

Propósito de la Revista de Obras Públicas

La Revista de Obras Públicas es, básicamente, una revista de carácter técnico, 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 técnico, científico, 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 técnico, se adentra en un mundo más amplio que el de las revistas puramente científicas (cuyo objetivo, de mayor especialización, es el de dar a conocer de manera exclusiva tecnologías muy específicas y trabajos de investigación), atendiendo al ingeniero 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 3.468 • Año 153 • Julio-Agosto 2006

Editorial

5

Cincuenta años de SEOPAN
[Fifty years of SEOPAN]

Ciencia y Técnica de la Ingeniería Civil

7-26

Terraplenes y balasto en
Alta Velocidad Ferroviaria.
Segunda parte: Los trazados de
Alta Velocidad en otros países
[Embankments and Ballast in High Speed
lines in other countries]
Manuel Melis Maynar



27-34

Homologaciones Técnicas Europeas
para la calidad y la seguridad
[European Technical Approval
for quality and safety]
Andor Windisch,
Amadeo Vilar Brumbeck,
Fernando Martínez Pérez-Beato



35-48

Presente y futuro del tráfico
de contenedores
[Present and future of container traffic]
Alberto Camarero Orive,
Mª Nicoleta González Cancelas

Historia y Cultura de la Ingeniería Civil

49-56

Aproximación biográfica al Ingeniero de
Caminos del siglo XIX Manuel Peironcelly
[Biographical outline of the XIXth Century
Civil engineer Manuel Peironcelly]
Carlos Larrinaga Rodríguez



Obras y Proyectos de Actualidad

63-78

Duplicación de la línea de ferrocarril
Sevilla-Cádiz. Tramo Aeropuerto de Jerez
de la Frontera-Cádiz. Subtramo El Portal
[Duplication of the Seville-Cádiz line. Jerez
de la Frontera Airport-Cádiz section]
Julio César Valdivieso Roldán,
Jesús Molinero Gil



Secciones

La ROP hace 150 años 57
La ROP hace 100 años 59
La ROP hace 50 años 60
Informaciones [páginas amarillas] 79

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 noviembre de 2006

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:
Grafoffset 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

Íñigo Losada Rodríguez

Julio Martínez Calzón

Edelmiro Rúa Álvarez

Florentino Santos García

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 Armisén

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 Calvez

Vicente Sánchez Gálvez

Antonio Soriano Peña

Pedro Suárez Bores

Ignacio Tejero Monzón

Javier Torres Ruiz

Santiago Uriel Romero

Eugenio Vallarino 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

Editorial

Cincuenta años de SEOPAN

El pasado mes de febrero se han cumplido cincuenta años de la fundación de SEOPAN, asociación que se constituyó con el objetivo de representar, colectivamente, a las empresas españolas que habían trabajado en la construcción de las Bases americanas, defendiendo así sus intereses.

Treinta y dos fueron las empresas iniciales que afrontaron aquella situación. Y desde entonces, nada menos que 182 han sido las que, en períodos más o menos largos, han pertenecido a la asociación, hasta llegar en el momento actual a treinta empresas, de las cuales, las siete primeras son el resultado de la fusión o absorción de otras 38 que formaron parte, en algún momento, de la misma.

Con este motivo, y siguiendo la costumbre de realizar un balance anual del sector, SEOPAN acaba de publicar un informe del mayor interés que, además de la actividad correspondiente al año 2005, establece las cifras comparativas con 1956 y profundiza en lo que ha representado el sector en la economía española a lo largo de estos cincuenta años.

Los datos son verdaderamente importantes: por citar algunos de los más destacados, señalemos que el Valor Añadido Bruto del sector construcción ha pasado de suponer el 54% del PIB en 1956 al 104% en 2005; la cifra de negocio de las empresas constructoras ha crecido desde los 90 millones de euros de entonces a los 44.000 millones. Y el número de trabajadores ha evolucionado desde los 700.000 (el 65% de la población total ocupada) a 2.300.000 (el 124% de la misma). De ellos, 303.000 corresponden a las empresas de SEOPAN.

Finalmente, hay que resaltar que la exportación de construcción, que apenas existió hasta 1974, ha tenido un crecimiento notable, especialmente en los últimos años, llegando a la cifra de 4.060 millones de euros en construcción pura que se convierte en 9.520 si se tiene en cuenta el capítulo de concesiones.

El informe se convierte pues en un documento fundamental para estudiar el sector de la construcción en España desde 1956. Ha sido un camino muy largo, tanto que desde las primeras empresas (Obrascon, Hidrocivil, Agroman entre otras), han debido transcurrir muchas décadas para llegar a las actuales que compiten con las más importantes del mundo en la ejecución de las grandes obras de infraestructura.

Por ello, hay que destacar la importancia del informe publicado, que contribuye a explicar por qué estas empresas han pasado de responder al nombre, ciertamente peyorativo de contratistas, al de constructoras. Pero todo ello, no es sólo producto de la evolución de los tiempos o de las circunstancias: en las empresas de hoy, la investigación desarrollada en su seno para mejorar los procesos constructivos y de control, la formación continuada de sus cuadros directivos y técnicos, la implantación de unos métodos de innovación que han permitido conseguir los más importantes concursos internacionales, la exigencia de calidad, todo ello, en fin, responde a la capacidad y al trabajo de unos profesionales, muchos de ellos Ingenieros de Caminos, a los que es necesario reconocer todos sus méritos y hacer público su esfuerzo.

Las relaciones de la ROP con SEOPAN y sus empresas han sido siempre muy estrechas, igual que con las demás asociaciones del sector. Es habitual que gran parte de los artículos publicados en la Revista referidos a sus realizaciones, a sus éxitos, a sus problemas, procedan de miembros de esas empresas, importantes colaboradoras asimismo en el desarrollo de la publicación. Estamos seguros de que esa mutua colaboración seguirá existiendo y, con motivo de este importante aniversario, expresamos a SEOPAN nuestra más calurosa felicitación. ♦

Terraplenes y balasto en Alta Velocidad Ferroviaria. Segunda parte: Los trazados de Alta Velocidad en otros países

Embankments and Ballast in High Speed Rail Second part: High Speed lines in other countries

Manuel Melis Maynar. Prof. Dr. Ing. De Caminos, M.Sc, MBA
Catedrático de Geotecnia. ETS Caminos Coruña (Exced.). Catedrático de Ferrocarriles, ETS Caminos Madrid.
 Email : mmelism@terra.es

Resumen: El autor resume la evolución de los trazados de Alta Velocidad en Japón, Alemania, Francia y otros países, mostrando cómo los dos primeros decidieron ya hace décadas que para la Alta Velocidad no es válida la vía en balasto, y cómo la vía en placa ha llevado a su vez a la práctica eliminación de los terraplenes altos reduciendo su altura a 9 m y su asiento a 30 mm, bajando rasantes y alargando túneles. En Francia, que sigue con vía en balasto, hubo que cambiar todo el balasto a los 14 años de puesta en servicio del París-Lyon con un enorme coste, al igual que en el primer Shinkansen japonés Tokio-Osaka. Estos hechos, el enorme coste del mantenimiento del balasto, el peligro de su vuelo y el golpeo a los trenes y la imposibilidad de la utilización de la vía por los trenes de mercancías nocturnos debido al constante mantenimiento, hacen que el autor crea obligada la vía en placa para Alta Velocidad en España. La amortización de su mayor coste le parece ser mucho más cercana a los 8.8 años que dice Japón que a los 60 años que dicen algunos responsables españoles.

Palabras Clave: Alta Velocidad, Terraplén, Balasto, Vía en placa, Schotterflug

Abstract: The author summarises the development of high speed lines in Japan, Germany, France and other countries. Reference is made to the decision taken several decades ago by the first two countries not to employ ballasted track on high speed lines and how slab track has practically led to the elimination of high embankments and reduced heights to 9 metres and bases to 30 mm, reducing levels and lengthening tunnels. In France, where lines have continued to be ballasted, it was necessary to change all the ballast on the Paris-Lyon line after 14 years of service and at enormous cost and this also occurred on the first Japanese Shinkansen between Tokyo and Osaka. These factors together with the vast cost of maintaining the ballast and the fact that night freight trains cannot employ the track on account of this maintenance, leads the author to the conclusion that the total cost of slab track and its maintenance balances out in relation to ballasted track at lower than the 9 years indicated by the Japanese, and as opposed to the 60 years considered by certain Spanish authorities.

Keywords: High Speed, Embankment, Ballast, Slab track, Schotterflug

Introducción

En la primera parte de este trabajo se ha visto cómo los descensos de los terraplenes crean problemas a las líneas de Alta Velocidad, porque el balasto no parece permitir la circulación a más de 300 km/h a los trenes por los problemas que acarrea su vuelo, y los terraplenes no permiten construir sobre ellos la vía en placa. Se resume en este artículo la evolución de los trazados y superestructuras de vía de Alta Velocidad de Japón, Francia, Alemania, Italia, Corea y Taiwan.

La Alta Velocidad en Japón. Paso del balasto a la vía en placa hace 30 años

La red ferroviaria japonesa, la red de los famosos Shinkansen (nuevas vías), es la indicada en la figura 1.

Hoy Japón ya tiene en servicio el primer tren diseñado para 405 km/h de velocidad máxima, el Fastech 3605 (Ref.1) y tras los 515 km/h del TGV francés de 1990, tiene también el 2º record de velocidad en rueda-carril, los 443 km/h del Shinkansen 300X del 29 Julio 1996 (Ref.2), aunque las velocidades comerciales con

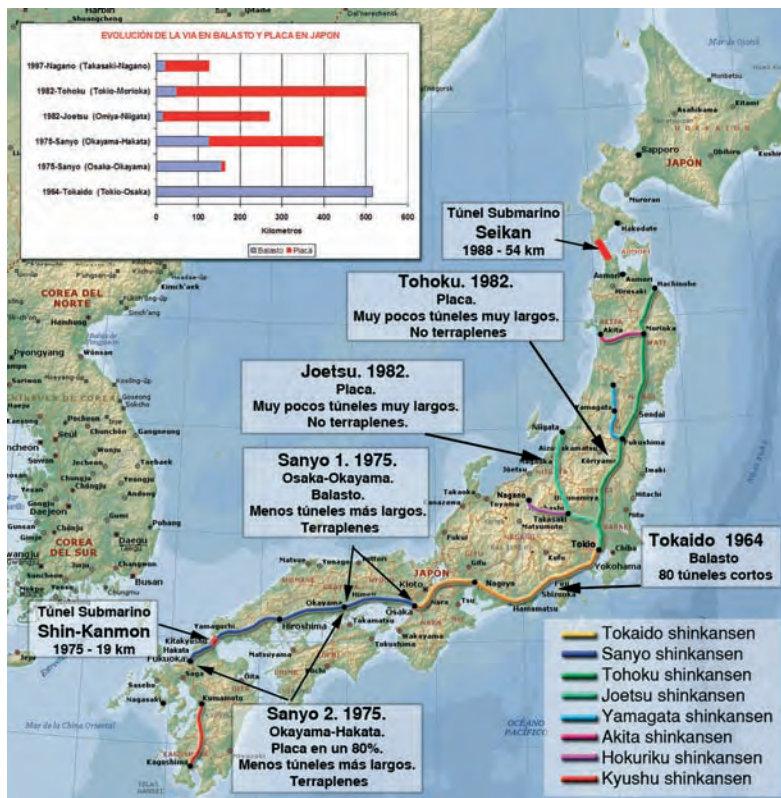


Fig.1. Red de Alta Velocidad en Japón (El Hokuriku Shinkansen se denomina hoy Nagano).

pasajeros avanzan en Japón muy poco a poco y con cautela.

Pese a la crisis de finales de los 80, los ferrocarriles de Alta Velocidad de Japón son un modelo a estudiar y se-

guir (Ref.4): el primer tren de Alta Velocidad del mundo fue el Tokaido Shinkansen, entre Tokio y Shin-Osaka, un tramo de 552.6 km (515 km sin los ramales) que entró en servicio el 24 de Septiembre de 1964 (Ref.5,6,7,8) para los Juegos Olímpicos de Tokio, financiado en su mayor parte con préstamos del Banco Internacional para la Reconstrucción y Desarrollo. Se proyectó menos de una década después de que Japón quedara terriblemente destrozado por la 2ª Guerra, con las dos bombas atómicas de Hiroshima y Nagasaki de Agosto de 1945, y la construcción comenzó en 1959, aunque la escasez de medios de la JNR (Japanese National Railway) en esos años no permitió hacer los tratamientos de terreno necesarios ni utilizar materiales de excelente calidad para los rellenos de sus 230 km de terraplenes (Ref.9). El radio mínimo es de 2.500 m (Ref.10), la rampa máxima 20 milésimas y la velocidad máxima en 1964 fue de 210 km/h, hoy aumentada a 270 km/h. Toda la vía del Tokaido se hizo en balasto, y a los doce años de servicio, todo este balasto tuvo que ser cambiado y renovado en 1976, operación que duró 5 años y obligó a reducir el número de circulaciones al día de 230 a 180 (veremos a continuación que en el tramo París-Lyon ocurrió lo mismo, teniendo que cambiar todo el balasto a los 14 años de servicio y obligando a circular en numerosos tramos en vía única durante varios meses al año). El trazado entre Tokio y Shin-Osaka tiene 49 túneles entre Tokio y Nagoya, y otros 31 entre Nagoya y Osaka, un total de 80 túneles, en general cortos salvo 18 que tienen más de 1 km de longitud y el de Tanna, de 7.9 km. La longitud total de estos túneles es de 62 km incluyendo

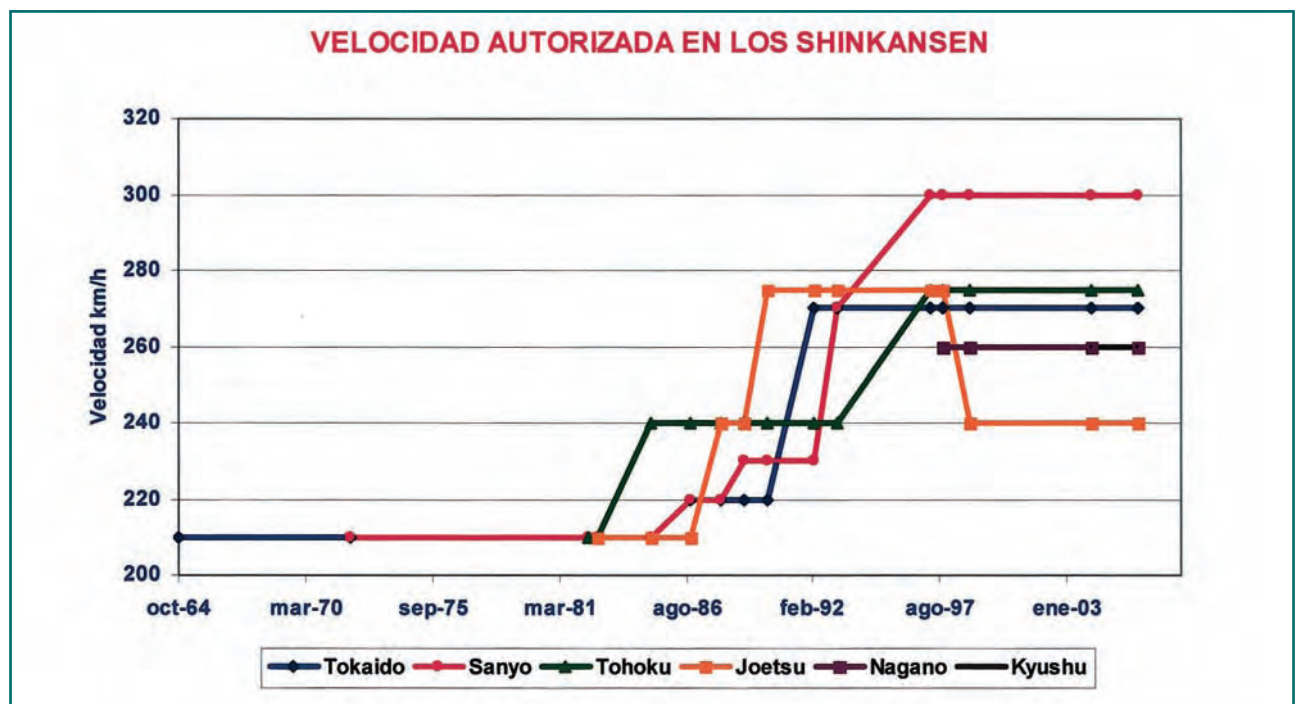


Fig.2.Paulatino aumento de las velocidades autorizadas en la Red de Alta Velocidad en Japón (Ref.3)

Tabla 1. Túneles del Tokaido Shinkansen mayores de 2.000 m

	Long. m
Shin-Tanna	7,959
Haneda	6,472
Nangosan	5,170
Otawayama	5,045
Kanbara	4,934
Kohoku	4,038
Ikubu	4,006
Yui	3,993
Izumigoe	3,194
Makinohara	2,917
Sekigahara	2,810
Okitsu	2,205
Sakanozaka	2,198
Ishibe	2,185
Higashiyama	2,094

Tabla 2. Túneles del Sanyo Shinkansen mayores de 2.000 m

	Long. m		
Shin-Kanmon	18,713	Aioi	3,989
Rokko	16,250	Onomichi	3,800
Aki	13,030	Hongo	3,683
Kitakyushu	11,747	Fuchū	3,523
Bingo	8,900	Habu	3,409
Fukuoka	8,488	Kurashiki	3,317
Kobe	7,970	Akechi	3,304
Hosaka	7,588	Takatsukayama	3,264
Shin-Kinmeiji	6,822	Daini-takayama	3,207
Ohirayama	6,640	Oto	3,065
Itsukaichi	6,585	Yamada	2,898
Koi	5,960	Asahara	2,863
Tonda	5,543	Konko	2,712
Ono	5,389	Imadate	2,680
Takehara	5,305	Kasaoka	2,622
Iwakuni	5,132	Futukaichi	2,575
Otake	4,875	Suma	2,388
Fukuyama	4,235	Daiichi-migita	2,255
Shinjo	4,120	Ako	2,146
		Yoshiyukiya	2,090
		Sudo	2,040

Tabla 3. Túneles del Tohoku Shinkansen mayores de 2.000 m

	Long. m
Hakkoda	26,500
Iwate-Ichinohe	25,810
Zao	11,215
Fukushima	11,075
Ichinoseki	9,730
Nasu	7,030
Daini-Shiroishi	3,737
Shiga	3,502
Ninohe	3,330
Shibutani	3,295
Osaki	3,065
Shirasaka	2,965
Ishikurayama	2,620
Daini-arikabe	2,428
Omata	2,415

2.2 km soterrados en las cercanías de Tokio, y la longitud total de los viaductos es de 18.1 km. Debido a la topografía del terreno, similar o incluso peor que la española, los túneles, viaductos y los tramos de vía elevada sobre pórticos suman un total de 226 km, casi la mitad del tramo. Hoy, año 2006, el trayecto entre Tokio y Osaka, los 552.6 km, se realiza por los trenes expresos (Nozomi) en 2h 30m a una velocidad comercial de 221 km/h, y circulan 287 trenes al día. Al entrar en servicio el 1 de Octubre de 2003 las cocheras de Shinagawa en Tokio (Ref.11) los trenes del Tokaido pasaron en hora punta de 11 a 15 (es decir, cada 4 minutos), y los nuevos trenes basculantes podrán circular a una velocidad máxima de 270 km/h en las curvas de 2.500 m y a 300 km/h en el resto del trazado (Ref.12), sin superar las 11.4 toneladas por eje - mientras que el peso por eje del primer tren, el tren-bala o Serie-0 era de 16 t por eje.

