas depuradoras del

la rehabilitación ambiental, hay una inversión conjunta de unos 310 millones de euros que está también en la fase final de desarrollo.

En cuanto al primer objetivo, ya está adjudicada la construcción de los interceptores de aguas pluviales en Cartagena, y licitadas las obras de prevención en el barranco de Benimodo en Valencia. Próximamente, también en Valencia, se licitarán asimismo las obras de prevención en la rambla Gallinera y en el río Serpis.

Dentro de las actuaciones de rehabilitación ambiental, destaca sin duda la descontaminación del embalse de Flix sobre el río Ebro, en Tarragona, cuya ejecución será licitada próximamente. También lo serán, por un lado, la recuperación del río Segura a lo largo de la Vega Alta en Murcia, y por otro la del cauce del Ebro entre Flix y el Delta y la del propio Delta del Ebro.

### CONCLUSIÓN FINAL

Puede concluirse de todo lo expuesto el enorme esfuerzo técnico, administrativo y de concertación social e institucional realizado por Acuamed desde que hace dos años le fueran encomendadas por el Ministerio de Medio Ambiente más de 80 actuaciones a lo largo de todo el Mediterráneo, con una inversión global de unos 3.000 millones de euros, que a finales de 2006 un 28% de esa inversión se encuentra en ejecución –y en una pequeña parte terminado–, otro 34% en licitación, o a punto de ser licitado, y que el restante 38% será objeto de tramitación y licitación prácticamente en su totalidad a lo largo de 2007. ♦

## Fomento adjudica las obras de modificación de las líneas C-3 y C-4 en el acceso a la estación de Atocha

El ministerio de Fomento ha adjudicado a la Unión Temporal de Empresas Dragados, S.A. y Tecsma las obras de modificación de las Líneas C-3 y C-4 de cercanías en el acceso a la estación de Atocha. El presupuesto de adjudicación asciende a 19.949.813,99 euros y el plazo de ejecución de las obras es de 14 meses.

La actuación forma parte de los trabajos que se están llevando a cabo para dotar a las cercanías de Madrid de un nuevo túnel que permita penetrar en el centro de la ciudad a las líneas C-3, Atocha-Aranjuez, y C-4 Atocha-Parla, evitando así a los usuarios de estas líneas el hasta ahora inevitable transbordo en la estación de Atocha e introduciendo los ahorros de tiempo de viaje reflejados en la tabla adjunta.

Estas obras recogen la modificación de las vías de las Líneas C-3 Atocha-Aranjuez y C-4 Atocha-Parla en el acceso a la estación de Atocha, mediante la construcción de un "salto de carnero", que consiste en una estructura sobre las vías, que permite el cruce de una vía a otra sin interferir el tráfico. Se consigue, de esta forma, introducir las unidades de ambas líneas de cercanías por las vías, que conectarán directamente



con el nuevo túnel de cercanías entre Atocha y Chamartín.

Estas obras forman parte del Nuevo Enlace Ferroviario de cercanías entre las estaciones de Atocha y Chamartín que está construyendo el Ministerio de Fomento. El nuevo enlace tendrá 3 estaciones intermedias y una vez finalizado supondrá importantes ventajas para los usuarios de la red de cercanías de Madrid.

Con la apertura de la nueva conexión, las líneas C-3 y C-4 entrarán directamente en el nuevo túnel, sin que los usuarios que se dirigen a Nuevos Ministerios tengan que hacer transbordos como en la actualidad. De esta forma se conseguirá un mejor funcionamiento de la estación y una notable descongestión de los andenes en hora punta con las siguientes mejoras:

a) Una apreciable disminución en los tiempos de viaje,

hasta 30 minutos entre la ida y la vuelta, para los miles de viajeros diarios de las líneas C-3 (Aranjuez) y C-4 (Parla) que se dirigen al centro de Madrid y al eje de la Castellana, que ya no tendrán que transbordar en Atocha.

b) Una ampliación espectacular de las opciones de interconexión entre cercanías y la red de metro de Madrid, pues se facilitarán las conexiones con 8 líneas de la red de metro y el acceso a la zona más céntrica de Madrid.

c) La descongestión de la línea 1 de metro entre Atocha y Sol, al poder acceder directamente a cercanías.

d) La duplicación de la capacidad de circulación de trenes en dirección sur-norte entre las estaciones de Atocha y Chamartín, resolviendo los problemas de saturación del túnel actual. ♦