Tras el enorme éxito de esta nueva línea Tokaido, el siguiente Shinkansen Sanyo de Osaka hasta Okayama (180.3 km) y después Hakata (otros 463.7 km, total 644 km desde Osaka) se planeó ya para 260 km/h, con radios mínimos de 4.000 m y rampas de 15 milésimas (Ref.13) y se construyó también el túnel submarino New Kanmon de 18.7 km entre las islas de Honshu y Kyushu. Por los enormes problemas de mantenimiento de la vía en balasto del tramo anterior, la vía ya se proyectó en placa especialmente en el tramo Okayama-Hakata. El tramo Sanyo entre Osaka - Okayama se inauguró el 15 de Marzo de 1972, y el Okayama - Hakata el 10 de Marzo de 1975. Desde Osaka hasta Okayama hay 25 túneles, de Okayama a Hiroshima 36 y de Hiroshima a Hakata 68, de forma que en total de Osaka a Hakata hubo que construir 129 túneles, lo que da idea de la topografía del corredor. Recuerde el

lector que entre el Canal de La Mancha y París (309 km, 198 de París a Lille y 111 de Lille al Canal) no hay ningún túnel, sólo 2 artificiales en Lille.

El siguiente Shinkansen Tohoku entre Omiya y Morioka se inauguró el 23 Junio 1982, ya todo él con vía en placa, con largos túneles y vía sobre viaductos sencillos y estandarizados, ver Tablas 7 y 8. En Diciembre 2002 se abrió la prolongación entre Morioka y Hachinohe, 96.6 km, para acortar 44 minutos en el trayecto de 631.9 km entre Tokyo y Hachinohe (Ref.14,15), y en este tramo está situado el túnel de Iwate-Ichinohe, que con 25.8 km era hasta hace poco el túnel ferroviario terrestre más largo del mundo (Ref.16,17,18), superando al anterior de 1982, el Oshimizu del Joetsu. Pero pronto ha sido superado por otro túnel aún mayor bajo el monte Hakkoda, en la prolongación de esta línea hasta Shin Aomori. Este túnel de Hakkoda mide 26.5 km y se caló el 25 de febrero de 2005 (Ref.19).

El Shinkansen Joetsu entre Omiya y Niigata (303.6 km), también vía en placa, largos túneles y estructuras sencillas, se inauguró el 15 Noviembre 1982. Como atraviesa las zonas de alta montaña y muy frías entre los Parques

Fig. 3. Perfil longitudinal de un tramo del norte del Tohoku Shinkansen.

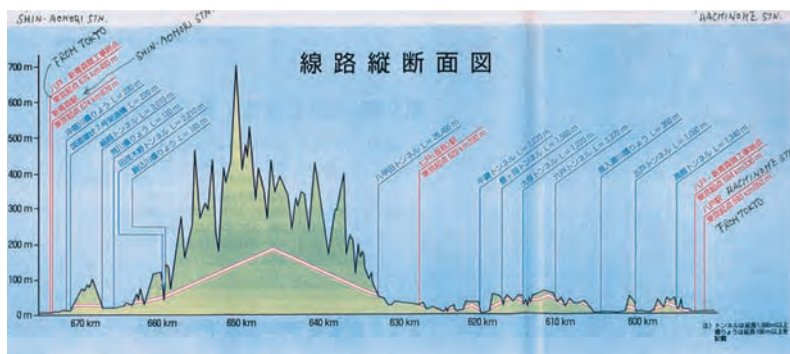


Tabla 4. Túneles del Joetsu Shinkansen mayores de 2.000 m	
	Long. m
Dai-Shimizu u Oshimizu	22,221
Haruna	15,350
Nakayama	14,857
Shiozawa	11,217
Uonuma	8,625
Tsukiyono	7,295
Urasa	6,087
Yuzawa	4,480
Shin-matsukawa	3,394
Horinouchi	3,300
Ishiuchi	3,109
Takiya	2,669
Daisan-Osawa	2,496

Tabla 5. Túneles del Hokuriku Shinkansen mayores de 2.000 m	
	Long. m
Gorigamine	15,175
Kubiki	11,353
Akima	8,295
Mimakigahara	6,984
Ichinose	6,165
Usuitôge	6,092
Yaehara	5,718
Shin-fukasaka	5,173

Tabla 6. Túneles del Kyushu Shinkansen mayores de 2.000 m	
	Long. m
Daisan-shibisan o Shioyama	10,010
Tagami	6,995
Yoshio	6,040
Shin-tsunaki	5,120
Daini-himaizumi	4,680
Shiozuru	4,170
Daiichi-kanmuridake	3,548
Kuwakawauchi	3,440
Daini-shibisan	3,394
Satsuma-tagami	3,287
Daiichi-shibisan	2,435

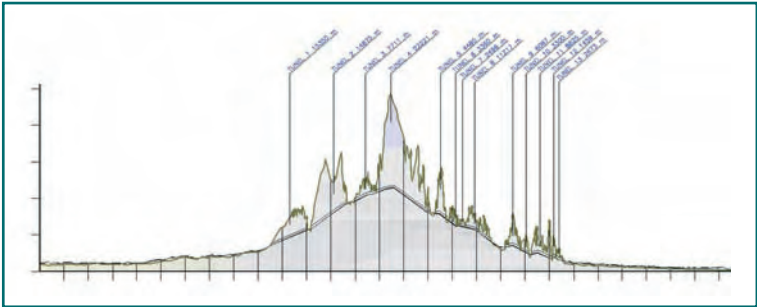
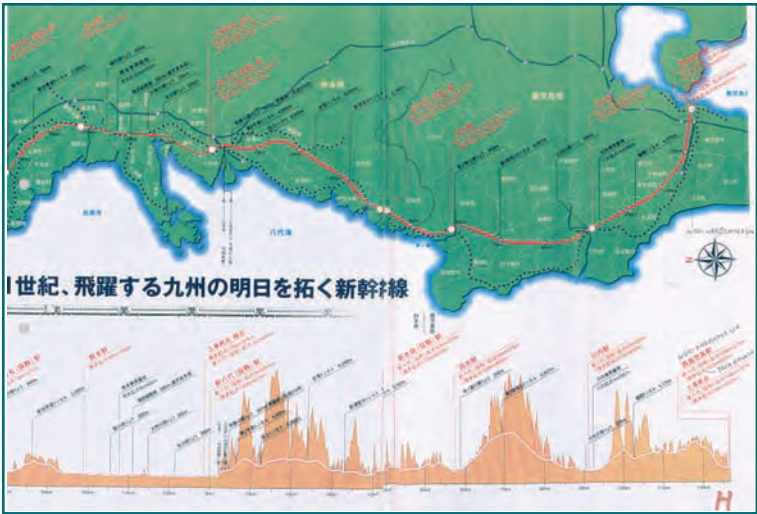


Fig. 4. Perfil longitudinal del Joetsu Shinkansen.

Fig. 5. Planta y perfil longitudinal de un tramo del Kyushu Shinkansen.



Nacionales Nikko y Joshin-Etsu-Kogen, la vía está equipada incluso con aspersores de agua caliente, y para reducir el problema de las proyecciones de balasto al caer los bloques de hielo de los bajos del tren, las escasas zonas de balasto se protegen con las gomas de las figuras 8 y 9 de la Ref.20 . En 1985 se elevaron las velocidades máximas del Tohoku y Joetsu de 210 a 240 km/h, el Tohoku aumentó la velocidad a 275 km/h en 1997 con el nuevo tren

E2, y para ajustarse a la enorme demanda que crearon esos magníficos trenes, Tohoku y Joetsu comenzaron a usar en 1994 en hora punta los trenes tipo E1, de 12 coches de dos pisos y en 1997 se introdujeron también las ramas E4, de 8 coches de dos pisos. En doble composición el E4 funciona como una rama de 16 coches con capacidad para 1,634 pasajeros, un 40% mayor que las ramas de 16 coches de un piso. El 6 de Abril de 2003 un tren comercial de la serie E2 batió el record de velocidad de Japón, llegando a 362 km/h (Ref.21).

El Shinkansen Hokuriku (ahora llamado Nagano Shinkansen) entre Takasaki y Nagano, 117.4 km de vía en placa y las mismas características, se abrió en Octubre 1997.

En Tokio el tramo Ueno-Omiya se abrió el 15 Marzo 1985, y en 1991 el Tokyo-Ueno, las salidas norte de la capital. En Marzo 2004 se abrió el primer tramo de 126.1 km del Kyushu Shinkansen entre Shin Yatsushiro y Kagoshimachuo (Ref.22), vía en placa con rampas de 35 milésimas por primera vez en los Shinkansen y que con sus 50 túneles tiene un 70% del trazado en túnel. En general los túneles tienen una sección excavada de 74 m². (Ref.23).

Así pues, a la vista de las experiencias y los problemas de mantenimiento, la vía en balasto desapareció ya en 1982 de la Alta Velocidad japonesa, como puede verse en la tabla 7 (Ref.24).

Indica Shigeru Miura en la citada referencia que los estudios japoneses muestran que la vía en placa es 1.3 veces más cara que la vía en balasto, pero que esta ventaja económica desaparece a los 9 años, por los menores costes de mantenimiento de la placa, y que esta vía en placa es hoy la vía estandar para los Shinkansen (Ref.25). Estos 9 años contrastan fuertemente con los 60 que calculan autores españoles (Ref.26). Hoy, el mantenimiento del Tokaido, construido en balasto que como decimos se tuvo que renovar a los 13 años, es un trabajo constante y enormemente caro, cuyos detalles pueden

Tabla 7. Balasto y Placa en los Shinkansen (Refs. 23 y 32)

Desaparición del balasto en la vía de la red Shinkansen			Balasto	Placa	Total
1964	Tokaido	Tokio-Osaka	516	0	516
1975	Sanyo	Osaka-Okayama	156	8	164
1975	Sanyo	Okayama-Hakata	125	273	398
1982	Joetsu	Omiya-Niigata	15	255	270
1982	Tohoku	Tokio-Morioka	48	453	501
1997	Nagano	Takasaki-Nagano	20	105	125
	Suma		880	1,094	1,974
En construcc	Tohoku	Hachinohe-Aomori	0.5	82	82
En construcc	Kyushu	Hakata-Yatsushiro	0.0	130	130
En construcc	Nagano	Nagano-Kanazawa	0.3	221	221
En construcc	Hokkaido		4.8	144	149
	Suma		6	576	582
	Total		886	1,670	2,556

Terraplenes, Túneles y Viaductos en Japón

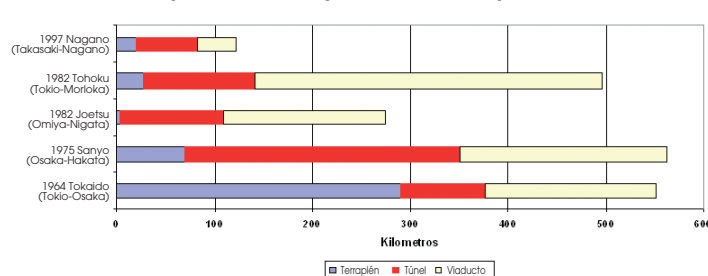


Fig. 6. Evolución de las infraestructuras de la Alta Velocidad en Japón (Suga, 2001).

Tabla 8. Evolución de las infraestructuras en los trazados de los Shinkansen (Suga, 2001)

Desaparición de los terraplenes en la vía de Alta Velocidad en Japón						
Shinkansen	Año	Tramo	Km Terraplén	Km Túnel	Km Viaducto	Km Total
Tokaido	1964	Tokio-Osaka	291	86	174	551
Sanyo	1975	Osaka-Hakata	70	281	212	563
Joetsu	1982	Omiya-Niigata	3	107	165	275
Tohoku	1982	Tokio-Morioka	27	115	354	496
Nagano	1997	Takasaki-Nagano	20	63	39	122

Tabla 9. Evolución de los túneles en los trazados de los Shinkansen

Evolución del proyecto de túneles en Alta Velocidad en Japón						
	Tokaido	Sanyo	Joetsu	Tohoku	Hokuriku Nagano	Kyuhu
Año apertura	1964	1975	1982	1982	1997	2004
Longitud total, km	515.4	553.6	269.5	593.1	117.4	126.1
Longitud en túnel, km	86.0	281.0	107.0	115.0	63.0	sin datos
% de túnel	16.7%	50.8%	39.7%	19.4%	53.7%	
Número de túneles según su longitud en km						
Mas de 20 km	-	-	1	3	-	-
De 15 a 20 km	-	2	1	-	1	-
De 10 a 15 km	-	2	2	2	1	1
De 5 a 10 km	4	13	3	4	6	3
De 2 a 5 km	11	24	6	12	10	7
Menos de 2 km	65	88	0	sin datos	sin datos	sin datos
Número total	80	129	13	-	-	-

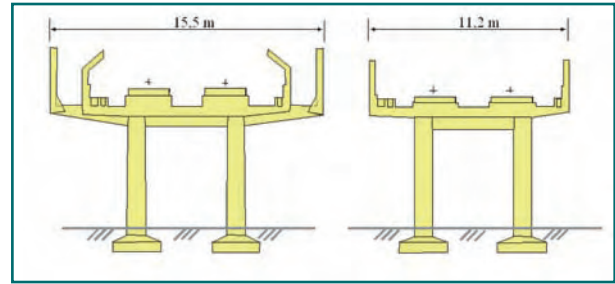


Fig. 7. Estructura de viaductos para eliminar los terraplenes en Alta Velocidad en Japón (Suga, Ref.29).

verse en la descripción de Masaki Seki, de Central Japan Railway (Ref.27).

Como la vía en placa exige una infraestructura con asientos postconstructivos muy pequeños (limitados a 30 mm en Japón, según Sunaga, Ref.28) su instalación exige una reconsideración del enfoque de los trazados de Alta Velocidad. La evolución de este enfoque puede verse en la figura 5 y tabla 8 (Ref.29) y puede resumirse en que prácticamente desde los años 80 no existen tampoco terraplenes en la Alta Velocidad japonesa. Los que es necesario construir tienen hoy su altura limitada a 9 m (Ref.30) y su descenso máximo se fija en 30 mm (Ref.31).

Esta desaparición de los terraplenes llevó a su vez a la necesidad de bajar las rasantes e ir a túneles mucho más largos que en el Tokaido, para precisar de menos y menores terraplenes o incluso eliminarlos, pasando a una vía que consiste prácticamente en túneles y viaductos sencillos, de forma que los trazados de Alta Velocidad japoneses actuales en las zonas montañosas son prácticamente un largo túnel con algún viaducto intermedio, y los trenes podrán en consecuencia circular a su velocidad de diseño, sea ésta 300, 350 o pronto 400 km/h.

El Joetsu Shinkansen es un buen ejemplo de cómo ha eliminado Japón los terraplenes, cuyos descensos postconstructivos y deformaciones impedían poner vía en placa. En el trazado no hay prácticamente estructuras de tierra. El tren, o circula en túnel sin molestar o circula elevado en estructuras sencillas, resistentes a los sismos, y de coste reducido (Ref.32), figura 7. Ello elimina los problemas derivados de los terraplenes (Ref.21) y el autor cree que hubiera sido sin duda una excelente solución para permitir los cultivos en zonas de suelo muy rico como en la huerta de Valencia donde los terraplenes proyectados no lo permitirán. Los terraplenes absolutamente necesarios suelen hacerse en Japón armados, con geotextiles y técnicas similares a la tierra armada (Ref.33), de paredes verticales protegidas por muros delgados, y se ha demostrado que además de ocupar menos superficie (tema de enorme importancia en Japón) son más resistentes a los terremotos, figuras 8 y 9 (Ref.26 pag.111).

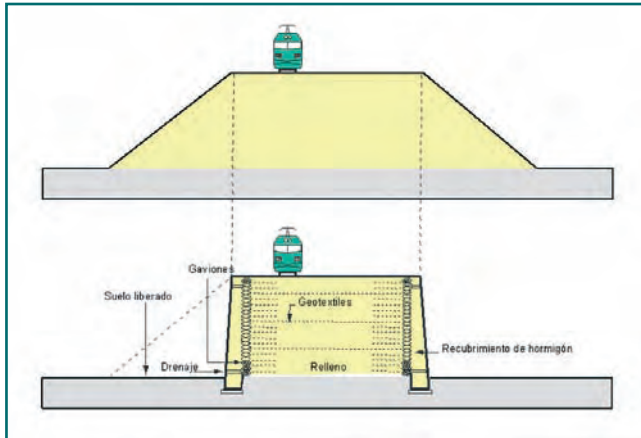


Fig. 8. Solución para los terraplenes necesarios en Alta Velocidad en Japón (Suga, Ref.29).

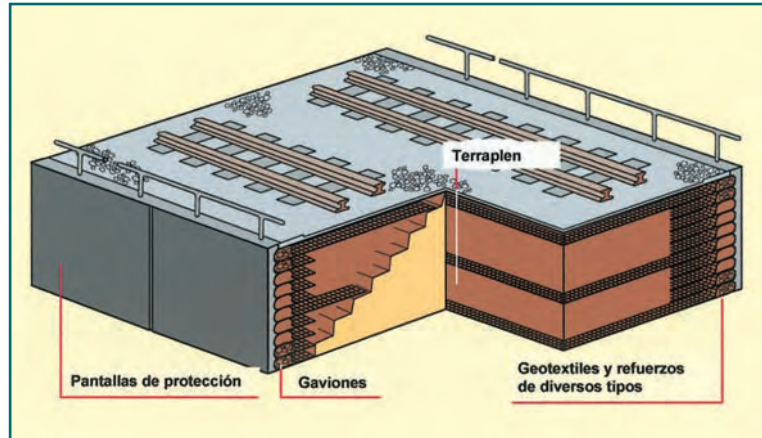


Fig. 9. Esquema de tratamiento de los terraplenes necesarios en Alta Velocidad en Japón

Frente a lo que pudiera pensar el lector Ingeniero de Caminos, el confinar de este modo las tierras cosidiéndolas con geotextiles y flejes como la tierra armada no tiene una gran influencia sobre los descensos, estos no disminu-

yen apreciablemente. Eso sólo ocurriría si el coeficiente de Poisson fuera 0.5 y el relleno fuera en consecuencia totalmente incompresible. Una simple comprobación con un modelo numérico sencillo basta para despejar las du-

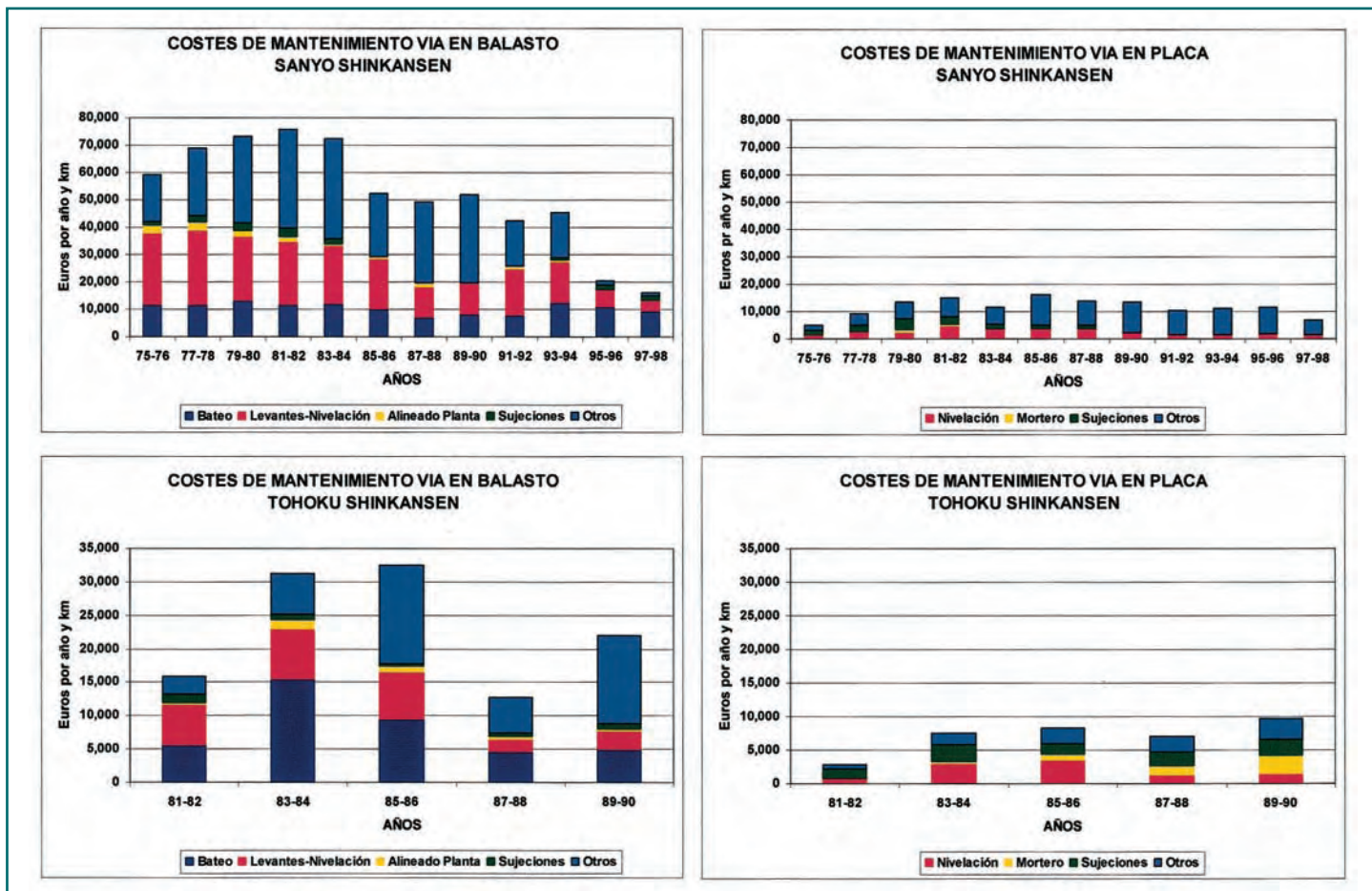
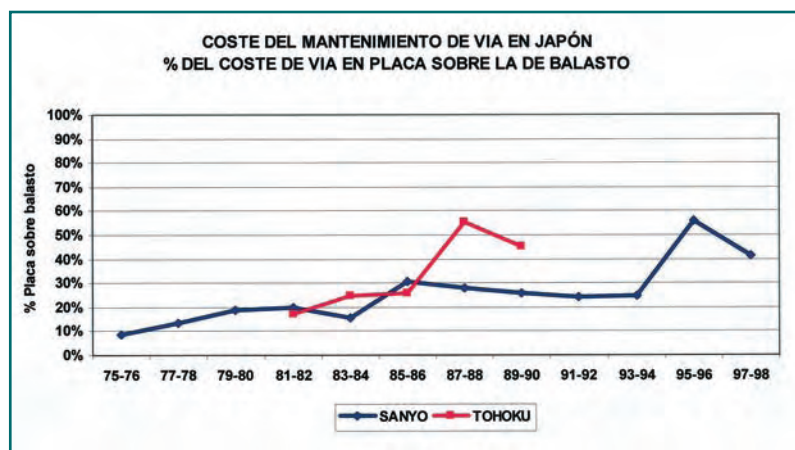


Fig. 10. Comparación de costes de mantenimiento de vía en balasto y en placa en el Sanyo y Tohoku Shinkansen en Euros por año y kilómetro de vía doble (Refs.34 a 36).



das del lector, y ello se debeprobablemente a que los fal-dones o taludes de un terraplén normal producen sobre el núcleo un efecto similar de confinamiento. Pero sí que tiene un efecto muy beneficioso en cuanto a la mucha menor ocupación de terreno, importante en zonas de cultivo, y a la falta de mantenimiento, ya que el relleno está totalmente protegido y cubierto y no es afectado por los agentes atmosféricos.

Fig. 11. Porcentaje del coste de mantenimiento de la vía en placa sobre la de balasto en los Sanyo y Tohoku (Refs.34 a 36).

Fig. 12. Alta Velocidad en Taiwan.



Los costes de mantenimiento de vía en balasto del To-kaido y los tramos que hay en el Sanyo y de la vía en placa del resto de la red japonesa son los siguientes, según los datos dados al autor por los responsables de la dirección de vía de la JARTS (Japan Railway Technical Service) y la JRTT (Japan Railway Construction Transport and Technology Agency, Ref.34,35,36). Los gráficos comparados, dados en millones de Yen por año y kilómetro, han sido pasados por el autor a euros al cambio de 142.7 Yen por euro.

Puede observar el lector que en general los costes de mantenimiento de la vía en placa son del orden de la cuarta parte del de la vía en balasto, salvo en un año en cada tramo en que subieron hasta el 50%. El autor no tiene aún información detallada de las causas de ese aumento relativo en 1987 y 1995, que podría deberse a una disminución puntual de los bateos y amolados, y que ha solicitado a los responsables japoneses.

2. La Alta Velocidad en Taiwan, vía en placa

La línea de Alta Velocidad Taipei-Kaohsiung, de 345 km es la primera construida en Taiwan. Se ha diseñado para una velocidad de 300 km/h, y así el trayecto se hará en 90 minutos en lugar de las 4 a 6 horas actuales. La línea, cuya fecha inicial de entrada en servicio era Octubre 2005, lo hará probablemente en Octubre 2006, bajo un contrato BOT a un consorcio de 7 empresas japonesas. Tiene 39 km de túneles y 251 km de viaductos, de los cuales uno tiene 157 km de longitud, y es hoy el más largo del mundo (Ref.37). Toda la línea es de vía en placa, tipo Shinkansen en vía y Rheda en las estaciones (Ref.38). Los 42 túneles tienen longitudes que varían entre los 92 m y los 7.360 m con sección de excavación de hasta 155 m² y sección libre de 90 m² (Ref.39). Los modelos numéricos de la excavación se han hecho con el software de diferencias finitas FLAC y la excavación con el NATM y en opinión del autor estos peligrosos métodos de diseño y construcción de túneles en rocas blandas sin estudiar la estabilidad del frente ha llevado a colapsos y hundimientos conocidos en algún túnel como el de Hukou, de 4.3 km (Ref.40,41,42).

3. La Alta Velocidad con vía en balasto: Francia, Italia, Corea

3.1. Francia

Diecisiete años después de la puesta en servicio del To-kaido en 1964, Francia inauguró su primera línea de Alta Velocidad en Septiembre de 1981, la París-Lyon, tramo St. Florentin - Lyon Sathonay. El tramo Combs-la-Ville (París) - St.



Fig. 13. Alta Velocidad en Francia.

Florentin se abrió dos años después, en septiembre de 1983. La línea mide 538 km, y se construyó en balasto, con 11 tramos de pendientes máximas de 35 milésimas (que suman cerca de un centenar de kilómetros) frente a las 8 milésimas máximas de la línea antigua, y para una velocidad de 270 km/h, hoy 300 km/h. No tiene ningún túnel. Hoy, 25 años después de esta primera línea europea, el triunfo de la Alta Velocidad en Francia es indiscutible, ha cambiado la concepción del ferrocarril en toda Europa y suele considerarse que para recorridos de hasta unos 1.500 km ha desbancado o desbancará al avión (Ref.43), aunque en 1970 el representante de la aviación civil francesa intentaba parar los proyectos de alta velocidad ferroviaria diciendo que los aviones de despegue y aterrizaje vertical habían resuelto los problemas del transporte de masas (Ref.44).

A continuación de la París-Lyon se abrió en Francia la línea Atlántica, de París a Le Mans, en Octubre de 1989, con 282 km y también en balasto. El tramo a Tours se abrió en Octubre de 1990 con pendientes máximas de 25 milésimas y velocidad de 300 km/h. La línea Nord-Europe de París al Canal de la Mancha, vía Lille, de 333 km de longitud abrió en Mayo de 1993, con balasto y también con pendientes máximas de 25 milésimas y velocidad máxima de 300 km/h. El tramo Lille-Bruselas se abrió el 23 de mayo de 1996, para una velocidad máxima de 300 km/h (Ref.45). La línea Rhone-Alpes entre Lyon y Valence, de 115 km, prolongación de la París-Lyon, abrió su primer tramo de 42 km el 13 diciembre 1992, y el resto, 73 km, el 3 de julio de 1994. Tiene radio mínimo 4.000 m, pendiente máxima 35 milésimas, entrevía de 4.2 m, cuatro túneles con una longitud total de 5.3 km, toda la vía en balasto y está diseñada para una velocidad máxima de 300 km/h con el último tramo para 320 km/h.

La continuación a Marsella, la línea TGV Méditerranée, de 250 km, se abrió el 7 de junio de 2001, luciendo Francia todos sus trenes: los Thalys multitensión-multiseñalización, los magníficos TGV Duplex de 2 pisos, el normal Réseau y el Eurostar del Canal con sus 18 coches (Ref.46). La descripción de esta obra extraordinaria puede verse en diversas publicaciones (Ref.47). La línea tiene 9 viaductos grandes, 16 corrientes (Ref.48) y 8 túneles o falsos túneles, de los que los más importantes son el de la Galaure (2.686 m), Tartaiguille (2.340 m) y el túnel y falso túnel de Marsella (7.834 m, el más largo de la red francesa tras La Mancha), túneles de 100 m² de sección libre y 4.8 m de entrevía para 300 km/h y 63 m² libres para 230 km/h (Ref.49,50,51). La vía, como todos los TGV, tiene carriles UIC 60 sobre traviesas bloque a 60 cm con sujeción Nabla, salvo dos tramos de 5 km en que se colocaron clips Vossloh y el fastclip de Pandrol, todo ello sobre 2.4 millones de m³ de balasto (Ref.52). El 17 de Octubre del 2000 circuló el primer TGV a 350 km/h por el túnel de Tartaiguille (Ref.53), y el sábado 26 de Mayo de 2001 se preparó un TGV que desde el Canal de la Mancha hasta Marsella (1.067 km) hizo el recorrido en 3h:29m, a una velocidad media de 306 km/h y una velocidad máxima de 367 km/h (Ref.54). Hoy en 2006 el TGV Dúplex 6117 hace el recorrido París-Marsella en 3h:00m lo que para los 780 km da una velocidad comercial real de 260 km/h.

La próxima línea será la LGV Est, de París hacia Alemania, 400 km hasta Estrasburgo (Vendenheim) prevista para 2010 hasta el final. Las obras del primer tramo de 300km hasta Baudrecourt (baricentro de Nancy, Metz y Sarrebruck) comenzaron el 28 de enero de 2002 y el tramo, que ha tenido muchas discusiones (Ref.55), entrará en funcionamiento en 2007. La vía es también en balasto, el trazado tiene 5 túneles cortos con una longitud total inferior al kilómetro, y la velocidad máxima de diseño es de 350 km/h, aunque la explotación comenzará probablemente a 320 km/h (Ref.56). Y en estudio, planificación o proyectos están muchas otras líneas como la LGV Rhin-Rhone que conectará la París-Lyon y Marsella con Colonia y Zurich vía Estrasburgo (Ref.57).

El Schotterflug o vuelo del balasto con la Alta Velocidad

Los trabajos de investigación sobre el balasto y la vía de alta velocidad en balasto y en placa son constantes en Francia desde hace muchas décadas (Ref.,58,59,60), donde se ha creado incluso un proyecto europeo para su estudio, el Proyecto Euroballt (Ref.61), de forma que la decisión de construir sus líneas en balasto tiene sin duda una base técnica profunda. Si el balasto no sirviera para velocidades de hasta 300 km/h, es evidente que Francia habría decidido instalar sus últi-

mas líneas con vía en placa. Informa Claude Thomas (Director del Departamento de Mantenimiento de la SNCF en 1991) en su trabajo de la Ref.62 que con los pesos por eje de 17t del TGV y sus masas no suspendidas, la explotación era permisible a 300 km/h cuidando especialmente los defectos de vía de longitud de onda de 1 a 2 m y con pads bajo patín de 9 mm en lugar de los 4.5 mm usados hasta entonces. También España circula a 300 km/h en el AVE de Sevilla en los 8.5 km de la recta del pk 103+385 sin novedad desde hace 14 años. Pero, como indica la revista Rail & Recherche (Ref.63), tras 23 años de estudios y análisis la SNCF tiene ya una idea muy clara de los esfuerzos y tensiones que la Alta Velocidad impone al balasto. Y a velocidades mayores de 300 km/h parece que, además de su desgaste y deterioro rápidos, los problemas del vuelo del balasto son insuperables. En las pruebas finales del TGV Mediterranee comentaba el Director de Ensayos Yves Sarrazin (Ref.64) "Le plus gros souci, c'est le ballast qui n'est pas encore stabilisé. Il vole, abîme des cables ou des capteurs à l'extérieur de la rame, ou encore les tôles sous la caisse. On répare en rentrant sur Marseille". La SNCF ha creado el llamado sistema Ivoire (Ref.65) para analizar en tiempo real los daños al carril y llantas por las piedras del balasto que caen entre ellos. El sistema está basado en el proceso de imágenes digitales de la cabeza del carril tomadas con una cámara lineal de altísima velocidad, y dice Riollet que aunque en general estas huellas de balasto crean vibraciones de la rueda, ruido y falta de confort, algunas de ellas son muy importantes y es necesario repararlas o corregirlas inmediatamente. La autora, por centrarse en la cabeza del carril, no cita el golpeo del balasto a los trenes en su trabajo, pero sí lo citan diversos otros trabajos, como Jakob (Ref.66), que indica cómo hubo que tratar el balasto de relleno de los huecos de la placa con un material elastomérico en nueve túneles del Colonia-Frankfurt, los relativos a la homologación de material móvil en vías con balasto a Alta Velocidad mayor de 300 km/h en Francia (Ref.67,68,69,70) o incluso los proyectos de investigación de la DB sobre el tema (Ref.71). Otras de las causas más importantes del schotterflug parecen ser los remolinos formados tras cada bogie, y la magnitud del problema depende de la separación entre éstos, de su diseño y de la separación entre las cajas de los coches y su diseño, y en segundo lugar la caída de los bloques de hielo que en las zonas muy frías –especialmente en el Joetsu japonés y en Alemania (Ref.72) – se forman en los bajos del tren. El autor dispone de alguna información (Ref.73) que indica que ninguna de las Administraciones Ferroviarias europeas (SNCF, SNCB, DB) tiene una idea clara de las causas de la aspiración y vuelo del balasto a velocidades superiores –incluso tan bajas co-

mo - a 220 km/h, pero no conoce ninguna publicación ni resultado oficial de las pruebas que se están realizando en España con los nuevos trenes. Entre los proyectos franco-alemanes de investigación ferroviaria llamados Deufrako se ha incluido el denominado AOA (aerodynamics in open air) que estudia, además del problema de la estabilidad del tren con viento lateral, el problema del schotterflug con la participación de las empresas DB, SNCF, Siemens, Bombardier, Alstom, Trenitalia, RFI, AEA Technology y CAF, pero el autor no sabe si participan también RENFE y ADIF. Según las informaciones recibidas por el autor se han realizado ya hoy ensayos a escala reducida (1:7) en túnel de viento en la Universidad Técnica de Berlín para la zona de los bogies de un determinado tren y medidas de velocidad, turbulencia y los tensores de tensiones de orden superior del flujo en esta zona mediante método no intrusivo LDA (Laser Doppler Anemometry). Se han realizado también ensayos a escala real a la altura del balasto en la Red Italiana al paso de diferentes trenes y medidas de velocidad y turbulencia mediante métodos basados en presiones, termo resistencias, y anemometría ultrasónica. Se han realizado simulaciones con software de Computacional Fluid Dynamics (CFD) de ensayos a escala reducida para validación de metodologías en la zona de bogies y el cálculo del flujo en el ensayo mediante métodos de promedio de ecuaciones – RANS (Reynolds Averaged Navier Stokes) y métodos semi-transitorios – DES (Detached Eddy Simulation). En la actualidad, y según las mismas informaciones recibidas por el autor (Ref.74) los trabajos en curso en Europa son la preparación de ensayos a escala reducida (1:25) en túnel de viento para estudio del movimiento y levantamiento de piedras de balasto y la preparación de ensayos a escala real con ballesta lanza proyectiles para estudio del impacto de piedras de balasto en otras piedras, así como las simulaciones numéricas CFD-RANS para la determinación de un coeficiente de fricción equivalente para el conjunto balasto-travesía-carril y la preparación de mallados para simulaciones de gran calibre CFD (RANS, DES) para el estudio del flujo real bajo el tren. El autor espera poder informar pronto al lector de los resultados que se vayan obteniendo.

Resultado del balasto en la vía de Alta Velocidad en Francia

El 18 de mayo de 1990 Francia batió todos los records de velocidad del ferrocarril en la vía de balasto cerca de Vendome, en la línea del TGV Atlantique, consiguiendo llegar a los 515.3 km/h durante unos minutos con la hoy famosa unidad TGV 325. Diez años después esa misma unidad, después de haber recorrido más de 3 millones de

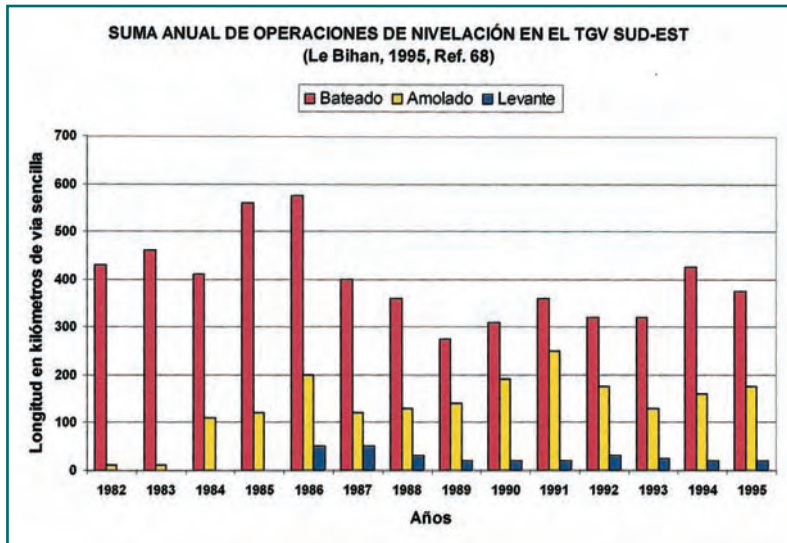


Fig. 14. Mantenimiento de la LGV París-Lyon (Le Bihan, 1996, redibujada).

km en servicio comercial, llevó a los invitados a la celebración del aniversario (Ref.75). Pero la realidad de los hechos es que la primera línea de Alta Velocidad francesa, la París Sud-Est a Lyon, ha durado escasamente 14 años y que la TGV Atlántique ya necesitaba sustituir el carril hace 3 años (Ref.76). Pese a los continuos trabajos de mantenimiento de las líneas de Alta Velocidad en Francia (Ref.77), esta línea que se puso en servicio en 1981 (el tramo sur) y 1983 (el resto), tenía en 1995 el balasto y los aparatos de vía en tal estado que la SNCF decidió su renovación completa (Ref.78) antes de la entrada en servicio de los tramos Lyon-Valence y Valence-Marsella en 2001. Indica Orsi en la referencia citada que al construir la línea en 1980 se había decidido montar la vía en balasto –además de lo indicado por Thomas– fundamentalmente por su menor coste con respecto a la vía en placa y por permitir una capacidad de intervención rápida y eficaz en caso de evolución desfavorable de las características geométricas de la vía. Al cumplirse los 15 años de la puesta en servicio del París-Lyon, Andre Le Bihan, durante muchos años Director de Vía y Aparatos de vía en la SNCF, publicó (Ref.79) las experiencias del comportamiento de la vía en ese periodo. El mantenimiento se realiza por nivelaciones sucesivas con bateo, junto con amolados del carril. Indica que incluso en tramos de vía con geometría y tráfico idénticos los comportamientos de zonas puntuales pueden ser muy diferentes debido a las características reales de su balasto y su envejecimiento y ello lleva a evoluciones muy diferentes de la degradación de su geometría, lo que exige métodos de mantenimiento específicos. Indica también que una frecuencia excesiva del bateo acelera la degradación del balasto y no tiene efectos reales duraderos. Presenta los datos de bateos del balasto, amolado del carril y le-

vantes de vía en la figura 14: en los primeros años de la puesta en servicio el bateo fue frecuente e intenso, hasta el 60% de la línea, sin mucho beneficio. Se decidió, indica, tratar las causas reales del deterioro de la vía, y puede verse que cuando comenzaron las operaciones de amolado del carril las degradaciones de geometría y por tanto las necesidades de bateo disminuyeron mucho.