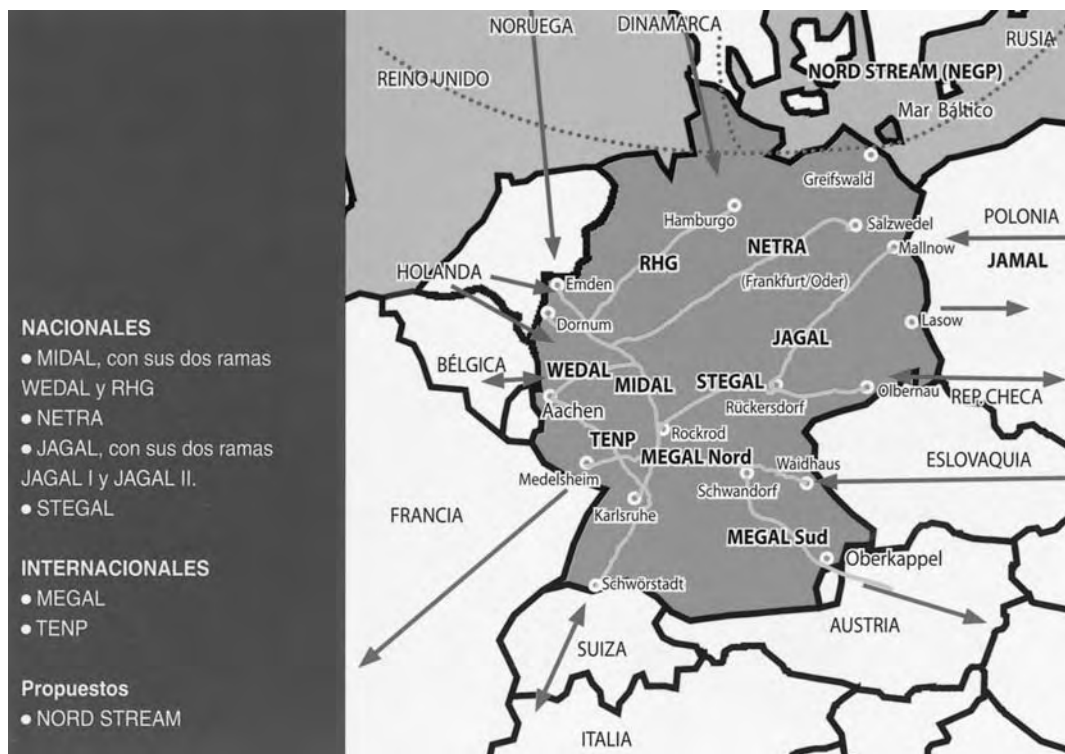
Tiempo en minutos entre	PARLA		GETAFE CENTRO		PINTO	
	Situación actual	Situación futura	Situación actual	Situación futura	Situación actual	Situación futura
SOL	39	27	30	18	37	25
ALONSO MARTINEZ	44	29	35	20	42	27
NUEVOS MINISTERIOS	39	31	30	22	37	29
CHAMARTIN	45	36	36	27	42	34

## La energía y en particular el gas natural en Alemania

El gas natural puede presumir en Alemania de ser la única fuente de energía fósil cuyo consumo ha crecido en la última década. Pero la falta de producción interna para cubrirlo obliga a recurrir a las importaciones, y en ellas resulta fundamental el triángulo formado por Alemania, Rusia y los países de Europa del Este. En su configuración interna el sector gasista alemán combina el ámbito nacional para las actividades de grandes volúmenes con el regional para las ventas al por menor.

Una gran potencia económica suele ser también un gigante en el campo energético. Y así ocurre con Alemania: en el consumo primario de energía ocupa el primer lugar de la UE y el sexto de todo el mundo, conforme al BP Statistical Review 2006.

Pero más interesante resulta ahondar en la base de su posición. La respuesta en principio también parece obvia en una potencia industrial de principios del siglo XXI. Si Alemania es un gran consumidor energético se debe principalmente a los hidrocarburos: al petróleo (37,5% de la matriz de consumo primario), carbón (25,3%) y al gas natural (23,9%). Pero lo más interesante es que la demanda de energía recae cada vez menos en el petróleo y el carbón, y cada vez más en el gas natural. El consumo energético de Alemania en los últimos 10 años (1995-2005) ha retrocedido a una tasa anual del 0,28%. Idéntica tendencia negativa han manifestado el petróleo y el carbón, con unos decrementos anuales del 1,05% y del 0,98%, respectivamente. En



cambio, el gas natural ha incrementado su consumo un 1,45% cada año, hasta los 85,9 bcm de 2005.