Cuando estas intervenciones son insuficientes se hacen levantes de la vía inyectando un espesor de 10 a 15 cm de balasto en la zona bateable, y así los siguientes bateos y nivelaciones vuelven a tener alguna eficacia. Pero indica Le Bihan (e insiste Orsi 4 años después) que también estas operaciones tienen sus límites, porque además de que pueden llegar a deformar gravemente el perfil del trazado, no permiten restablecer totalmente el funcionamiento adecuado de las capas de asiento, y que finalmente hay que renovar totalmente el balasto. Bajo las cargas de los TGV (AVE), de 52 ejes de 17 t en 5 segundos, indica Orsi que las piedras del balasto se disgregan, los ángulos y aristas se redondean, el polvo formado colmata los huecos, reduce el necesario rozamiento interno del balasto, y además impide su adecuado drenaje. También los aparatos de vía tuvieron que ser cambiados a los escasos 15 años de servicio, sustituyendo las traviesas de madera por otras de hormigón, los perfiles de las agujas, y varios otros elementos que habían llegado a su obsolescencia técnica. Indica Rodríguez Andrade que desde la puesta en servicio los trabajos de bateo son constantes, los primeros lo dados por Le Bihan hasta 1995, pero que los años siguientes también las longitudes bateadas fueron similares, de unos 350 km como media cada año (Ref.80). Finalmente, y ante la inutilidad práctica de estos trabajos de mantenimiento, la renovación de los 2 millones de toneladas de balasto y 63 aparatos de vía comenzó en Marzo de 1996 (Ref.81), tuvo que hacerse sin afectar al servicio, y la parte más importante se llevó a cabo a lo largo de 5 años, de 1995 a 2000, con un coste del orden de los 375 millones de euros. El balasto del París-Lyon ha durado lo mismo que el del Tokyo-Osaka, un poco más de 12 años. El enorme peso económico del mantenimiento de la vía en balasto es un problema ampliamente discutido en Francia (Ref.82). Los defensores de la vía en balasto en España argumentan siempre que el balasto del París-Lyon era de baja calidad (parece que se colocó en el tramo o en parte un microgranito rojo de una cantera de Thouarsais, de hecho la calidad global que mide la SNCF por el índice de dureza DRG –basado en Los Angeles y Deval –ver el detalle en la Ref. 83–, se aumentó hasta 20 para el TGV Atlántique), y que en Sevilla y Zaragoza durará más de estos 14 años, ya que además el tráfico de las líneas es me-

nor que el de París-Lyon. Un interesante estudio sobre los trabajos de renovación del París-Lyon es el presentado por Gimeno Aribau en su Tesina de final de carrera en la ETS de Caminos de Barcelona bajo la dirección del Prof. López Pita (Ref.84).

3.2.- Italia

Italia está en estos momentos con una enorme expansión de su red de Alta Velocidad, construyendo los 630 km de las nuevas líneas Turín-Milán-Nápoles, la adaptación de los 253 km de la Direttissima Roma-Florenia y los nuevos 300 km entre Milán-Venecia y Milán-Génova (Ref.85). La Direttissima Roma-Florenia tiene 253.6 km de longitud y vía en balasto, su primer tramo se abrió el 24 de febrero de 1977 y en su totalidad en 1978. Hoy los trenes circulan a 250 km/h. El tramo Roma-Nápoles de 204 km, también en balasto, se puso en servicio el 12 de diciembre de 2005, tras 12 años de trabajos. Tiene 268 terraplenes con un total de 74 km, 33 túneles, de los que el más largo es el Colli Albani de 6.6 km, y 77 túneles artificiales con un total de 38 km, 88 viaductos con 39 km y 192 desmontes con 52 km (Ref.86). La pendiente máxima es 21 milésimas, el radio mínimo 5.450 m y la velocidad de diseño es de 300 km/h (Ref.87). El tramo más espectacular hoy en construcción en Italia, probablemente el más espectacular de Europa, es el cruce de los Apeninos, el Florenia-Bolonia, de 78.5 km de los que 73.3 son túneles, probablemente los más famosos de la Alta Velocidad europea. Todos los túneles se construyen por el método ADECO-RS, del Prof. Lunardi, que como el lector sabe consiste básicamente en un NATM a plena sección con la esta-

Tabla 10. Túneles del Florenia - Bolonia					
Túneles de Alta Velocidad Bolonia - Florenia					
Túnel	Longitud m	Ataques	Comienzo	Cale	Metros/mes
Pianoro	10,293	6	14-abr-97	15-jun-05	103.5
Camerone	418	2	Sin datos		
Sadurano	3,767	2	28-nov-96		
M. Bibele	9,101	4	25-nov-96		
Raticosa	10,367	6	19-dic-96	06-dic-01	171.5
Scheggianico	3,535	6	24-abr-97		
Camerone P.M.	734	2	Sin datos		
Firenzuola	14,327	10	03-jun-97	09-dic-04	156.5
Borgo Rinzelli	455	2	27-ago-97		
Morticine	274	2	22-oct-97		
Vaglia	18,345	10	27-jun-96	21-oct-05	161.7

bilización del frente por medio de bulones de fibra de vidrio inyectados (Ref.88,89) y que ha llevado a unos avances mensuales muy bajos, similares a los de los túneles alpinos del siglo XIX (Ref. 90, Tabla 2).

El túnel de Raticosa se caló el 6 de diciembre de 2001, el de Firenzuola el 9 de Diciembre de 2004, el Pianoro el 15 de Junio de 2005 y el Vaglia el 21 Octubre 2005. El tramo incluye también 6 viaductos, de los que el mayor es el del río Sieve. Se espera que el tramo se ponga en servicio en 2008 (Ref.91).

Los tramos Milán-Bolonia, de 182 km y Turín-Milán de 124.5 km, todos en balasto, no tienen túneles, pero tienen numerosos terraplenes, unos 103 km el segundo (el dato de Savini para el primero debe ser erróneo). Los tramos Milán-Verona, de 110 km, Verona-Venecia de 100 km y Milán-Gé-

Fig. 15. Tramo Florenia-Bolonia, de la Alta Velocidad en Italia.

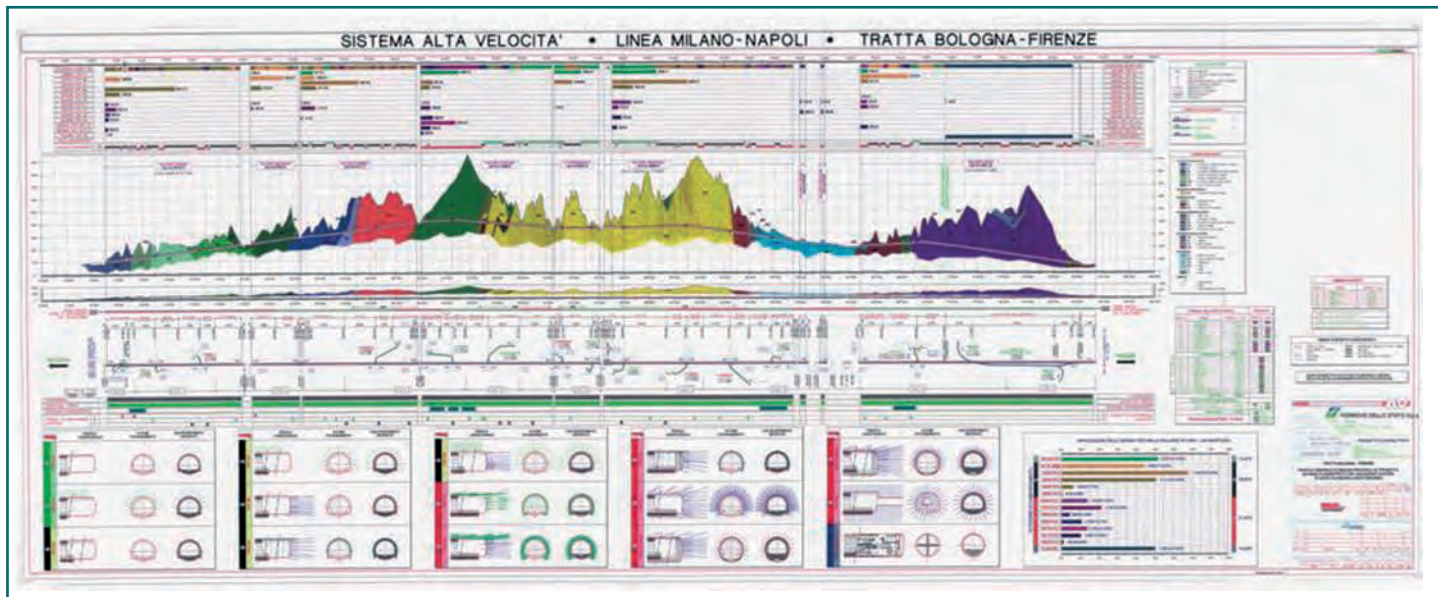




Fig. 16.- Alta Velocidad en Italia.

nova (el Terzo Valico, de 115 km con 36 km en túnel), están hoy en aprobación o estudio (Ref.92). Toda la vía de Alta Velocidad italiana es de balasto, y el autor no tiene datos sobre si se prevé instalar vía en placa en los próximos tramos. Probablemente dependerá de la evolución del problema del vuelo del balasto.

3.3. Corea del Sur

El 30 de Marzo de 2004 se puso en servicio el primer tramo de 223.6 km entre Seoul y Daegu de la línea de Alta Velocidad Seoul-Pusan (412 km), bajando el tiempo de viaje de 4h 10m a 2h 40m. Esta línea se ha diseñado para una velocidad máxima de 300 km/h, con radios mínimos de 7.000 m, rampa máxima de 25 milésimas y entrecía de 5 m entre



Fig. 17.- Alta Velocidad en Corea.

ejes (Ref.93,94). Tiene 84 túneles con una longitud total de 189 km y 143 viaductos con 109 km de longitud total (Ref.95). Prácticamente la mitad de la línea es en túnel. La vía es de balasto. El Project Management de la nueva línea ha sido de de Eurokorail, formado por Alstom y otras 12 empresas francesas, con otras 5 coreanas (Ref.96). Dado el enorme prestigio de Francia en Alta Velocidad, Corea también seleccionó los trenes y la tecnología francesa, y hoy circulan por la nueva línea 46 ramas Alstom de 387 m de longitud, capaz de transportar 935 pasajeros cada uno. Hay 92 expediciones al día en cada dirección, que circulan hasta a 300 km/h.

4. La Alta Velocidad europea con vía en placa: Alemania

La inmensa red ferroviaria alemana son hoy 38.500 km que quedaron destrozados en 1945 y que volvieron a ponerse en servicio en muy pocos años. Es la mayor red de Europa, frente a los 29.200 km de Francia, los 16.000 de Italia o los 12.800 de España. Los trenes de Alta Velocidad alemanes, los IC e ICE (Intercity e Intercity Express) circulan a 280 km/h en los 625 km de líneas nuevas, a 200 km/h en los 1.200 km de vías adaptadas y a 160 km/h sobre la red antigua no adaptada a la Alta Velocidad (Ref.97). El avance de la red de Alta Velocidad comenzó al abrir en 1991 y 1992 los tramos de nuevas vías Hannover – Wurzburg (327 km, 60 túneles con 121.6 km de longitud) y Mannheim – Stuttgart (92 km), autorizados para circular a 280 km/h. Con ellos quedaban unidos con Alta Velocidad Hamburgo, Hannover, Fulda, Frankfurt, Mannheim, Stuttgart y Munich. En otoño de 1998 se abrió el tramo Berlín-Hannover, de 264 km, que permitió también a los ICE 2 en doble composición circular a 280 km/h - se dividen en Hamm y llegan a Colonia una rama por Düsseldorf y la otra por Wuppertal. Y en diciembre de 2002 se abrió la nueva línea Colonia-Frankfurt de 135 km (219 km incluyendo ramales y enlaces), que permitió bajar el tiempo de 2h:15 m a algo menos de 1h:00m (Ref.98). Esta famosa línea de Alta Velocidad es la primera dedicada en Alemania a un tipo exclusivo de tren, el ICE-3, tiene rampas máximas de 40 milésimas, y radios tan reducidos como 3.350 m debido al único corredor que por motivos medioambientales se le permitió utilizar, junto a la autopista A3, y acorta la distancia anterior en 45 km. Se espera que para 2010 transporte 25 millones de pasajeros año, el doble de los que transportaba la vía vieja. Tiene 30 túneles (Ref.99) (6 falsos túneles y 23 de 150 m2 de sección excavada de 13 m de altura y 12-15 m de ancho, 95 m2 libres, contruidos con el NATM pero con pequeñas superficies de frente abierto, cuatro secciones, método patentado por la empresa austríaca ILF como vier-stollen), con un total de 47 km en túnel de los que el mayor es el Schulwald de 4.5 km



Fig. 18. Alta Velocidad en Alemania.

de longitud y 165 m2 de sección (Ref.100). Tiene también 18 viaductos con longitud total de 6 km. Toda la vía es en placa, diseñada para que el ICE pueda correr a 300 km/h (Ref.101,102). De hecho, por tener el 50% de sus ejes motores aunque tengan cada uno menor peso por eje que los trenes de tracción concentrada, es el único tren europeo actual que puede circular por esa línea a esa velocidad.

Los nuevos tramos de Alta Velocidad previstos son los Nuremberg-Ingolstadt-Munich (171 km, en pruebas, prevista para otoño 2006) (Ref.103). Nuremberg-Erfurt-Halle-Lepzig (280 km) y Karlsruhe-Frankfurt (125 km), aunque algunos se retrasen por motivos presupuestarios (Ref.104), lo que en Alemania no es tan grave por la extraordinaria red ferroviaria que posee. Todas las superestructuras son de vía en placa, y suelen instalarse siempre diversos tipos. En el Nurem-

Tabla 11. Túneles del Hannover-Würzburg de más de 2.000 m

	Long. m
Landrückentunnel	10,779
Mündener Tunnel	10,525
Dietershantunnel	7,375
Mühlbergtunnel	5,528
Hainrodetunnel	5,370
Rauhebergtunnel	5,210
Kirchheimtunnel	3,820
Richtthoftunnel	3,510
Kreibergtunnel	2,994
Escherbergtunnel	2,906
Schalkenbergtunnel	2,829
Sengebergtunnel	2,807
Wildsbergtunnel	2,708
Kehrenbergtunnel	2,400
Altengronautunnel	2,353
Espenlohtunnel	2,235
Roßbergtunnel	2,160
Sinnbergtunnel	2,159
Schwarzenfelstunnel	2,100

Tabla 12. Túneles del Colonia-Frankfurt mayores de 1000 m (17 de 30)

	Long. m
Schulwald	4,500
Dernbacher	3,285
Niedernhausener	2,765
Siegaue	2,502
Himmelberg	2,395
Limburger	2,395
Idsteiner	2,069
Frankfurter Kreuz	1,886
Eichheide	1,750
Fernthal	1,525
Deesener Wald	1,270
Aegidienberg	1,240
Breckenheim	1,150
Günterscheid	1,130
Ittenbach	1,128
Elzer Berg	1,110
Lange Issel	1,015

Tabla 13. Evolución de la Alta Velocidad en Alemania (Missler, 2004, DB, comunicación privada)

Evolución de los trazados de Alta Velocidad en Alemania (Ref.93)				
	Hannover Würzburg	Hannover Berlín	Colonia Frankfurt	Nuremberg Ingolstadt
Año	1991	1998	2002	2006 (?)
Tráfico	Mixto	Mixto	Pasajeros	Mixto
Longitud km	327	263	177	89
% vía en placa	2%	34%	85%	85%
Túneles, % de longitud	35%	0%	19%	29%
Viaductos % de longitud	9%	1%	22%	1%
Radio mínimo, m	5,100	3,350	3,350	3,700
Peralte máximo, mm	90	160	180	160
Máxima insuficiencia peralte, mm	80	100	150	130
Rampa máxima, milésimas	12.5	12.5	40.0	20.0
Tipos de vía en placa utilizados		Rheda classic FFC ATD Züblin BTD-V2	Züblin Rheda classic Rheda 2000	Losas prefabricadas Rheda

berg-Munich se han instalado los tipos Rheda 2000, Bögl, y Rheda classic (Ref.105). Los responsables de la Alta Velocidad alemana tienen clara la conveniencia de utilizar los trenes nocturnos de mercancías en las vías de Alta Velocidad, lo que no sería posible con el mantenimiento nocturno del balasto como ocurre en Francia y otros países.

CONCLUSIONES

De este breve resumen y repaso, naturalmente no exhaustivo, a las líneas y redes de Alta Velocidad construidas o que se están construyendo en los diversos países el autor cree que pueden sacarse las conclusiones siguientes:

1.- Las dos primeras líneas de Alta Velocidad del mundo, el Tokaido Shinkansen y el Sanyo hasta Okayama, se construyeron con vía en balasto. Tras ponerlas en servicio, si embargo, se decidió inmediatamente que las siguientes serían con otro tipo de vía que no exigiera tan continuo y costoso mantenimiento, y el Sanyo Okayama-Hakata y todos los siguientes Shinkansen se construyeron ya con vía en placa. Esta decisión se tomó en los años 70, hace 30 años. Y eso se hizo sólo en base al coste del mantenimiento y las molestias que produce a la explotación, sin que aparezca todavía en la literatura el problema del vuelo del balasto sin duda porque a las velocidades iniciales del Tokaido ese fenómeno no se producía. La influencia japonesa en Taiwan ha hecho que la nueva línea de Alta Velocidad taiwanesa sea también con vía en placa. El balasto inicial del Tokaido duró escasamente 13 años.

2.- Alemania tenía toda su enorme red ferroviaria con vía en balasto, pero ya en los años 90 sacó a la luz los problemas que venían observando con el balasto para altas velocidades (Ref.107), y al comenzar sus explotaciones con velocidades cercanas a los 300 km/h pasó a utilizar la vía en placa que desde 1972 venía desarrollando con el Prof. Eisenmann. Hoy todas las nuevas líneas de Alta Velocidad alemanas son de vía en placa en sus distintos tipos, decisión que se tomó a finales de los años 90.

3.- Francia comenzó su Alta Velocidad con vía en balasto y sigue con él, y lo mismo ocurre en los países bajo su influencia técnica, como Italia, España o Corea. Pero en la Alta Velocidad el balasto dura muy poco, probablemente por los elevados esfuerzos dinámicos sobre la vía, que aumentan con la velocidad del tren. La vía en balasto de su primera línea París-Lyon ha tenido que ser totalmente renovada y cambiado todo el balasto y aparatos de vía a los 14 años de su puesta en servicio, con trenes circulando a velocidades menores de 300 km/h. Al problema del continuo y costoso mantenimien-

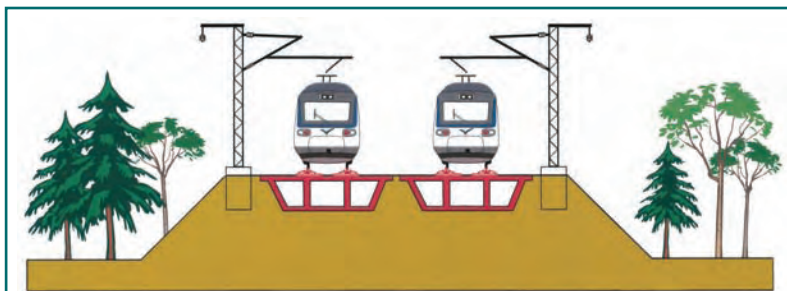


Fig. 19. Deck track o viaducto enterrado (a nivel o en pequeño terraplén).

to de esta vía se ha sumado otro que ha aparecido cuando los trenes han comenzado a circular a velocidades cercanas a los 300 km/h: el vuelo del balasto o schotterflug, del que no hay todavía datos suficientes ni se conoce en profundidad su importancia, pero que a altas velocidades destroza carriles, llantas y bajos, bogies y rodales de los trenes.

4.- Los descensos de los terraplenes no permiten la colocación de vía en placa sobre ellos, salvo que se adopten soluciones drásticas para reducirlos a unos 30 mm como piden las especificaciones de Japón y Alemania, y además para reducir los asientos diferenciales de la placa a los valores admisibles. Estas soluciones pueden variar desde el pilotar la superestructura de vía hasta la utilización del llamado deck track, el cajón enterrado que por su flotabilidad e inercia reduce mucho o evita el descenso de la vía y su deformación vertical (Ref.108,109) y que si es necesario posteriormente puede incluso también pilotarse. La altura del terraplén está limitada en Japón a 9 m.

5.- Los países montañosos han huído en la Alta Velocidad de la clásica sucesión de cortos túneles de pico con altos terraplenes y altos viaductos. Han bajado las rasantes y, como puede verse en los trazados de los Shinkansen Joetsu, Tohoku, Kyushu y los posteriores, los trazados modernos de Alta Velocidad en las zonas montañosas son hoy una simple sucesión de largos túneles, que llegan ya a superar los 15 o 20 km de longitud. En la práctica han hecho desaparecer los terraplenes y sus deformaciones y asientos.

6.- El autor ha citado en la primera parte de este trabajo alguna publicación española (Ref. 26) que sostiene que la vía en placa no es económicamente rentable durante al menos 60 años. Las cifras que dan los autores suponen que la vía en placa es 2.1 veces más cara de inversión inicial que la de balasto, y aplicadas por ejemplo a los 310 km de Madrid a Zaragoza, suponen un coste de construcción de 239 millones de Euros en balasto, frente a 503 para vía en placa, 264 millones más cara. Hacen la hipótesis de que la renovación de balasto y aparatos de vía es necesaria cada 30 años, que los costes de mantenimiento de la vía en placa son el 46% de los de la vía en balasto, y de esta forma llegan

a los 60 años citados como periodo durante el que la vía en balasto es más económica. El autor cree que deben revisarse estos cálculos con los costes actuales reales de balasto y placa, y teniendo en cuenta las experiencias francesa donde la renovación necesaria del París-Lyon a los 14 años ha costado 375 millones de euros (del año 2001) para 220 km (Ref.71) y la japonesa que tuvo que renovar todo el balasto del Tokio-Osaka en un plazo similar, lo que invalidaría esas conclusiones. Los datos de la vía japonesa dan el resultado de que a los 8.8 años de explotación la vía en placa ya es económicamente rentable (Ref.35). El autor no conoce los datos que justifican el enorme coste de mantenimiento que suponen los autores españoles para la vía en placa, porque los únicos datos españoles de que dispone son los de la vía en placa de Metro que dan valores mucho menores (entre el 25% y el 30%) en relación con el mantenimiento de la misma vía en balasto ya que realmente la vía en placa ni se mueve ni se deforma. El autor cree además que el citado estudio no tiene en cuenta lo más importante, es decir, que debido al schotterflug o vuelo del balasto la vía en balasto no sirve y es peligrosa para las velocidades de 350 km/h para las que se supone que se están diseñando nuestras actuales infraestructuras, como tantas veces se dijo en el Madrid-Barcelona.

7.- Naturalmente el problema del vuelo del balasto debe tratarse con suma delicadeza puesto que podría afectar a algunos determinados diseños de trenes favoreciendo a los de otros fabricantes, con las enormes repercusiones económicas consiguientes. Pero en opinión del autor esto no es así: las piedras del balasto son arrastradas por las corrientes de aire y los remolinos que se forman en los bajos del tren con velocidades enormes, superiores a 100 m/s, y esto es independiente del diseño del material móvil, porque modificaciones del diseño harán variar muy poco la magnitud del problema. Y si hay riesgos, lo que el Ingeniero de Caminos responsable debe hacer en opinión del autor es extirpar la raíz del peligroso problema eliminando la vía de balasto para la Alta Velocidad, como han hecho nuestros colegas japoneses y alemanes.

8.- En el caso del AVE de Zaragoza-Barcelona cuyos proyectos comenzaron en noviembre de 1993 y donde hace pocas semanas se ha autorizado al tren a llegar a 250 km/h se dice a veces que la causa de la baja velocidad es la señalización. Aunque será otro el momento y lugar de hablar de señalización ferroviaria y del ERTMS, el autor opina que, independientemente de este problema, el vuelo del balasto o schotterflug impedirá siempre a los trenes circular a la velocidad de 350 km/h con que se diseñó el trazado. Será necesario instalar, antes o después, vía en placa en este importantísimo

corredor, así como en el AVE de Levante, tratando los terraplenes y cuñas de transición adecuadamente (con la línea en servicio, un duro y costoso trabajo) para evitar que los asientos rompan la placa.

9.- A la luz de todo lo anterior parece al autor que, si se desea una línea de Alta Velocidad con velocidades de 350 km/h como tantas veces se dijo, en lo que respecta al trazado es necesario:

A. - Eliminar la vía en balasto e ir a vía en placa
B. - Eliminar los terraplenes. En los casos en que sean imprescindibles, reducir su altura y longitud, preparar las soluciones para reducir sus descensos postconstructivos a menos de 3 cm, y eliminar los asientos diferenciales.

C. - Ello exige a su vez bajar las rasantes, como se ha hecho en otros países, y construir túneles de base en las zonas montañosas, y mucho más largos (alguna decena de kilómetros) en lugar de los numerosos y cortos túneles de pico que se están proyectando. Esto a su vez permite mecanizar la construcción de los túneles, si bien Japón, Alemania, Italia, Francia, España, Corea y Taiwan construyen hoy todos los túneles de doble vía y por métodos manuales como el NATM en lugar de construir un tubo por vía y mecanizados con TBM.

D.- Los túneles que acabamos de ver en estos países son todos de doble vía. Contra esto puede argumentarse el peligro que supone un descarrile o accidente de un tren a 350 km/h en el túnel si entra otro tren por la otra vía, pero el hecho es que Japón lleva 41 años con este tipo de explotación, Francia 25, España 14 y jamás se ha producido ningún accidente. La ventaja del túnel de doble vía es que su gran sección permite al tren circular a su velocidad de diseño, porque el fenómeno de la fricción tren-aire-túnel (en el lateral opuesto al hastial más cercano) no es tan importante como en los túneles más pequeños de una vía. La desventaja es que para esas enormes secciones (hasta 180 m² el de Tartaiguille del TGV-Med, por ejemplo) no existen todavía máquinas tuneladoras de 15 m de diámetro para roca, y aún deben construirse a mano. Las dos tuneladoras de 15.2 m del bypass sur de la M-30, trabajando actualmente en Madrid y preparadas para cambiar la cabeza de suelos a otra de roca, pueden ser una solución a ese problema.

E.- Todo lo anterior obliga, en opinión del autor, a una profunda reflexión y reconsideración de los Estudios Informativos y de la insistencia en reducir el coste inicial de este tipo de infraestructuras, tratando por el contrario de estudiar y reducir el coste de su ciclo de vida útil.

10.- Se discute a veces si el tiempo de viaje (y por tanto la velocidad comercial) en la Alta Velocidad es importante o no lo es. Actualmente en algún país parece defenderse que no es necesario alcanzar velocidades de 350 km/h o superiores, y que es suficiente con lo que a veces se denomina Velocidad Alta, unos 200-250 km/h, para ahorrar dinero en la inversión inicial, diciendo en ocasiones que el tren de Alta Velocidad es un depredador de energía. Unos interesantes estudios actuales sobre el tema del consumo de energía son los últimos trabajos de García Alvarez (Refs.110,111). Pero basta estudiar las memorias de las diversas Compañías explotadoras de Alta Velocidad en otros países (Refs.5,13 y otras) para ver cómo tras alguna década de explotación ya plantean cuantiosas inversiones para ganar algunos minutos en los tiempos de viaje. El autor cree que lo mismo ocurrirá en España en los próximos años, y que los Ingenieros de Caminos jóvenes deben enfocar los trazados teniendo en cuenta este hecho y la enorme importancia futura de unos minutos en el tiempo de viaje, especialmente en trayectos como Madrid-Barcelona, Barcelona-Valencia y Sevilla, Madrid-Málaga, Barcelona-París, Madrid-París o Madrid-Galicia. Hoy todavía medimos los viajes en kilómetros, pero nuestros hijos y

nietos los medirán en minutos. El autor, que comenzó a trabajar como estudiante de 3º en 1966 bajo el Ministerio de D. Federico Silva, ha visto ya pasar y cesar a 16 Ministros de Obras Públicas, 11 Directores Generales de Carreteras, no sabe ya cuántos de Ferrocarriles, 14 Presidentes de RENFE, y opina que frente a instrucciones de ahorro en la inversión inicial, los Ingenieros de Caminos y especialmente los compañeros jóvenes Funcionarios del Cuerpo, de las Empresas Consultoras e Ingenierías españolas y también de las Empresas Constructoras deben tener en cuenta que las instrucciones cambian cada 4 años mientras que las infraestructuras que proyectamos y construimos los Ingenieros de Caminos estarán en servicio probablemente hasta el próximo siglo. Y que una vez están en servicio sus mejoras son casi imposibles por su enorme coste y la enorme afección a la explotación. Innumerables y serios conflictos –incluso ataques personales– sufrimos los Ingenieros cuando alguno de estos problemas debidos al ahorro en la inversión inicial sale a la luz pública, pero pese a ello el autor cree que así debemos hacerlo saber, respetuosa mas firmemente, a nuestros sucesivos superiores jerárquicos o altos cargos de cada 4 o menos años. ♦

Referencias:

1. "World's fastest train launched" International Railway Journal, Ago 2005, pp.3
2. "Record de vitesse" Le Rail, Sep 1996, pp.47
3. Takahashi, K (Director, JART) Comunicación privada al autor, Abril 2006
4. "Le redressement spectaculaire du rail japonais", Le Rail, Sep 1994, pp 16-17
5. JR Central. Annual Report 2005
6. Shima, Hideo "Birth of the Shinkansen – A memoir", Japan Railway & Transport Review, Oct 1994, pp 45-51
7. Keseljovic, C "Le Tokaido Shinkansen fête ses 40 ans 1964-2004", Le Rail, Nov 2004, pp 24-26
8. Kasai, Y "Comment est né le Shinkansen", Le Rail, Nov 2004, pp 28
9. Sunaga, M "Characteristics of embankment vibrations due to high-speed train loading and some aspects of the design standard for high-speed links in Japan", Geotechnics for Roads, Rail Tracks and Earth Structures, ETC 11 of ISSMGE, Amsterdam, 2001, Balkema, pp 203-211
10. Wakuda, Y "Railway Modernization and Shinkansen" Japanese Railway History 10, Japan Railway & Transport Review No. 11 pp.60-63
11. "Opening of Tokaido Shinkansen Shinagawa Station" Japan Railway & Transport Review, 37 pp.54-55
12. Tanaka, H "Tokaido upgrade to beat air competition". Railway Gazette International, Abr 2003, pp 199-202
13. JR West. Annual Report 2004
14. JR East. Annual Report 2005
15. "Tohoku Shinkansen extended". Railway Gazette International, Ene 2003, pp 6
16. Yamahi, Hitoshi "Iwate-Ichinohe tunnel on the Tohoku New Trunk Line", Sumitomo construction, Journal of JSCE, 1999 pp 18-22
17. Sumito Nagai "The Iwate-Ichinohe Tunnel in the Tohoku Shinkansen Railway Line", Japan Railroad Construction Public Corporation, Second Civil Engineering Conference in the Asian Region (2nd CECAR), The Asia Civil Engineering Coordinating Council (ACECC), Tokyo, April 16-19, 2001.
18. Tanaka, K, Ichijo, M "Rational excavation of swelling ground in a long hard rock tunnel" Tunnels for People, Rotterdam 1997, Balkema, pp. 261-266.
19. 2005 Agence France Presse, 27 Feb 2005
20. Melis, M "Terraplenes y balasto en la Alta Velocidad ferroviaria" Revista Obras Públicas, nº 3464, Marzo 2006, pp. 7-36
21. "Hayate sets Joetsu record". Railway Gazette International, May 2003, pp 244
22. Mizuide, H, "Highly Integrated Technology: The construction of Kyushu Shinkansen", Japan Railway Construction, Transport and Technology Agency (JRJT), 2004
23. Smith, M "Face crushing on Kyushu" World Tunneling, Abr 1999, pp 118-121
24. Miura, S., Takai, H et al "The Mechanism of railway tracks". Railway Technology today 2, Japan Railway and Transport Review, Mar 1998
25. Sato, Yasuko "La voie au Japon". Le Rail, May/Jun 1996 pp 30-34
26. Puebla, J, et al "Para altas velocidades ¿Vía con o sin balasto?". ROP 3401, Sept 2000, pp 29-40
27. Seki, M "Managing maintenance on the Tokaido Shinkansen". Railway Gazette International, Ago 2003, pp 503-505
28. Sunaga, M "Characteristics of embankment vibrations due to high-speed train loading and some aspects of the design standard for high-speed links in Japan", Geotechnics for Roads, Rail Tracks and Earth Structures, ETC 11 of ISSMGE, Amsterdam, 2001, Balkema, pp 203-211
29. Suga, Tatsuhiro "Japanese Railway Technology today" Railway Technology Research Institute RTRI, Japan, East Japan Railway Culture Foundation, 2001, pp 110
30. Motoki, H, (Director, JRJT), Comunicación privada al autor, Abril 2006
31. Sunaga, M "Characteristics of embankment vibrations due to high-speed train loading and some aspects of the design standard for high-speed links in Japan", Geotechnics for Roads, Rail Tracks and Earth Structures, ETC 11 of ISSMGE, Amsterdam, 2001, Balkema, pp 203-211
32. JORSA, Japan Overseas Rolling Stock Association, 2004 jorsa.or.jp
33. Tatsuoka, F, Tateyama, M et al "Geosynthetic-reinforced soil retaining walls as important permanent structures" Geosynthetics International, 1997, Vol 4, pp 81-136
34. Mitsugi, K, Miyoshi, S (Directors, Int'l. Aff. Division, JRJT), "Slab track for 350 km/h", Comunicación privada al autor, Abril 2006

35. Motoki, H, (Director, JRJT), "Comparison of Maintenance costs, ballasted and slab track in Shinkansen, Japan", Comunicación privada al autor, Abril 2006
36. Toyama, H, y Nakamura, K (Assist. Directors, Track Division, JRJT), "Comparison of Maintenance costs, ballasted and slab track in Shinkansen, Japan", Comunicación privada al autor, Abril 2006
37. Brainshaw, D "Taiwan High-Speed Line On Course To Open In 2005 - High Speed: Far East" International Railway Journal, Oct 2002
38. Kwok-Hung, Lee "Tracklaying underway on Taiwan's first high speed line" Railway Gazette International, Ene 2004, pp 46-47
39. Townsend, B, Humphreys, P "Lining Taiwan's high speed link" Tunnels & T. Intl, Sep 2002, pp 50-54
40. "Collapse on THSRL" Tunnels & T. Intl, Ene 2003, pp 6
41. "THSRL recovery from recent falls" Tunnels & T. Intl, Feb 2003, pp 8
42. "THSRL cruises home" Tunnels & T. Intl, Oct 2004, pp 21-25
43. Girard, D "25 ans de grande vitesse". Le Rail, Dic 2005, pp 14-18
44. Protat, P "Quelques souvenirs sur la genese administrative du TGV". Le Rail, Feb 2004, pp 12-14
45. Schouppe, E "Une frontiere franchie a 300 km/h". Rail International Schienen der Welt, Jun 1996, pp 2-3
46. "Le jour du TGV Med". Le Rail, Jul 2000
47. Keseljjevic, Ch "Les dessous d'un grand projet pour le 21eme siecle". Le Rail, Jul 2000, pp 7-15
48. Bousquet, Ch "La conception de viaducs en beton precontraint". Le Rail, Jul 2000, pp 40-43
49. Colomb, A "TGV Mediterranee. Le tunnel de Lambesc". Tunnels May-Jun 1998, p.223-229
50. Andre, D, Oget, C "TGV Mediterranee. Tunnel des Pennes-Mirabeau". Tunnels Jul-Ago 1998, p.313-318
51. Rannou, V, Andre, D "TGV Mediterranee. Tunnel de Marseille". Tunnels May-Jun 2000, p.145-158
52. Jourdan, A "Les enjeux de construction de la ligne nouvelle pour la SNCF". Le Rail, Jul 2000, pp 18-20
53. Tunnels Sep-Oct 2000, p.253
54. Escolan, T "Entre la mer du Nord et la Mediterranee". Revue Generale des chemins de fer, Sept 2001
55. Sivardiere, J "Les gares mal situees du TGV Est". Le Rail, Dic 2003, pp 8-9
56. "TGV heads east". Railway Gazette International, Mar 2003, pp 138-140
57. Duchemin, M "Le project de TGV Rhin-Rhone". Le Rail, Dec 1993, pp 43-44
58. Batisse, F "La Recherche ferroviaire : un aotout ou un defi". Le Rail, Jun 1996, pp 16-19
59. Guerin, N, Huille, JP "Recherche sur la voie ballastee". Revue Generale des chemins de fer, Abr 1999
60. Vallet, D, Petit, Ch "Innovation dans la structure de la voie sans ballast". Revue Generale des chemins de fer, Feb 2000
61. Huille, JP "Le project Euroballt". Le Rail, Jun 1996, pp 12-15
62. Thomas, C "10 ans de progres. L'infrastructure, la voie". Revue Generale des chemins de fer, Oct 1991, pp.51-56
63. "High speed is wearing !". Rail et Recherche n° 34. Ene-Feb-Mar 2005.
64. "TGV Med. 100 journalistes pour le essais de la star". La vie du Rail, 24 Ene 2001, pp 12-14
65. Riollot, AM, Brunel, Ph "IVOIRE La detection des empreintes de ballast sur lignes a grande vitesse a 300 km/h". Revue Generale des chemins de fer, Oct 2000
66. Jakob, A "Sichere Vefestigung von Schotterflaechen". Eisenbahningenieur 55, 1/2004, pp 20-21
67. Kirnich, P "Im Sog der Wirbelstrombremse. Der deutsche Schnellzug ICE 3 soll Mitte 2007 in Frankreich fahren / Die Tests brachten viele unerwartete Probleme". Berliner Zeitung, 21 Sept 2005
68. "Mühsamer Start im TGV-Reich" Frankfurter Rundschau, 30-Ago—2005
69. Daumüller, S "Die Vorbereitungen für den ICE-Regelbetrieb nach Frankfurt laufen auf vollen Touren" Bahntechnik DB, 03 - 2005, pp 20
70. "ICE-3-Zulassung in Frankreich vor dem Abschluss" Eisenbahn-Revue 10/2005 pp 472-473
71. "Verbundprojekt DEUFRAKO - AOA - Aerodynamics in Open Air Untersuchungen der Schienenfahrzeugaerodynamik zur besseren Beherrschung von Seitenwind und Schotterflug im Hochgeschwindigkeitsverkehr " Teilvorhaben Deutsche Bahn. BMBF Bundesministerium für Bildung und Forschung, 2005-2007
72. Missler, M, DB Systemtechnik TZF 61, comunicación personal al autor, Oct 2004
73. Nota personal al autor, Septiembre 2004. Sin autorización para hacerla pública.
74. Giménez, G, (Cátedra FFCC Univ. Navarra, S.Sebastian), Nota personal al autor Mayo 2006.
75. Jomard, JM "10eme anniversaire du record du monde de vitesse sur rail". ". Revue Generale des chemins de fer, Sep 2000, pp 25-29
76. Batisse, F "La grande vitesse a besoin d'un lifting permanent". Le Rail, Dic 2003, pp 28-33
77. Berrin, G "L'entretien des lignes a grande vitesse a la SNCF". Rail International Schienen der Welt, Dic 1999 pp.17-22
78. Orsi, JP "La renovation de la Ligne a Grande Vitesse Paris Sud-Est". Revue Generale des chemins de fer, Dic 1999, pp 5-14
79. Le Bilhan, A "La voie : l'experience acquise sur la LGV Sud-Est, le premiers renouvellements de composants". Revue Generale des chemins de fer, Nov-Dic 1996, pp 81-87
80. Rodríguez Andrade, J "Mantenimiento de las lineas de Alta Velocidad en Francia. Renovación de la linea de TGV Paris-Lyon". ETS Caminos Madrid, 1999
81. Scasso, Ch "La renovation de la ligne du TGV Sud-Est". Le Rail, Jun 1996, pp 46
82. Batisse, F "Les defirs de la maintenance : couts, urgences, delais". Le Rail, Nov 2003, pp 28-31
83. López Pita, A "Infraestructuras ferroviarias". Edición Univ.Polit.Cataluña, CENIT, Colección TTT, Junio 2006, pp 50-51
84. Gimeno Aribau, S "Una nueva problemática : la renovaci6n de líneas de Alta Velocidad". Tesis, ETS Caminos Barcelona, 2004
85. Savini Nicci, A "High-speed lines in Italy". Rail International Schienen der Welt, Abr 2002
86. Savini Nicci, A "Roma-Napoli postponed until 2005". Railway Gazette International, May 2004, pp 275-276.
87. Briginshaw, D "Italy completes Rome-Naples high-speed line", International Railway Jurnal, Nov 2005, pp 23-24
88. Smith, M "Progress at Firenzuola". World Tunneling International, Feb 99, pp 25-26
89. Smith, M "Progress at Firenzuola". World Tunneling International, Ago 2000, pp 277-282
90. Melis M "El túnel, clave de las infraestructuras. 149 túneles, métodos y velocidades de construcción". ROP Nov 2000, pp 17-40
91. TAV (Treno Alta Velocita) "Firenze Bologna sotto e sopra L'Appennino", RFI, Provincia di Firenze, Nov.2005
92. "Giant T makes steady progress". Railway Gazette International, May 2004, pp 277
93. Kee-dong, K "Construction of the Korean high speed railway". Rail International Schienen der Welt, Oct 2000, pp 19-23
94. Kee-dong, K "High speed rail in Korea: Recent developments and plans". Rail International Schienen der Welt, Sep 2002, pp 24-29
95. "Drilling for speed on Korea's new HSR", T&Tl, Oct 2004, pp 27-29
96. Loubinoux, JP "International efforts complete Korea's first high speed line". Railway Gazette International, Ago 2003, pp 506-507
97. Heinisch, R "Les projects de grande vitesse en Allemagne. L'ICE et le Transrapid dans un systeme integré". Rail International Schienen der Welt, Oct 1998, pp 50-52
98. Belter, B "Planning and building the Cologne-Rhine/Main new line". Rail International Schienen der Welt, Feb 2002, pp 26-27
99. "Cologne-Frankfurt high-speed railway". Tunnel & Tunnelling International, May 98, pp
100. Smith, M "Cologne to Frankfurt am Main by Intercity Express". World Tunneling International, Ago 99, pp 281-284
101. Thomas, J "Germany accelerates to 300 km/h". Rail International Schienen der Welt, Sep 2002, pp 16-17
102. Kurz, H "ICE-3. DB AG passes the 300 km/h threshold". Rail International Schienen der Welt, Sep 2002, pp 20-21
103. "Nürnberg-München in one hour". Railway Gazette International, Nov 2003, pp 714
104. "New projects axed as budget shortfall bites". Railway Gazette International, Sep 2004, pp 557
105. "Early slab track design revived on high speed line". Railway Gazette International, Sep 2004, pp 571-572
106. Missler, M "Permanent way systems for HSL in Germany, DB". DB Systemtechnik TZF 61, comunicación privada, Oct 2004
107. Münchschwander, P et al "Feste Fahrbahn" ETR, 1997
108. Bos, J, Stuit, H "A new philosophy of track building: Deck Track". Rail International Schienen der Welt, Ene 2000, pp 30-37
109. Esveld, C "Modern Railway Track" MRT Productions, 2001, pp.257-258
110. García Alvarez, A "Propuesta de estrategias, estructura organizativa y económica y diseño de operación del transporte de viajeros por ferrocarril en el nuevo escenario competitivo". Tesis Doctoral, Univ. Autónoma Madrid, Dic 2003
111. García Alvarez, A "El tren de Alta Velocidad no es un depredador de energia". DYNA, Asoc. Ings. Industriales España, Jun 05, pp 33-38