El resto de la matriz corresponde a la energía nuclear y a las renovables, que aunque representan unos porcentajes pequeños, sin embargo colocan al país en una posición privilegiada en la lista mundial de dichas fuentes. En cuanto a la energía nuclear, Alemania ocupa el cuarto lugar por consumo, precedida por Estados Unidos, Francia y Japón. En el campo de las energías renovables, y atendiendo a la potencia instalada, Alemania es el primer país del mundo en energía eólica con 18,4 GW, seguido de cerca por España con 10 GW; en solar fotovoltaica ocupa el segundo lugar con 794 MW, sólo superado por Japón.

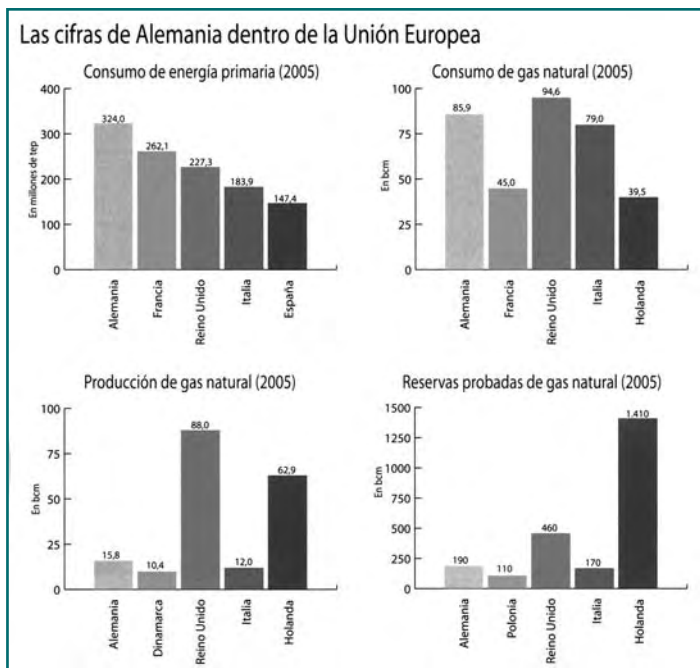
Las importaciones constituyen el recurso indispensable para cubrir más del 80% del consumo energético. ¿De dónde proceden los suministros? Junto a pequeños flujos enviados desde Dinamarca y el Reino Unido, Alemania recibe gas desde Holanda, Noruega y Rusia. Sobre todo Rusia, que representa un 40,3% de las importaciones alemanas.

Éste, a su vez, es consciente de que Alemania es su principal cliente: el 24,2% del gas que sale de Rusia tiene como destino el país germano.

La relación entre estos dos países también concierne a otros. Porque Alemania mantiene una relación recíproca con los vecinos de Europa del Este, en la cual estos países (Polonia, República Checa, Eslovaquia...) dejan pasar el gas ruso destinado hacia Alemania, y

ésta vende gas a esos mismos países, constituyendo a su vez un lugar de tránsito para el mismo gas ruso dirigido a Francia o a Italia. De ahí que los países del Este presten atención a cualquier movimiento acordado por Rusia y Alemania.

El encuentro entre Vladimir Putin y Gerhard Schroeder, en septiembre de 2005, sirvió para apadrinar la construcción de un gasoducto en el mar Báltico, que permitirá al gas ruso bordear los países por los que tradicionalmente circulaba (Ucrania, Bielorrusia, Polonia). El NEGP o Nord Stream transcurrirá desde Vyborg, en la costa báltica rusa, hasta Greifswald, en Alemania, y superará los 1.200 km de longitud. A finales de 2005 comenzó su construcción, y estará concluido en 2010, con una capacidad de transporte de 27,5 bcm anua-



les, si bien está prevista la construcción de un conducto paralelo con la misma capacidad. El consorcio encargado de la construcción está formado por la construcción está formado por Gazprom (51%), Basf (24,5%) y EON (24,5%), aunque sus miembros no descartan que en el futuro sus porcentajes se vean modificados por la entrada de nuevos socios. La inversión estimada supera los 5.000 millones de euros.

Gerhard Schroeder, que en la actualidad preside el propio consorcio Nord Stream, ha repetido una y otra vez que el nuevo gasoducto no competirá con los ya existentes en Alemania. Pero no convenció plenamente a otros países centroeuropeos, los cuales temen quedar aislados en el mapa energética de la zona y recelan de Rusia.

Observando los gasoductos internacionales actualmente existentes que pasan por Alemania se comprende la profunda interrelación entre ese país y los vecinos del este, o in-

cluso de otros puntos cardinales. Por ejemplo, el STEGAL (siglas en alemán del Gasoducto Sajonia-Turingia) abastece a Alemania con gas ruso a través de la República Checa y Eslovaquia, y su reversibilidad permite que estos dos últimos países puedan recibir a su vez volúmenes de gas desde Alemania. El MEGAL (siglas en alemán de Gasoducto Centro europeo) atraviesa la República Checa, cruza Alemania y permite llevar el gas ruso hasta Francia. El TENP (Gasoducto Transeuropeo, en inglés) conecta Alemania con Italia y su flujo es reversible: puede tanto introducir en Italia gas de la red alemana, como en Alemania gas procedente de Italia, por ejemplo con origen en Libia o Argelia. El JAMAL introduce gas ruso en Alemania a través de Polonia. En suma, la posición de Alemania lo erige como un país fundamental en el abastecimiento de gas en Europa. ♦

Fuente: Gas Actual

## Las grandes constructoras aumentaron su participación en las obras adjudicadas por Fomento y Medio Ambiente en 2006

El grupo ACS con su filial Dragados fue el que contrató un mayor importe de obras con el Ministerio de Fomento durante el año 2006, con una cuota del 13,9 % sobre un total de 6.090 millones de euros. El segundo lugar por volumen de obra adjudicada le corresponde a Acciona, con un 11,4 % del total. Seguidamente FCC, con un 10 % del total adjudicado y una mejora de dos puntos porcentuales en relación con el año anterior.

Los puestos cuarto, quinto y sexto del reparto correspondieron a Ferrovial, Sacyr y OHL, con el 9,5, el 6,8 y el 4 %, respectivamente. No obstante, el porcentaje de Sacyr se elevó al 10,6 % del total si se considera la adjudicación de la obra en concesión con la autopista de peaje Málaga-Las Pedrizas. Ferrovial mejoró en relación con el volumen adjudicado en 2005 que fue del 5,45 mientras que lo contrario ocurrió con OHL, que en 2004 fue la segunda constructora por volumen de obra adjudicado por el Ministerio de Fomento. El resto 48,4 % se adjudicó a empresas constructoras de menor tamaño, cifra inferior a la de años anteriores.

Por lo que respecta a obras adjudicadas por el Ministerio de Medio Ambiente, las grandes constructoras se repartieron el 67 % de las adjudicaciones. ♦

euros, Acciona se sitúa en primer lugar, con el 15,5 %, seguida por FCC, con 10,9 % y Sacyr, con el 9,64 %. Ferrovial, con el 8 % y Befesa (Abengoa), con el 6,8 % fueron los siguientes y ACS que obtuvo el 6 % de lo adjudicado. El resto 43,5 % se repartió entre las demás constructoras.

Por tipos de infraestructuras, las de ferrocarriles alcanzaron un total de 2.748 millones de euros. El reparto porcentual fue el siguiente:

ACS Dragados 16,78; Acciona, 11,93; FCC; 10,20; ferrovial, 8,49; Sacyr, 8,23 y el resto de empresas 44,37.

En obras de aeropuertos destaca ACS, seguida de Acciona (15,2 %), Ferrovial (14,8 por 100) y FCC (7,6 por 100). En puertos del Estado, también ACS ocupó el primer puesto con casi un 20 %, seguida de FCC con el 17 %.

En conjunto destaca el aumento del volumen de obra adjudicada a los cinco grandes grupos constructores que se repartieron el 51,5 % de las obras del Ministerio de Fomento, frente al 43 % de hace dos años, con disminución paralela del volumen de obra adjudicada a las empresas de menor tamaño. En Medio Ambiente, las grandes constructoras se repartieron el 67 % de las adjudicaciones. ♦



ACTIVIDAD EXTERIOR

## Acciona desarrolla en México la primera Universidad del mundo en régimen de concesión

**A**cciona ha resultado adjudicataria de la concesión del nuevo campus de la Universidad Politécnica de San Luís de Potosí, en México, por un periodo de 20 años, proyecto que supondrá una inversión de 35 millones de euros.