Homologaciones Técnicas Europeas para la calidad y la seguridad

European Technical Approval for quality and safety

Andor Windisch. Dr. Civil Engineer.

Director Técnico DSI. andor.windisch@dywidag-systems.com

Amadeo Vilar Brumbeck. Geólogo

Gerente DSC. vilar@dywidag-systems.com

Fernando Martínez Pérez-Beato. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Director Técnico DSC. martinez@dywidag-systems.com

Resumen: Los habitantes de los países miembros de la Unión Europea se benefician en muchas de las facetas de la vida diaria de formar parte de la misma; eliminación de fronteras, moneda única y armonización de normativas técnicas, que contribuyen a crear un mercado único. La armonización de criterios técnicos también se está aplicando a los sistemas de postesado, y por lo tanto, DYWIDAG-Systems Internacional (DSI), como proveedor de los mismos desde hace más de 40 años, también ha certificado sus propios sistemas de postesado para usos estructurales y geotécnicos.

Palabras Clave:

Resumen: The European Union brings many benefits to citizens of member countries: the elimination of borders, single currency and harmonized technical standards which all contribute to the creation of a single market. The harmonization of technical criteria is also being applied to post-tensioning systems and DYWIDAG-Systems International, as a provider of the same with over 40 year's standing, has received approval of their own post-tensioning kits for structural and geotechnical use.

Keywords:

1. Armonización de especificaciones técnicas conforme a la Directiva de Productos de la Construcción (DPC)

El objetivo de la DPC consiste en que los distintos productos de la construcción comercializados dentro de la UE lo hagan bajo una serie de especificaciones técnicas únicas. La DPC define como documentos técnicos a la Normativa Europea Armonizada (hEN, Harmonized European Standards) y a los Documentos de Idoneidad Técnicos. DITE (ETAG, European Technical Approval Guideline). El cumplimiento por parte de un producto de su DITE prueba que este producto satisface todos los requerimientos esenciales para los países de la EU.

Una Homologación Técnica Europea de cierto producto puede ser aprobada en base a su DITE o mediante la realización por parte de un Organismo Homologador de un Procedimiento de Homologación Consensuado (CUAP, Common Understanding of Assessment Procedure). El DITE se prepara en cumplimiento de un mandato realizado por la Comisión Europea, mientras que el Pro-

1. Harmonization/Approximation of technical specifications according to the Construction Products Directive (CPD)

The object of the CPD is to ensure that different construction products marketed within the EU are done so in accordance with single technical specification. The CPD defines technical documents as the Harmonized European Standards (hEN) and the European Technical Approval Guideline ETAG. A product's compliance with its ETA guideline is proof that this product satisfies all essential requirements for EU countries.

A European Technical Approval (ETA) for a construction product may be approved on the basis of its ETAG or through a Common Understanding of Assessment Procedure (CUAP). The ETAG is prepared as a result of a mandate by the European Commission while the Common Understanding of Assessment Procedure may be initiated by any Approval Organisation and later approved by the European Commission.

Fig. 1. Desde hace más de 40 años los sistemas DSI de postesado han demostrado su calidad en obras tan impresionantes como el Puente Apolo en Bratislava (Eslovaquia)/ *DSI post-tensioning kits have shown proven quality for over 40 years in impressive construction works such as the Apollo Bridge in Bratislava (Slovakia).*



cedimiento de Homologación Consensuado lo puede iniciar cualquier Organismo Homologador, siendo más tarde necesario que sea aprobado por la Comisión Europea.

2. DITE 013

En el año 1998 el Organismo Europeo para las Homologaciones Técnicas (EOTA, European Organisation for Technical Approvals) inició, tras el visto bueno de la Comisión Europea, la preparación de la Homologación Técnica Europea para los sistemas de postesado. El DITE 013 (ETAG 013) fue aprobado por la Comisión Europea en junio de 2002. Con el DITE 013 se garantizan unos requerimientos y criterios de evaluación uniformes para todos los sistemas de postesado comercializados en Europa.

Los requerimientos resistentes para los sistemas de postesado se dividen en dos partes dentro del documento. Una primera parte en donde se definen los requerimientos obligatorios para cualquier sistema y una segunda parte, en donde los requerimientos son sólo opcionales, ya que se refieren a aplicaciones especiales, como tendones retesables o aplicaciones criogénicas.

Se deben realizar un gran número de ensayos satisfactoriamente para obtener la Homologación Europea y este número está definido con precisión para cada sistema de postesado. Los ensayos se realizan en tendones de potencia pequeña, media y en el de mayor potencia. También se realizan ensayos a los acopladores y sobre los hormigones de menor y mayor resistencia a la hora de tesar.

2. ETAG 013

In 1998 the European Organization for Technical Approvals (EOTA), on the approval of the European Commission, started to prepare the European Technical Approval for post-tensioning kits and the ETAG 013 was approved by the Commission in June 2002. The ETAG 013 guarantees common requirements and criteria for all post-tensioning systems marketed in Europe.

The strength requirements of post-tensioning kits is divided into two parts in the document. The first part defines obligatory requirements for all systems and the second part establishes optional requirements referring to special applications such as restressable tendons or cryogenic applications.

A large number of tests must be suitably carried out and passed in order to obtain European Approval and the number of tests is clearly defined for each post-tensioning kit. Tests are carried out on small, medium and the largest tendon sizes and on the anchorages and couplings as well as the maximum and minimum concrete strength at the time of stressing.

2.1. ETAG 013. Part 1. Compulsory tests

• Test to failure

The test is carried out on a fully mounted tendon specimen with all its components (anchorage and coupling) in the manner shown in Figure 3. Very strict values are established regarding anchorage efficiency

2.1. DITE 013 . Parte 1. Ensayos obligatorios

• Ensayo de rotura

El ensayo se realiza sobre un tendón completamente montado con todos sus componentes (anclaje y acoplador), tal y como se puede ver en la Figura 3. Los valores exigidos a la eficiencia del anclaje, alargamiento total de la zona libre bajo carga máxima, integridad de los distintos componentes y movimientos relativos entre ellos son muy exigentes.

• Ensayo a fatiga

El esquema de montaje del ensayo es igual al ensayo de rotura. En ensayo se debe realizar, si es posible, con todos los cordones del tendón instalados, aunque si con los medios del laboratorio esto no fuera posible, se puede reducir el número de cordones de acuerdo con lo estipulado en el DITE 013. En cualquiera de los casos, se deben instalar los cordones en los alojamientos más exteriores del anclaje. En la Figura 4 se puede observar un tendón de 19 cordones posibles en donde se han instalado 9 cordones, para ser ensayados a fatiga. El ensayo consiste en

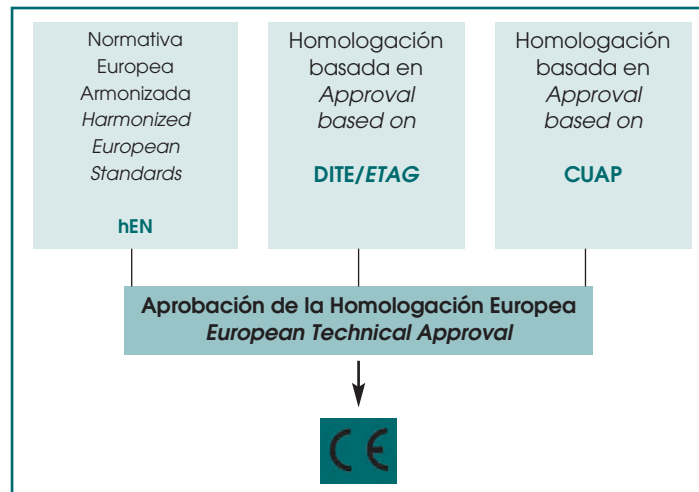


Fig. 2. Procedimiento de obtención del Marcado CE/Process to obtain CE Marking.

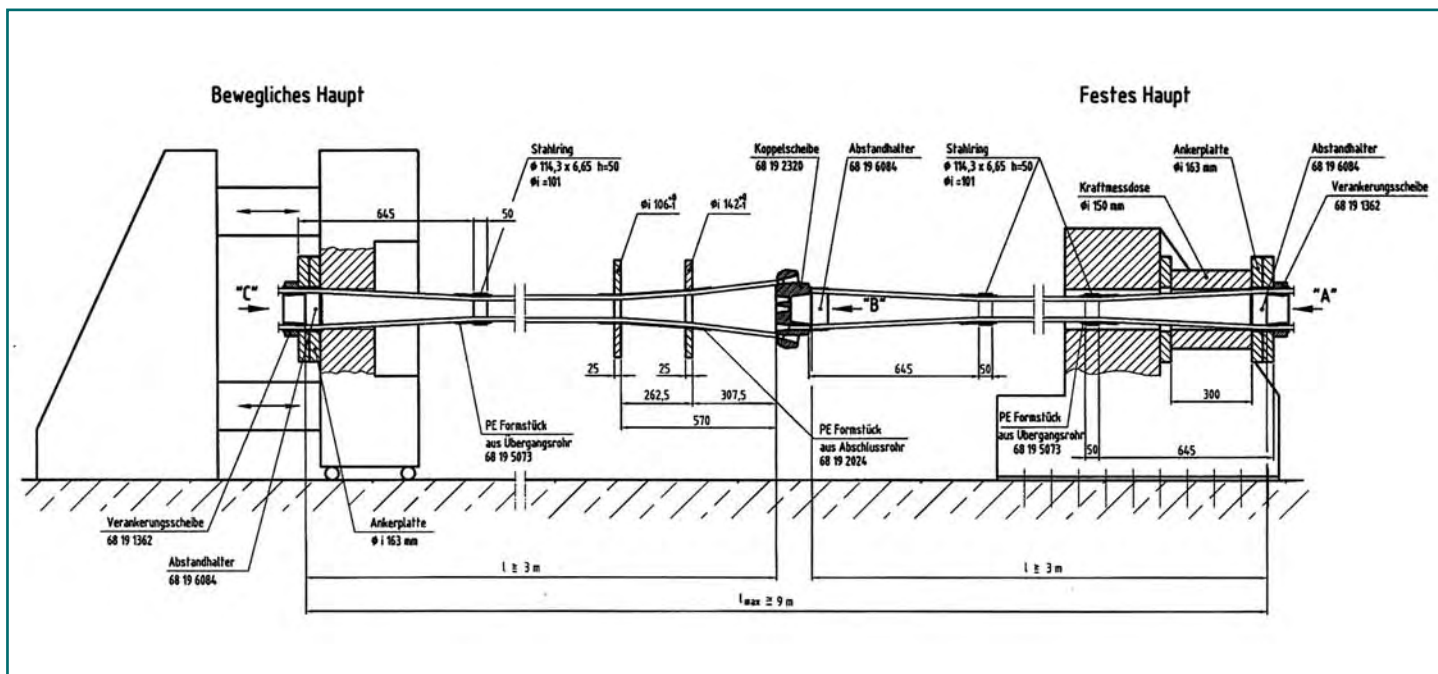
and total elongation of tensile elements on the free length at measured maximum load and there should be no undue deformations in the components or disproportionate relative movements between the same.

• Fatigue tests

The test set up is the same as that of tests to failure. Where possible the tendon shall be tested with the complete number of tensile elements installed.

However, the number of tensile elements in the tendon-anchorage assembly to be tested may be reduced in accordance with that stipulated in the ETAG 013. In all cases tensile elements shall be installed at the outer housings of the anchorage. Figure 4 shows a tendon with 19 possible tensile elements and where 9 elements have been installed for fatigue testing. The test consists of 2 million cycles at a constant stress amplitude of $\Delta\sigma_m = 80 \text{ N/mm}^2$ and a constant upper load of 65% of the characteristic strength of the tensile elements. Loss of section of upper active reinforcement greater than 5% the same and the failure of any tendon component is not permitted.

Fig. 3. Esquema de montaje de los ensayos estáticos y dinámicos para un acoplador/Typical set up for static and dynamic tests on a coupling.



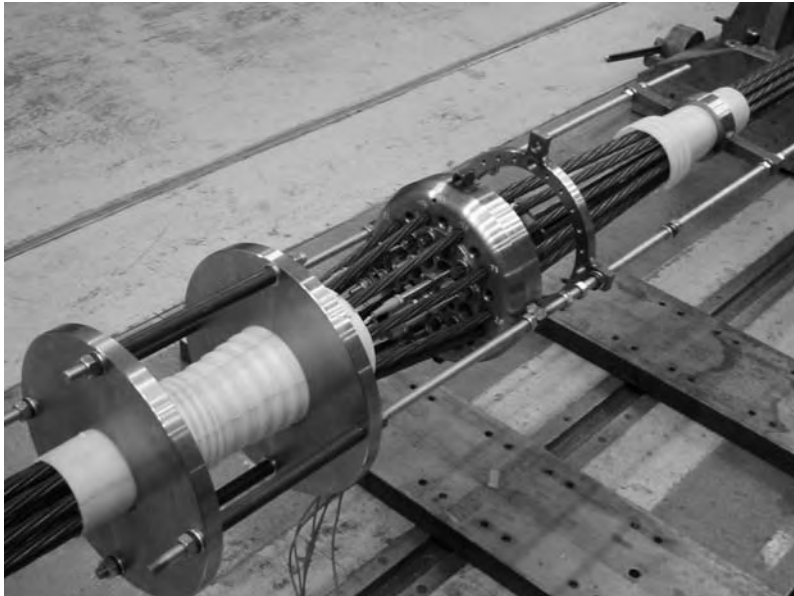


Fig. 4. Ensayo de fatiga. Detalle acoplador de 19 cordones/Fatigue test. Detail of 19 strand coupling.

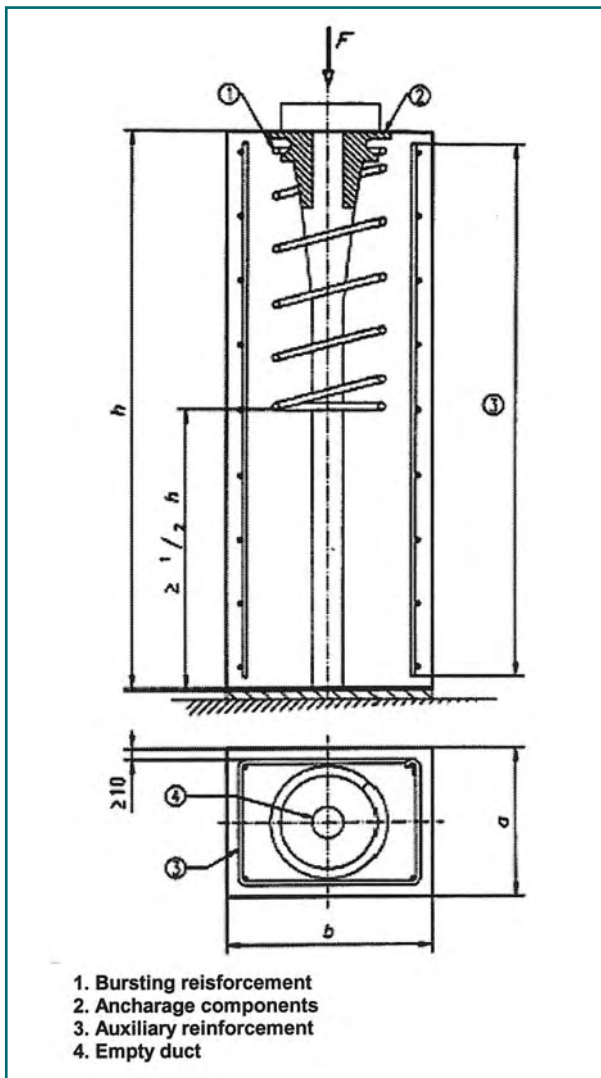


Fig. 5. Esquema del ensayo de transferencia de cargas: 1. Armadura de confinamiento; 2. Componentes del sistema; 3. Armadura de refuerzo adicional; 4. Vaina vacía/Test specimen for load transfer test.

• Load transfer to the structure

Figure 5 shows a test specimen for load transfer test. The specimen shall contain those anchorage components and bursting reinforcement which will be embedded in the structural concrete and their arrangement has to comply with the intended application and with the specification as per the ETA applicant's guide.

The test specimen shall be a concrete prism tested in axial compression. Its concrete cross-section $A_c = a \cdot b$ shall correspond to the minimum cross-section defined for a particular tendon and concrete strength class. The dimensions a and b of the concrete prism shall be specified in the ETA as reference dimensions.

In addition to these dimensions, the auxiliary reinforcement installed in the specimen shall be specified in the ETA as reference reinforcement.

In testing, the specimen is mounted in a calibrated test rig and is then subject to a loading process consisting of ten load cycles and ensuing increase of the same until failure. During cyclic loading control shall be made to ensure satisfactory stabilisation of widths of cracks. Both crack widths and longitudinal and transverse strains shall be stabilised and the last loading to failure shall be over 110% the characteristic ultimate resisting force of the tendon specimen.

3. European Technical Approval

On satisfactorily completing all obligatory tests and on being approved by all Approval Organizations of each European state, the EOTA then publishes the European Approval of the system in question. The Approval contains precise information of the characteristics and requirements demanded of the approved kit as well as all necessary information for the design and execution of post-tensioning works. Approval also contains the quality control plan and external audits required to maintain the CE marking.

In accordance with the Council Directive 89/106/EEC relating to Construction Products, European Technical Approval is a favourable assessment that the approved post-tensioning kit meets the 6 basic requirements (Mechanical Resistance and durability, safety in case of fire, hygiene, health and environment, safety in use, protection against noise and energy economy) demanded of construction products. As a general rule each approval is valid for five years and is renewed on compliance with fixed requirements.

realizar 2 millones de ciclos de carga con una carrera de fatiga de $\Delta\sigma_m = 80 \text{ N/mm}^2$ y una carga máxima igual al 65% de la carga de rotura característica del tendón. No se permite una pérdida de sección de armadura activa superior al 5% de la misma, ni la rotura de ninguno de los componentes del tendón.

• Transferencia de carga a la estructura

La muestra a ensayar la tenemos en la Figura 5. La muestra debe incluir todos los componentes y armadura de refuerzo del sistema necesaria, que quedarán embebidos en el hormigón. La disposición de estos elementos deberá ser la definida en el documento del solicitante de la homologación y deberá satisfacer las condiciones de aplicación.

La muestra será un prisma ensayado a compresión. La sección de hormigón $A_c = a \cdot b$ se corresponderá con la mínima área definida para un determinado tendón y resistencia de hormigón. Las dimensiones a y b del bloque de hormigón serán las dimensiones de referencia en el documento final de la Homologación.

Además de estas dimensiones, la armadura de refuerzo instalada en la muestra será la armadura de referencia a definir en el documento final de la homologación.

Para la realización del ensayo, se coloca la muestra en una prensa calibrada y se le aplica el siguiente proceso de carga: 10 ciclos de carga y aumento de la misma hasta rotura. Durante los ciclos de carga se deben controlar que las fisuras no superen una abertura dada. Tanto la abertura de fisuras, así como las deformaciones longitudinales y transversales deben estabilizarse y la carga última resistida debe ser superior al 110% de la carga última característica del tendón ensayado.

3. La Homologación Técnica Europea

Tras realizar satisfactoriamente todos los ensayos obligatorios y ser aprobado por todos los Organismos Homologadores de cada estado europeo, el EOTA publica la Homologación Europea del sistema en cuestión. La Homologación contiene de forma precisa las propiedades y requerimientos exigibles al sistema homologado. Además consta de toda la información necesaria para el diseño y ejecución de los trabajos de postesado. La homologación también incluye el plan de control de calidad y de auditorías externas obligatorias para mantener el marcado CE.

La Homologación Técnica Europea de acuerdo con la Directiva de Productos de la Construcción 89/106/EEC, es una confirmación positiva de que el sistema de postesado homologado, satisface los 6 requerimientos fundamentales (resistencia mecánica y durabilidad, protección frente al



Fig. 6. Ensayo de transferencia de cargas. Muestra e instrumentación instaladas/ Load transfer test. Mounted specimen and instrumentation.

4. The CE marking

On the approval of the product the system manufacturer or their representative in the European Union then obtains the CE marking. The CE marking signifies that the product holding the same complies with all the requirements established in the European technical specifications and may be freely commercialized with the sanction of all EU countries. At present any product regulated by a European Technical Approval, as is the case of post-tensioning kits, may only be commercialized when holding the CE marking. The authorities of each country are obliged to verify the correct commercialization of products with CE marking in their respective country.



Fig. 7. Tanques
criogénicos en
Sagunto
(Valencia)/
Cryogenic tanks in
Sagunto
(Valencia).

fuego, higiene, salud y protección medioambiental, seguridad en el uso, protección frente al ruido y ahorro energético) exigidos a los productos de la construcción. Como regla general cada homologación se aprueba por 5 años y se renueva si se cumplen ciertos requisitos.

4. El Mercado CE

La adquisición de la homologación resulta en la obtención del Mercado CE por parte del fabricante del sistema o de su representante en la Unión Europea. El Mercado CE por tanto significa, que el producto que lo atesora cumple con todos los requerimientos establecidos en la normativa técnica europea y evidentemente tiene todos los beneficios de cada país de la UE para poder ser comercializado libremente. En estos momentos cualquier producto que este regulado por una Homologación Técnica Europea, como es el caso de los sistemas de postesado, debe tener en su poder el Mercado CE para poder ser comer-

5. Advantages for the system and user of post-tensioning

DSI is the first supplier of post-tensioning kits to hold European Approval of Post-tensioning for bonded and unbonded tendon systems and bonded/unbonded and external bar post-tensioning.

The European Approval aids the work of designers, constructors and owners as it harmonizes all verification and control systems. As all systems holding the CE marking have been tested and controlled under the same criteria, each link in the construction chain may be made by selecting the best solution in accordance with requirements. The technical and commercial heads of construction companies will be in possession of standard documents which will help their selection process in both technical and financial terms. The construction owner will have the guarantee that the products installed are of the highest quality and capacity and that they comply with all stipulated

cializado. Es además una obligación de las autoridades de cada país comprobar la correcta comercialización de los productos con marcado CE en sus países.

5. Ventajas para el sistema y usuario del postesado

DSI es el primer proveedor de sistemas de postesado que tiene en su poder las Homologaciones Europeas de Postesado para sistemas de cordón no adherente y adherente y para sistema de postesado con barra adherente, no adherente y exterior.

La Homologación Europea facilita el trabajo para proyectistas, constructores y propiedades ya que armoniza los sistemas de verificación y control. Partiendo de la base que todos los sistemas con Marcado CE han sido ensayados y son controlados bajo los mismos criterios, cada uno de los eslabones de la cadena de la construcción pueden elegir en cada caso la mejor solución a sus necesidades. Así, los responsables técnicos y comerciales de las empresas constructoras, tendrán en su mano unos documentos uniformes que les ayuden a tomar la mejor decisión tanto desde el punto de vista técnico como desde el económico. La propiedad de la construcción tendrá garantizada a su vez la instalación de unos productos de gran calidad y solvencia, que cumplen con todos los requerimientos técnicos exigidos. Todas estas ventajas concluyen en la necesidad de tener sistemas de postesado Homologados, tal y como ahora pueden ser obtenidos del sistema de postesado DSI.

6. Calidad total en la instalación de sistemas de postesado. Documento CEN

Todo lo anteriormente dicho no serviría de nada sin una correcta instalación del sistema de postesado en obra por personal correctamente cualificado y experimentado. Para ello existe un documento elaborado por representantes de 40 países distintos, bajo el auspicio del CEN, que acuerda los requerimientos necesarios para realizar correctamente la instalación.

7. Conclusiones

Las Homologaciones Técnicas Europeas son un gran paso adelante para la armonización normativa en Europa y para armonización de los distintos sistemas de postesado. Gracias a las Homologaciones Técnicas Europeas, DSI puede ofrecer a todos los involucrados en el mundo de la construcción, sistemas de postesado ensayados, controlados y fiables de acuerdo a altos estándares de calidad. ♦

technical requirements. All these advantages converge in the need for approved post-tensioning kits such as those provided by DSI.

6. Total quality in the installation of post-tensioning kits. CEN document

This approval would not serve any purpose without the correct installation of the post-tensioning system by suitably qualified and experienced personnel. In this regard the document prepared by representatives from 40 different countries, under the auspices of the CEN, establishes the necessary requirements for the correct installation of the system.

7. Conclusions

European Technical Approvals are a great step forward for harmonized standards in Europe and for the harmonization of different post-tensioning systems. As a result of these European Technical Approvals, DSI may offer the construction industry tested, controlled, reliable and high quality post-tensioning systems. ♦

Referencias/References:

- (1) CPD: Directive relating to construction products. Council Directive of 21 December 1988 on the approximation of laws, regulations and administrative provisions of the Member States relating to construction products (88/106/EEC) taking account of the modified provisions (93/68/EEC)
- (2) ETAG 013: Guideline for European Technical Approval of Post-Tensioning Kits for Prestressing of Structures. EOTA, Brussels, June 2002.
- (3) CWA 14646:2003. CEN Workshop Agreement: Requirements for the installation of post-tensioning kits for prestressing of structures and qualification of the specialist company and its personnel. CEN, Brussels, January 2003.
- (4) Guidance Paper D. CE Marking under the Construction Products Directive, European Commission, Brussels, May 2004.
- (5) ETA-03/0036, SUSPA-DSI. Unbonded Monostrand System with 1 to 5 monostands. Österreichisches Institut für Bautechnik, Wien 01.04.2004, OIB-250-001/01-093, pp. 33.
- (6) ETA-05/0123, DYWIDAG. Post-tensioning Bar tendon system. Österreichisches Institut für Bautechnik, Wien 19.09.2005, OIB-250-001/02-096, pp. 60.
- (7) ETA-06/0022, DYWIDAG. Bonded strand post-tensioning system. Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin, 12.01.2006.

Presente y futuro del tráfico de contenedores

Present and future of container traffic

Alberto Camarero Orive. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
*Profesor Titular de Universidad. Departamento de Ingeniería Civil. Transportes
E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid. tro9@caminos.upm.es*

M^a Nicoleta González Cancelas. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.
*Departamento de Ingeniería Civil. Transportes. E.T.S. de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos. Madrid.
nico@caminos.upm.es*

*Grupo ILET: Grupo de Investigación en Logística y Explotación del Transporte
Departamento de Ingeniería Civil. Transportes. Universidad Politécnica de Madrid*

Resumen: El crecimiento del tráfico marítimo de contenedores en los últimos años ha sido espectacular, lo que ha provocado importantes modificaciones en la fisonomía de las terminales. Para poder atender, tanto a estos nuevos volúmenes de tráfico, como a los nuevos buques portacontenedores de mayores dimensiones surgidos para favorecer las economías de escala que se producen en el transporte marítimo.

Palabras Clave: Terminal de contenedores, Tráfico marítimo de contenedores, Grúas portacontenedores, Buques portacontenedores

Abstract: There has been a spectacular growth in sea container traffic over recent years which has led to considerable modifications in the form of terminals. Terminals have required change to meet these growing volumes of traffic and the new super container vessels built to promote economies of scale provided by maritime transportation.

Keywords: Container terminal, Sea container traffic, Container handling cranes, Container ships

1. Introducción

Una de las principales tendencias en el comercio mundial es la globalización, lo que implica el desarrollo del comercio mundial, armonizado con el crecimiento del transporte marítimo y del tráfico de contenedores. Apoyándose en el desarrollo de la logística, se está produciendo un proceso de concentración e integración vertical de los principales operadores logísticos, la disgregación y potenciación del operador logístico como principal distribuidor de soluciones integrales *puerta a puerta* y el crecimiento de la externalización (outsourcing) de los servicios logísticos.

Debido a las modificaciones en la gestión de los puertos, éstos han ido evolucionando en sus funciones y convirtiéndose en una auténtica plataforma logística, sobrepasando su mero papel de nodo de intercambio modal, lo que está permitiendo establecer cadenas de transporte con servicio puerta a puerta.

2. Evolución del tráfico de contenedores

2.1. El tráfico de contenedores a nivel mundial

Con el nacimiento del contenedor para transporte marítimo en 1954 de la mano de Malcom Mac Lean se transformó el concepto de transporte, lo que ha modificado la carga, el modo y el manejo de la mercancía. Todo ello ha provocado modificaciones en las infraestructuras y los equipos para realizar el transporte de este nuevo tipo de unidad de carga.

El transporte marítimo internacional es la base de soporte del proceso de globalización económica y comercial. La mayor parte del flujo de mercancías que hacen las cadenas productivas a nivel internacional se mueven por vía marítima, y es en este sector donde están concentrados los grandes cambios a nivel logístico y tecnológico.

El tráfico marítimo de contenedores en el 2005 ascendió a más de 4.000 millones de toneladas de carga seca,



Fig. 1. Principales flujos de tráfico de contenedores.

con un aumento del 4,4% con respecto al año anterior, ubicando nuevamente, al sudeste asiático como motor del comercio internacional, como se puede apreciar en la Figura 1.

El tráfico portuario mundial de contenedores ascendió a 366 millones de TEUs en 2004, de los cuales sólo el 2,8% se movió en puertos españoles, lo que supuso más de 10 millones de TEUs, que actualmente, en 2005, ascendió a más de 11 millones de TEUs. En la distribución por áreas geográficas, destaca el elevado porcentaje de tráfico que representa Asia, copando más de la mitad del tráfico, mientras que Europa representa el 21% del tráfico mundial.

El trasbordo como actividad con mayor desarrollo se concentra mayoritariamente en los espacios geográficos mejor posicionados de la ruta mundial este-oeste. Las áreas de Centroamérica/Caribe, Sur de Europa, Oriente Medio y Sureste Asiático conforman el 35% del tráfico de trasbordo y el 46% del tráfico total de la zona. En el Sur de Europa, donde se incluye el tráfico español, el 36,5% del tráfico es de trasbordo, frente al 27,3% de media mundial. El tráfico portuario de trasbordo ha desarrollado un crecimiento sostenido aproximadamente del 14% en los últimos 20 años, mientras que las importaciones y exportaciones tan sólo han crecido un 8,5% en el mismo periodo.

Basándose en el informe de la consultora Drewry Shipping Consultants de 2004, la evolución de la cuota de tráfico total en el Sur de Europa se mantendrá en torno al 8%. Con esta perspectiva de tráfico, ofreciendo un servicio eficiente y competitivo, las terminales de contenedores del sistema portuario español podrán competir en el mercado por estos nuevos tráficos. En este informe, con respecto a la evolución de la cuota de tráfico de trasbordo se prevé un mantenimiento de la cuota para el Sur de Europa del 11%.

Durante el periodo 2002 – 2004, el crecimiento promedio de contenedores en los principales 20 puertos a nivel mundial fue del 12,40%, lo que significa en promedio unos 60 millones de TEUs en dicho periodo.

Fig. 2. Comparación del transporte marítimo de contenedores, por continentes y océanos, desde 1960.

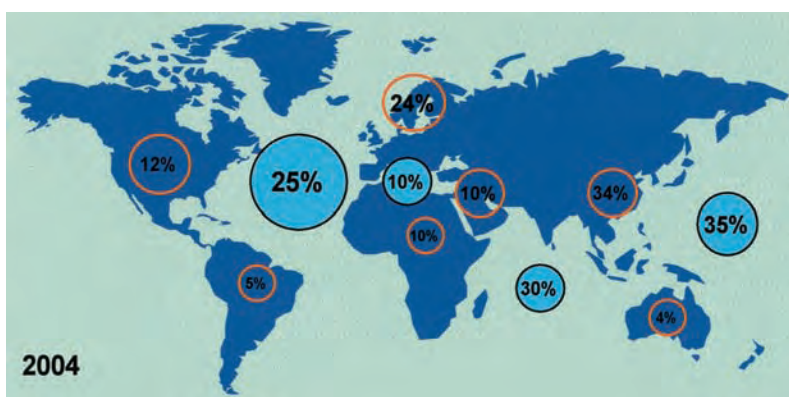
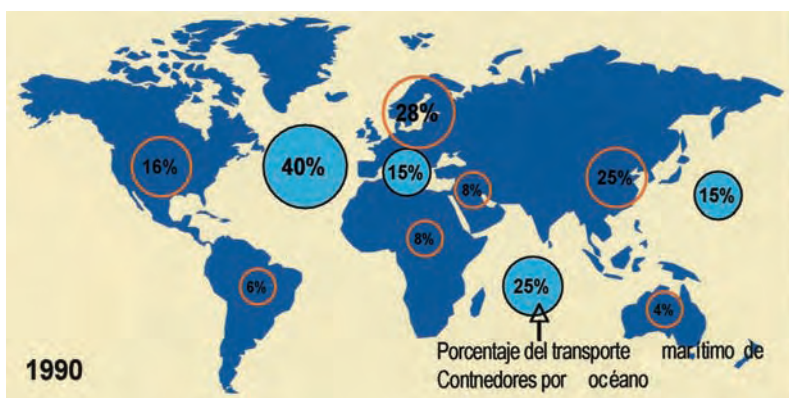
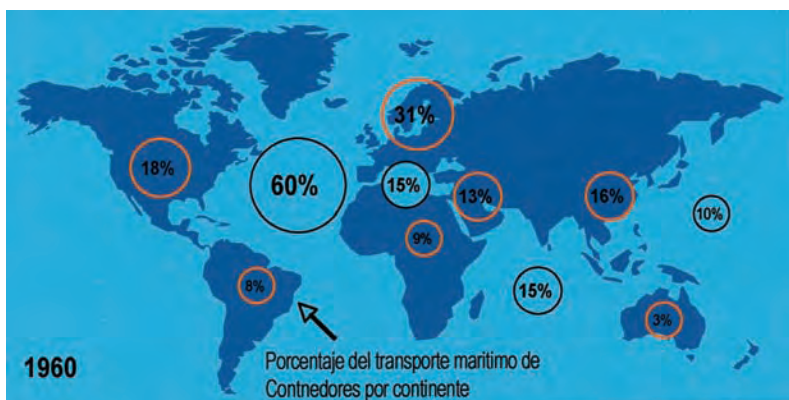




Fig. 3. Línea del comercio marítimo "round the world".

desde 1960 hasta la actualidad, donde se aprecia cómo se han creado nuevas zonas de atracción de dichos tráficos y cómo otras han perdido importancia. Dentro de las zonas y países que han ido concentrando los tráficos se puede destacar la zona del océano Índico y del sudeste asiático, que han quedado dentro de la ruta por excelencia de concentración de los nuevos mercados de producción y consumo.

La Figura 3 muestra la línea de comercio marítimo más importante del mundo, la "round the world", a través de la cual se desarrolla el intercambio de mercancías entre los diferentes continentes y donde se puede apreciar los grandes centros de producción y consumo y los puntos destacados de dicha ruta: estrecho de Malacca, Canal de Suez, Estrecho de Gibraltar y Canal de Panamá.

A la cabeza de la producción del sudeste asiático se encuentra China, el cual en los primeros cinco años del milenio ha alcanzado, porcentajes de crecimiento muy superiores al promedio de crecimiento a nivel mundial. En el año 2004, el crecimiento en su producción fue del 9,5%, gracias a sus niveles, también crecientes, de exportaciones hacia Japón, EE.UU., y Alemania, entre otros países, convirtiéndose en la actualidad en la cuarta economía del mundo, solo por detrás de EE.UU., Alemania y Japón.

Tabla 1. Valores porcentuales del crecimiento del comercio en el sudeste asiático

Zona	Exportaciones (crecimiento en %)			Importaciones (crecimiento en %)		
	2002	2003	2004	2002	2003	2004
China	25	35	33	23	36	26
Japón	8	9	13	1	6	6
EEUU	-4	3	9	4	5	11

Se aprecia en la Tabla 1, los valores en porcentaje del crecimiento del comercio en la zona del sudeste asiático. Se hace también una comparación con la de EE.UU., pudiéndose apreciar lo superiores que son las exportaciones e importaciones de China respecto a ambos países.