El nuevo campus contará con cuatro unidades académicas de 3.920 m<sup>2</sup> cada una (15.680m<sup>2</sup> en total) y tendrá capacidad para 5.000 alumnos. Las cuatro unidades se organizarán en 18 edificios, cuya construcción se realizará en cuatro etapas de un año, de forma que se vayan poniendo en servicio gradualmente. Las instalaciones del campus incluyen cafetería, biblioteca, reprografía, centro de mensajería, enfermería, centro de informática, centro de nuevas tecnologías, auditorio, salas audiovisuales, centros de idiomas, gimnasio y diferentes áreas deportivas al aire libre.

El régimen de concesión supondrá que Acciona se hará cargo de la construcción, equipamiento, mantenimiento y prestación de todos los servicios necesarios para que la Universidad preste sus servicios educativos, que serán cubiertos por la Secretaría de Educación Pública Mexicana. A cambio, el grupo español recibirá un canon anual por parte de la Administración mexicana. Con el fin de que la universidad cumpla con los estándares de calidad requeridos y que el estado de las instalaciones sea el óptimo, se ha elaborado un sistema de deducciones que evalúa el servicio prestado y, mediante fórmulas de revisión sobre distintos aspectos, determina el canon anual a pagar por la Administración.

Este modelo de contratación supone en la práctica la primera aplicación al ámbito educativo de un modelo de financiación ya consolidado en infraestructuras de transporte (autopistas, ferrocarriles...) y que ha empezado a implantarse en otras infraestructuras ligadas a los presupuestos públicos como hospitales, edificios públicos o cárceles. ♦

## FCC logra un contrato de 900 millones de euros en el Reino Unido

**W**aste Recycling Group, filial británica de FCC y líder en la gestión de servicios ambientales, ha firmado un contrato para la gestión de los residuos urbanos de los municipios de Reading, Bracknell Forest y Wokingham, situados en el condado de Berkshire, durante los próximos 25 años, en los que prevé facturar cerca de 900 millones de euros.

Se trata de un contrato de financiación privada (PFI), por el cual los tres municipios, conocidos por la Mancomunidad RE3, situados al oeste de Londres, pretenden adoptar una solución sostenible para la gestión de las 220.000 toneladas anuales de residuos que producen sus hogares.

WRG deberá efectuar diversas inversiones para la construcción de puntos limpios, estaciones de transferencia y una planta de reciclaje, por un importe de 68 millones de libras esterlinas.

Estas instalaciones permitirán a los tres municipios, que tienen una población conjunta estimada de 500.000 personas, alcanzar altos niveles de reciclaje y compostaje

durante los 25 años del contrato, que superarán los objetivos marcados por el gobierno central en cuanto a la reducción del uso de los vertederos.

FCC está presente en el Reino Unido desde hace 15 años. En España ocupa una posición de liderazgo, y su presencia en Portugal, Austria, República Checa, Eslovaquia, Polonia, Hungría y Rumanía posicionan a FCC como un operador líder en este sector.

Waste Recycling Group fue adquirida el pasado mes de julio por FCC, dentro del plan estratégico que impulsa su primera accionista, Esther Koplowitz. Uno de los objetivos de este plan es lograr que la cifra de facturación en el exterior sea aproximadamente el 35% del total. El precio de la

operación ascendió a 2.036 millones de euros.

WRG es la empresa líder de gestión de residuos en el Reino Unido. Gestiona 13 millones de toneladas anuales de residuos domésticos, comerciales e industriales y opera plantas para la recepción, reciclaje y eliminación de residuos en todo el Reino Unido, incluyendo una red de estaciones de transferencia y reciclado de residuos, así como una red nacional de vertederos. En total, WRG cuenta con 58 vertederos, con una capacidad de 185 millones de m<sup>3</sup>; 28 estaciones de transferencia; dos incineradoras, entre ellas la mayor del Reino Unido; 14 plantas de compostaje; 70 puntos limpios y otras instalaciones de reciclaje y tratamiento de residuos industriales. ♦



## ACTIVIDAD EXTERIOR

## Impulsión de Agua de mar en Marruecos adjudicada a Befesa

Maroc Fosphore ha adjudicado al consorcio Befesa-Staip-Abengoa, por más de 12 millones de euros, la impulsión de agua de mar para alimentar la refrigeración y el resto de los servicios de la nueva línea de producción de ácido fosfórico de su complejo fabril de Jorf Lasfar, en la costa atlántica de Marruecos, a unos 150 Km. al sur de Casablanca.

Maroc Fosphore III-IV fabrica más de tres millones de toneladas de productos derivados de los fosfatos procedentes de Khoungba, en cuyo subsuelo se encuentran las tres cuartas partes de las reservas mundiales de fosfatos.

Una de las medidas adoptadas por el complejo para preservar el medio ambiente ha

consistido en completar sus necesidades de agua industrial con agua de mar. Tan sólo una ínfima parte de estas necesidades se satisfacen con agua dulce, un 3 % del total.

Esta obra forma parte de la ampliación para aumentar su capacidad y alimentar las nuevas líneas de producción de ácido fosfórico y constará de un caudal para transportar 75.000 m<sup>3</sup>/h de agua de mar, conexión entre depósitos, una estación de impulsión con 3 grupos motobomba de 7.500 m<sup>3</sup>/h cada uno (ampliable al doble) y la red de conducciones de hormigón con camisa de chapa para distribuir 45.000 m<sup>3</sup>/h desde la estación de bombeo hasta las líneas de producción. ♦

## Parque Eólico en Australia

Acciona Energía ha iniciado en el Estado de Victoria (Australia) la construcción del parque eólico de Waubra, el mayor de los 154 instalados por la compañía en el mundo. Tendrá un total de 192 MW de potencia distribuida en 128 aerogeneradores de 1,5 MW de tecnología Acciona Windpower y supone una inversión de 238 millones de euros.

Es el segundo parque promovido por la compañía en Australia, tras Cathedral Rocks (66 MW), en el estado de South Australia. El parque reforzará la posición de Acciona en el desarrollo eólico del mundo, con alrededor de 5.000 MW implantados o en construcción.

El parque eólico permitirá evitar la emisión de 750.000 toneladas de CO<sub>2</sub>, lo que equivale a retirar de las carreteras el tráfico de unos 170.000 coches durante un año, y producirá electricidad equivalente al consumo anual de 143.000 hogares australianos.

El proyecto, enmarcado en el Plan de Negocio del grupo para el período 2004-2009, se ha visto posibilitado tras la aprobación por el Gobierno del Estado de Victoria, de un Plan de Energía Renovables (VRET) por sus siglas en inglés) que aporta estabilidad regulatoria a la inversión en energías limpias, al establecer la obligatoriedad de que las distribuidoras eléctricas adquieran un porcentaje mínimo de energía renovable. ♦

## Crecimiento de la actividad en el exterior de las empresas constructoras españolas

Continúa el crecimiento de la actividad en el exterior de las empresas constructoras españolas. En el primer semestre

de 2006, últimos datos homogéneos registrados en la CNMV (Mercado Nacional del Mercado de Valores), las seis construc-

toras que cotizan en Bolsa más las dos compañías concesionarias que también lo hacen, facturaron en el extranjero por im-

porte de 6.377 millones de euros, cifra superior en un 40,7 % a la registrada en el mismo período del año anterior.

Distribución geográfica de la facturación del primer semestre. En número de euros.

	España		Unión Europea		Países OCDE		Resto		Total extranjero	
	2006	2005	2006	2005	2006	2005	2006	2005	2006	2005
ACS:	5.708	4.744	333	340	288	262	467	372	1.088	974
Ferrovial:	2.695	2.443	1.487	1.289	870	125	192	214	2.549	1.628
Acciona:	2.497	1.764	256	107	36	127	82	93	374	327
Cintra:	126	117	25	16	176	142	60	45	261	203
FCC:	3.484	3.003	251	142	143	103	85	89	478	334
SyV:	1.750	1.284	342	352	60	7	27	119	429	478
OHL:	938	686	129	134	156	147	177	148	462	429
Aberthis:	780	702	690	114	9	9	38	35	737	158
<b>Total:</b>	<b>17.978</b>	<b>14.743</b>	<b>3.513</b>	<b>2.494</b>	<b>1.737</b>	<b>922</b>	<b>1.128</b>	<b>1.15</b>	<b>6.378</b>	<b>4.531</b>

Fuente: CNMV

## José-Javier Díez Roncero nombrado Secretario de la Demarcación de Madrid del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos



José-Javier Díez Roncero, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos de la Promoción de 1980, con la calificación de Matrícula de Honor y Premio Extraordinario Fin de Carrera, ha sido nombrado Secretario de la Demarcación de Madrid del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Tiene más de 26 años de experiencia profesional, de ellos 12 en instituciones públicas relacionadas con el desarrollo tecnológico y la coordinación institucional en diferentes ámbitos, y más de 14 años en el sector privado en ingeniería, como Director Internacional, en proyectos nacionales e internacionales. Ha trabajado en la coordinación corporativa con instituciones de ámbito internacional (U. Europea, Grupo Banco Mundial), así como con asociaciones como Tecniberia-Asince, en la Comunidad Autónoma de Madrid (Asicma) y el Colegio de Caminos en el ámbito profesional. Durante diez años ocupó puestos de responsabilidad en el CDTI, particularmente de 1988 a 1995 como Subdirector General del Centro para el Desarrollo Tecnológico. De 1995 a 1998 fue Director Internacional del Grupo Inarsa-Ingessgroup, puesto que asimismo ha ocupado hasta finales de 2006 en la Empresa de Ingeniería Euroestudios, S.L.



■ **Edelmiro Rúa Álvarez**, Presidente del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, ha recibido el Sello Ciudad Universitaria José Antonio Echevarría, que concede el Instituto Superior Politécnico de la misma denominación radicado en la capital de Cuba. El galardón es el reconocimiento de su destacada trayectoria como profesor e investigador, a su continua contribución a la formación de las nuevas generaciones de ingenieros civiles y su apoyo a la Facultad de Ingeniería de la citada Universidad cubana.



■ **Javier Manterola Armisén**, Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, ha sido nombrado académico de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando. Su discurso de ingreso, que tuvo lugar el 17 de diciembre, titulado "Relación entre la estructura resistente y la forma" versó, fundamentalmente sobre la estética de las construcciones de Ingeniería Civil, con especial incidencia en los puentes. Hizo referencia a las tres manifestaciones de lo ingenieril: la relación arquitecto-ingeniero, el mundo y la estética del ingeniero y la relación con el terreno y el paisaje. Asimismo se refirió al futuro de la construcción, que se está moviendo en varias direcciones, tales como el estudio y desarrollo de nuevos materiales de construcción, las llamadas estructuras inteligentes, etc. La *Revista de Obras Públicas* reproducirá en un próximo número el texto íntegro de su discurso.



■ **Modesto Batlle Girona**, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, ha sido nombrado Presidente de la Red Universitaria Iberoamericana de Técnicas Municipales, que agrupa a representantes de 17 Universidades.



■ **Ricardo Jaramillo Gallardo**, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, ha obtenido el premio "Ingeniero Joven 2006" de Andalucía. La entrega del galardón tuvo lugar en Granada el 16 de diciembre pasado. El premiado es Jefe de la Unidad de Gestión de Aguas del Levante Almeriense, S.A.



■ **José Medém Sanjuán**, Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, ha recibido la Cruz de Plata de San Juan Evangelista, correspondiente a los Premios de Comunicación y Relaciones Públicas de Madrid, en su edición 2005.



■ **Ramón M. Llamas Madurga**, Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, ha sido nombrado miembro de la Academie de L'Eau de Francia. Esta Academia, fundada hace diez años, se ocupa del análisis de los problemas del agua, no sólo en Francia sino a nivel mundial, M.R. Llamas es catedrático emérito de la Universidad Complutense y académico de la Real Academia de Ciencias, Exactas, Físicas y Naturales. Es el primer experto español que forma parte de la Academie de L'Eau.



■ **Agustí Pérez Foguet**, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, ha sido galardonado con el Premio Vicens Vives al Mérito Docente y con el Premio Cátedra Victoriano Muñoz Oms en la modalidad "Ciencia, ingeniería y valores", concedido por la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología. Es profesor del Departamento de Matemáticas de la Universidad Politécnica de Cataluña.



■ **Santiago Calatrava Valls**, Ingeniero de Caminos y Arquitecto, ha sido galardonado con el Premio Nacional de Ingeniería 2005 otorgado por el Ministerio de Fomento, por su aportación a las infraestructuras del transporte. En su decisión el Jurado ha querido reconocer en la trayectoria profesional del galardonado "una singular sensibilidad para integrar los elementos estéticos, estructurales y funcionales de las infraestructuras de transporte y convertir éstas en espacios públicos que dotan a las ciudades de nuevos referentes. Con ello agrega el fallo- Santiago Calatrava, está contribuyendo decisivamente al reencuentro entre técnica y sociedad, entre las infraestructuras y los ciudadanos".

## Premios Fundación Aena 2007



La Fundación AENA acaba de convocar la XII Edición de sus premios:

- Premio Luis Azcárraga para el desarrollo de las Infraestructuras Aeronáuticas
- Premio José Ramón López Villares proyectos fin de carrera
- Premio Periodismo trabajos periodísticos
- Premio Fotografía

Para los tres primeros premios citados, el plazo de presentación de trabajos es el próximo 31 de marzo. Para el de fotografía, el plazo vence el 18 de mayo.

Los interesados pueden dirigirse a Fundación AENA: General Pardiñas, 116. 3ª planta. 28006 Madrid. Tels: 91 321 18 00 / 01 -Fax: 91 564 26 36. fundacionaena@aena.es. ♦

## CENSOLAR Centro de Estudios de la Energía Solar

### Convocatoria de Becas

Para cursar, durante el año 2007-2008, y en régimen de enseñanza a distancia, los estudios conducentes a la obtención del Diploma de Projectista-Instalador de Energía Solar.

Requisitos: Residir en la Unión Europea y poseer unos conocimientos técnicos previos de grado medio, valorándose otros niveles.

Los aspirantes, para obtener los impresos de solicitud, deben dirigirse por escrito a Censolar, Departamento de Formación, Parque Industrial PISA, Edificio Censolar, C/ Comercio 12, 41927 Mairena del Aljarafe (Sevilla), fax: 956 186 111, o vía internet, a la dirección electrónica central@censolar.edu, indicando nombre y dirección postal completos, sus circunstancias personales, situación económica y motivo por el que se interesan por el tema de la Energía Solar, antes del día 30 de abril del presente año. Cualesquiera otros documentos justificativos, de ser necesarios, les serían requeridos con posterioridad. ♦

## La arquitectura del hierro en España

Los mercados del siglo XIX

Esteban Castañer Muñoz  
*Real Academia de Ingeniería*

Dentro de su colección "monografías", La Real Academia de Ingeniería acaba de publicar el libro titulado "La arquitectura del hierro en España. Los mercados del siglo XIX", del que es autor Esteban Castañer.

El Siglo XIX representa en toda Europa, y desde luego en nuestro país, la época en que la ingeniería da el paso definitivo en su propia transformación y en la de la Sociedad.

La incorporación de las base científicas a la enseñanza permiten sobrepasar las cortas miras de los gremios artesanales. La revolución industrial triunfante exige obras cada vez mejores y la investigación sobre hierros y aceros suministra los nuevos materiales

necesarios para llevar a cabo las ideas de visionarios como Telford, Eiffel, etc. Las grandes exposiciones universales permiten la exhibición de nuevas posibilidades como el extraordinario Cristal Palace, la no menos fenomenal Galería de Máquinas de París, con sus 111 metros de luz, o la simbólica Torre Eiffel.

El crecimiento de las ciudades exige dotaciones para las enormes cantidades de población que se urbanizan y, en ese sentido, los mercados con sus exigencias de salubridad, grandes espacios, ventilación y luz son una motivación perfecta para explorar el uso de las nuevas estructuras del acero.

Superada la etapa del desprecio a la antigua arquitectura industrial, la evolución del gusto estético y el propio espíritu de recuperación de nuestra historia impulsan la recuperación del patrimonio industrial, o de su conocimiento cuanto menos, como parte importante de nuestra cultura.



Para poder sensibilizar con una cuestión como ésta Esteban Castañer Profesor e Investigador de la Universidad "Michel de Montaigne Bordeaux III" y de la Autónoma de Barcelona, un hombre que en su madurez, aporta muchas horas de conocimiento en este campo. Actualmente es el experto en Historia de Arte Contemporánea en la Universidad de Perpignan y en el centro de investigaciones Históricas en las Sociedades Mediterráneas, ofrece al lector español su obra. "La Arquitectura del Hierro en España, los Mercados del siglo XIX.

Esteban Castañer pertenece a ese grupo selecto y escaso de hombres que han profundizado en el tema para quien quiera conocer este campo de su actividad. ♦

## Elegida la Junta de Gobierno de la Real Academia de Ingeniería

En la Sesión del Pleno Extraordinaria celebrada el pasado día 23 de enero de 2007, ha sido elegida la Junta de Gobierno de la Real Academia de Ingeniería, que se detalla a continuación:

Presidente: Excmo. Sr. D. Aníbal R. Figueiras Vidal  
Vicepresidente: Excmo. Sr. D. Pere Brunet Crosa  
Secretario General: Excmo. Sr. D. José Antonio Marín Pereda  
Tesorero: Excmo. Sr. D. Ramón Argüelles Álvarez  
Bibliotecario: Excmo. Sr. D. Enrique Cerdá Olmedo  
Interventor: Excmo. Sr. D. José Ignacio Pérez Arriaga