El caso de China es muy interesante. En el año 2000, las exportaciones anuales en China suponían un total de 249 millones de dólares y las importaciones 206 millones de dólares. En 2004 las exportaciones desde China se situaron en 650 millones de dólares, creciendo a un ritmo del 35% en los últimos años. Hoy en día este gigante asiático es el primer productor mundial de juguetes, textiles en algodón, calzado, electrodomésticos, seda, ropas, arroz, cerdo, gambas congeladas y té, entre otras mercancías. La intensidad con que fabrica China obliga a introducir grandes cantidades de materia prima, lo que hace equilibrar la balanza comercial. Las importaciones de China en el 2004 alcanzaron los 600 millones de dólares y crecen al ritmo de las exportaciones. A día de hoy, es preciso añadir como factor importante dentro del desarrollo económico de países del sudeste asiático, la inmersión de ellos en el mundo de la construcción naval. Países como Corea del Sur y China, gracias a su menor coste de mano de obra se han convertido en bases de los astilleros más utilizados en la construcción de buques portacontenedores.

2.2. El tráfico de contenedores en España

Los primeros 20 puertos europeos en tráfico de contenedores movieron en el año 2004 más de 47,5 millones de TEUs, un 13% más que el año de 2002, cuando alcanzó a superar los 42 millones de TEUs; en este año superó en un 11% a los años de 2001 y 2002. Este aumento significativo del tráfico de contenedores ha sido gracias al empuje ejercido por el crecimiento visible de puertos como Róterdam con 16,5%, Algeciras con 17% y cercano a los 3 millones de TEUs movidos, o Barcelona y Valencia con crecimientos entorno al 15%. En el 2004 otros puertos de significativo crecimiento fueron Hamburgo y Amberes. En este mismo año también se destacaron puertos por su bajo crecimiento y reducción en su tráfico de contenedores como los puertos de Le Havre, El Pireo o Gioia Tauro.

El primer puesto europeo lo sigue ocupando Róterdam, que en el 2005 con un tráfico cercano a los 10 Millones de TEUs y una progresión del 14%, continuando su fuerte ascenso desde el año 2002. Róterdam mueve anualmente un cifra ligeramente inferior al total de contenedores del sistema portuario español en su conjunto.

Si se estudia más detalladamente las terminales de contenedores de los puertos españoles se pueden destacar los fuertes incrementos de tráfico que se están produciendo en las terminales importantes.

Tabla 2. Resumen del tráfico portuario nacional de contenedores del año 2005 por Autoridades Portuarias	
Autoridades Portuarias	Contenedores TEUs
Alicante	159.501
Almería Motril	81
Avilès	10.851
Bahía de Algeciras	3.179.614
Bahía de Cádiz	138.441
Baleares	196.879
Barcelona	2.078.329
Bilbao	503.811
Cartagena	38.089
Castellón	43.773
Ceuta	10.084
Ferrol San Cibrao	126
Gijón	5.048
Huelva	0
A Coruña	0
Palmas	1.210.790
Málaga	247.451
Marín y Ría de Pontevedra	32.128
Melilla	17.150
Pasajes	7
Santa Cruz de Tenerife	457.187
Santander	104
Sevilla	115.669
Tarragona	8.957
Valencia	2.397.915
Vigo	205.057
Villagarcía	0
Totales	11.057.042
Fuente: Puertos del Estado	

De la Tabla 2 se concluye que, en el 2005, el tráfico portuario total de los puertos pertenecientes al sistema portuario de titularidad estatal ha sido de 11.057.042 TEUs, con un incremento del 8,82% con respecto al año anterior, lo que representa aproximadamente un 3% del tráfico portuario total en el mundo y más de un 10% del europeo.

El tráfico de contenedores en los puertos españoles ha tenido un comportamiento alcista en los últimos años. Algeciras, Valencia y Barcelona son los puertos que mueven mayor volumen, superando ampliamente la barrera de los 3 millones de TEUs en el caso de Algeciras y los 2 millones de TEUs movidos en Valencia y Barcelona. Estos puertos movieron en 2005 en total más de 7.500.000 TEUs, lo que representa más del 70% del total nacional e indica una concentración del tráfico en los principales puertos de contenedores.

Se muestra en la Tabla 3 la evolución del tráfico de contenedores por quinquenios en los últimos 30 años en el sistema portuario de titularidad estatal.

El número de TEUs movidos se resume en la Tabla 4, en base 100, considerando el año de partida el correspondiente a 1975.

Si se analizan los 30 últimos años, el aumento del número de contenedores sigue una tendencia creciente uniforme, como se aprecia en la Figura 4, con un incremento de más de 3.500%.

Respecto al movimiento de contenedores durante los últimos 10 años, se puede observar en la Tabla 5 que los mayores crecimientos se han registrado en los años 1994 y 1998, con valores de 20,8% y del 17,4% respectivamente. Durante el 1993 se experimentó un crecimiento negativo mínimo, dado que las cifras del 1993 fueron prácticamente similares a las del 1992. El crecimiento medio en los últimos cinco años fue de aproximadamente el 9%, inferior a la media de los últimos 12 años que alcanzó el 11,16%.

Tabla 3. Evolución del Número de TEUs del sistema portuario español 1975 - 2005	
Periodo	Crecimiento %
1975-1980	266,35
1980-1985	160,59
1985-1990	130,03
1990-1995	163,41
1995-2000	65,51
2000-2005	42,26
Fuente: Puertos del Estado	

Tabla 4. Evolución del número de TEUs movidos en base 100. 1975-2005	
Año	Número de TEUs movidos en base 100
1975	100
1980	266
1985	586
1990	792
1995	1358
2000	2497
2005	3.695
Fuente: Puertos del Estado	

Tabla 5. Crecimiento anual del movimiento de contenedores en los últimos 12 años	
Año	Crecimiento en % respecto al año anterior
2005	8,82
2004	10,5
2003	11,9
2002	6,9
2001	6,6
2000	9,0
1999	10,7
1998	17,4
1997	16,9
1996	7,6
1995	16,1
1994	20,8
1993	-0,45
Fuente: Puertos del Estado	



Fig. 4. Número de TEUs del sistema portuario español desde 1972 - 2005. Fuente: Puertos del Estado.

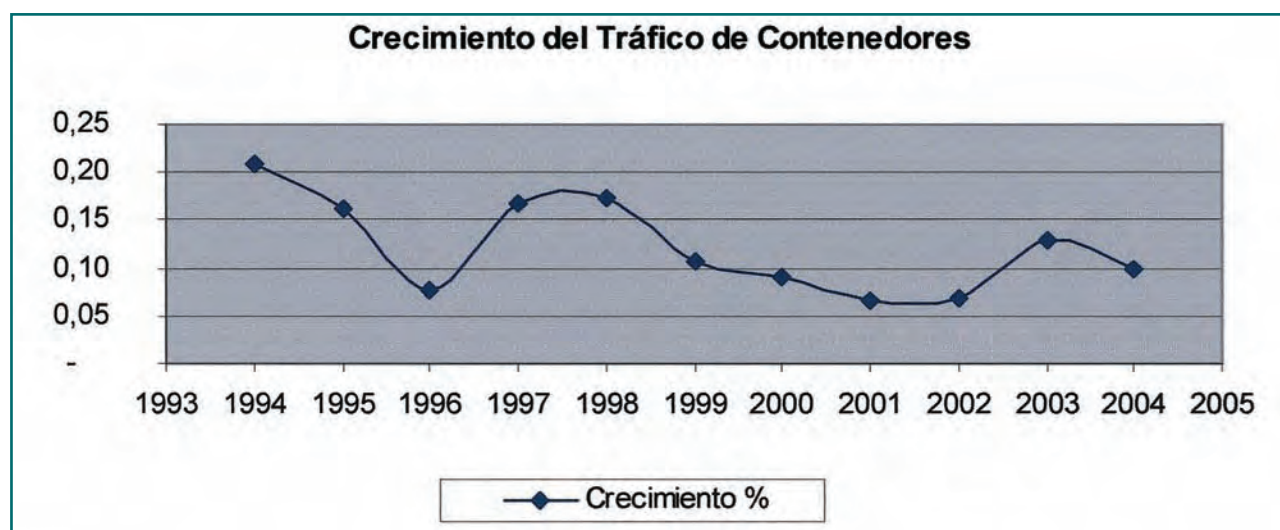


Fig. 5. Crecimiento del tráfico de contenedores en los últimos 10 años. Fuente: Puertos del Estado.

La representación gráfica de crecimiento en porcentaje del tráfico de contenedores de los últimos 12 años refleja los altibajos que se han producido en este periodo, con un alza pronunciada en los años 1994 y 2003 y bajas en 1996 y 2002.

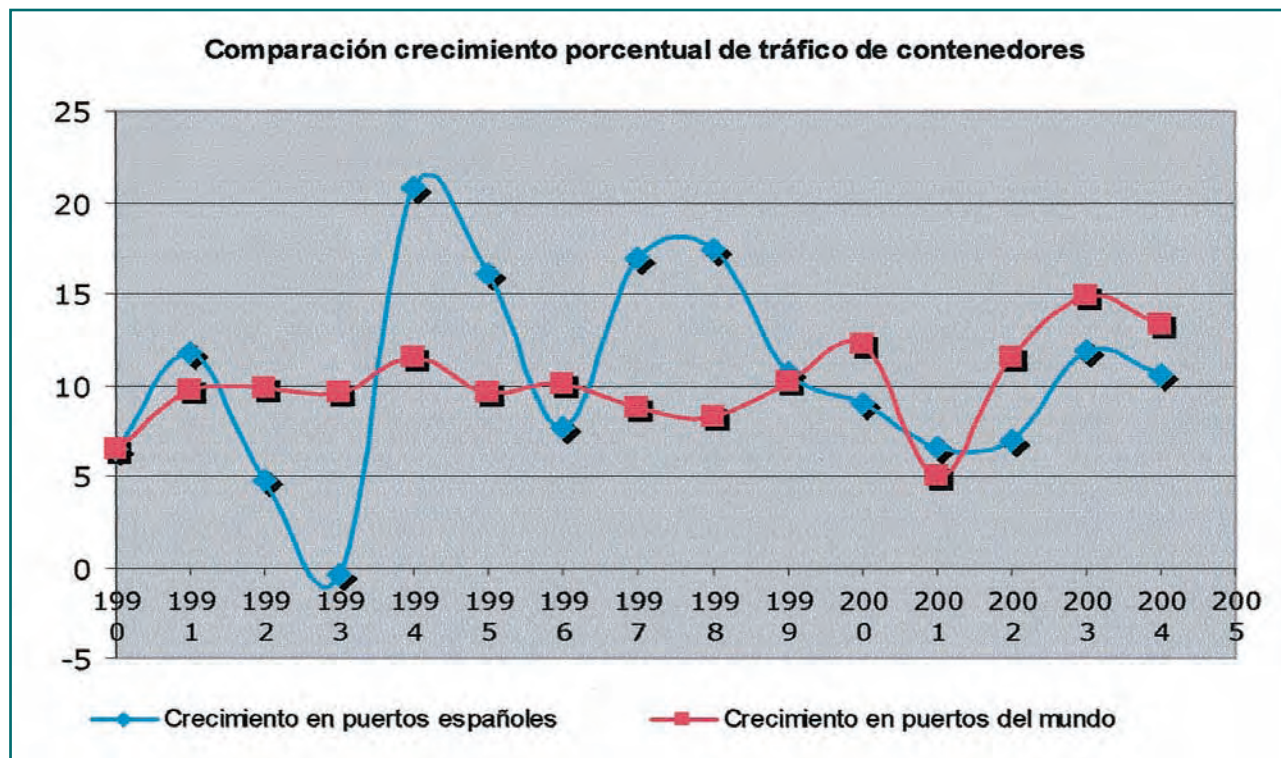
Como se citó con anterioridad, los puertos españoles han escalado posiciones en la lista de los primeros puertos de tráfico de contenedores a nivel mundial en el año 2005, respecto a años anteriores. Algeciras ha mantenido su posición entre los 30 primeros puertos durante los últimos años, Barcelona y Valencia presentan estabilidad entre los primeros 50 puertos del mundo. Las Palmas se ubica en los primeros 100 puertos a nivel mundial.

En los últimos 15 años, los puertos españoles han presentado fuertes fluctuaciones en el crecimiento del tráfico de contenedores. Al compararlo con el crecimiento del total mundial, se observa que este último se ha mantenido estable. En la Tabla 6 y Figura 6 se ilustra el crecimiento anual de España y del mundo y se observa cómo

Tabla 6. Comparación del crecimiento anual del tráfico de contenedores en España y el mundo		
Año	España (%)	Mundo (%)
1990	6,5	6,5
1991	11,8	9,7
1992	4,7	9,8
1993	-0,45	9,6
1994	20,8	11,5
1995	16,1	9,6
1996	7,6	10,1
1997	16,9	8,7
1998	17,4	8,3
1999	10,7	10,2
2000	9,0	12,2
2001	6,6	5,0
2002	6,9	11,5
2003	11,9	14,9
2004	10,5	13,3

Fuente: Clarkson Research Studies (2003) y Drewry Shipping Consultants Ltd (2004/2005)

Fig. 6.
Comparación
crecimiento
porcentual en el
tráfico de
contenedores
entre España y
el mundo.
Fuente: Puertos
del Estado.



desde el año 1999 la tendencia del crecimiento español ha estado por debajo del mundial.

3. Evolución de los buques portacontenedores

El constante aumento del número de contenedores movidos y del grado de contenerización de la mercancía general están asociados, entre otros factores, a que las grandes líneas transoceánicas utilizan buques cada vez mayores, con importantes economías de escala, que llegan a un número muy reducido de puertos y con estancias cada vez menores. Los contenedores en las terminales se transfieren a buques *feeders* que efectúan la distribución a los puertos de la zona, o se cargan en las mismas terminales sobre ferrocarril o camión.

El alto grado de contenerización de la mercancía general favorece la manipulación y tratamiento de la carga, a la vez que reduce significativamente los costes totales en la relación entre el productor y el cliente final, en una cadena logística puerta a puerta.

El aumento experimentado por el tamaño de los buques tiene como consecuencia inmediata una modificación de la estrategia de las empresas navieras en lo concerniente al tráfico marítimo, lo que permite transportar mayores volúmenes de carga y desarrollar economías de escala. Se produce, consecuentemente, una reconfiguración de las redes de navegación de las navieras y de

las alianzas, con una tendencia a concentrar las cargas, para que los grandes buques minimicen su número de escalas en un restringido grupo de grandes puertos, a partir de los que se distribuye la mercancía a otros puertos menores con servicios *feeder*.

El transporte marítimo de contenedores, como sector productivo, debe ser competitivo y responder con eficacia a los requisitos que sus clientes demandan en materia de calidad de servicio. Los clientes de las terminales son muchos y muy distintos, pero los requisitos que todos ellos demandan son fundamentalmente: la oportunidad de servicio frecuente y la regularidad para la consecución del transporte de sus cargas de una forma rápida, lo más económica posible y con el mínimo riesgo de daños y pérdidas. El empleo del sistema de transporte contenerizado ha aportado al tráfico marítimo una mayor optimización del espacio, debido a que permite la carga de mucha más mercancía en buques mayores.

Desde los años 70 se vienen construyendo buques especializados para el transporte de contenedores. Este tipo de buques portacontenedores presenta grandes innovaciones donde el tamaño, la capacidad de transporte medido en número de TEUs y el tamaño máximo en las plantas de propulsión son los aspectos fundamentales. De esta manera se busca que el transporte de mercancías por medio de contenedores sea más rápido y en la mayor cantidad posible. En la Tabla 7 se recogen las dife-

Tabla 7. Característica de los buques portacontenedores

	FEEDERMAX (1ª generación)	HANDY (2ª generación)	SUBPANAMAX (3ª generación)	PANAMAX (3ª generación)	POSTPANAMAX (4ª generación)	SUPER POST PANAMAX (5ª generación)	Proyecto Malaccamax
TPM	20.000	35.000	50.000	60.000	70.000	80.000	243.000
Capacidad en TEUs	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000	6.000 – 7.000	18.000
Eslora	200 m	240 m	260 m	280 m	300 m	320 m	400 m
Manga	28 m	30 m	32 m	32 m	40 m	43 m	60 m
Calado	10 m	12 m	13 m	13,5 m	14 m	14 m	21 m
Filas S/C¹	10	12	13	13	16	17	24
Filas B/C²	8	10	10	10	12	14	16
Alturas S/C	3	3	3	5	5	6	6
Alturas B/C	8	9	9	9	9	9	10
Velocidad	24 kn	24 kn	24 kn	24 kn	24 kn	24 kn	24 kn

TPM: Toneladas de Peso Muerto. 1 Sobre cubierta. 2 Bajo cubierta

Fuente: "Indicadores de calidad en concesiones de terminales portuarias de contenedores". Ministerio de Fomento

rentes generaciones y características físicas y de gestión de los buques portacontenedores.

Las tres primeras generaciones de la flota de portacontenedores, de 1.000, 2.000 y 3.000 TEUs han pasado a un segundo nivel de importancia en el transporte marítimo de contenedores, gracias a la construcción de los últimos buques *Post Panamax* de más de 7.000 TEUs.

El límite para el desarrollo de los mega portacontenedores está situado en las instalaciones de manejo de carga, en las capacidades logísticas de los puertos, en el diseño disponible de la propulsión de los buques y en el calado disponible en los muelles de las terminales portuarias. Pero a pesar de esto, las perspectivas apuntan a buques de tamaños superiores a los 10.000 TEUs, incluso a asíntotas de 15.000 unidades. En los próximos años el límite podría ser el *Suezmax*, con 12.000 TEUs, 137.000 TPM, 400 metros de eslora, 50 metros de manga y 15 metros de calado, que navegaría a 25,5 nudos. El Proyecto *Malaccamax*, el más ambicioso de todos, es un buque de 470 metros de eslora, 60 metros de manga y 21 metros de calado, tendría 243.000 TPM y una capacidad de 18.000 TEUs. Hoy en día ya hay en la cartera de pedidos de los astilleros buques portacontenedores con capacidad para más de 9.000 TEUs.

Los buques más grandes que podemos encontrar en la actualidad están operando en Terminales del Sudeste en Málaga y corresponden a los del Servicio AE5 de Maersk, 11 buques de 347 metros de eslora, 17 contenedores de

manga y 104.750 toneladas de desplazamiento: son el *Cornelia Maersk*, *Sally Maersk*, *Caroline Maersk*, *Svend Maersk*, *Susan Maersk*, *Soroe Maersk*, *Columbine Maersk*, *Sofie Maersk*, *Carsten Maersk*, *Clifford Maersk* Y *Sine Maersk*. Recientemente ha entrado en servicio el buque "Casco Ningbo" con una capacidad de 9.449 TEUs.

Ampliación de la flota



Fig. 7. Esquema evolución buques portacontenedores.



Terminal de
Contenedores
del Sudeste,
Málaga.

A modo de ejemplo las características de uno de estos barcos se resumen en la Tabla 8.

Podemos observar de la Tabla 9 que a día de hoy el número de buques de portacontenedores tipo *Post Panamax* (con capacidades mayores de 4.000 TEUs) se en-

cuentra por encima del 15% de la totalidad de la flota, como paso hacia buques de mayor capacidad.

La capacidad mundial de transporte marítimo de contenedores ha crecido en los últimos 5 años a un ritmo del 10,20% anual, al tiempo que la progresión del comer-

Tabla 8. Características del buque Cornelia Maersk	
Nombre:	CORNELIA MAERSK
Bandera:	Denmark
Propietario:	Maersk-Sealand
Año de construcción:	2002
Diseño motor:	B&W
Tipo motor:	12K90MC
Propulsión (KW):	66176
Velocidad (Kn):	26,0
Eslora (m):	347,0
Maga (m):	42,8
Calado (m):	14,6
Capacidad transporte (TEU):	8.200
Contenedores frigoríficos (TEU):	700
DWT (ton):	105000
Fuente: Containerships	

Tabla 9. Flota mundial de buques portacontenedores por tamaño, capacidad y edad			
Tamaño en TEUs	Proporción del total de la flota	Proporción de la capacidad en TEUs	Promedio de edad en años
< 500	16%	3%	15,6
501-1000	17%	6%	11,3
1001-2000	30%	21%	10,6
2001-3000	14%	20%	9,6
3001-4000	8%	15%	9,4
>4000	15%	36%	4,5
Fuente: Fairplay Ship Register, diciembre de 2004			

cio mundial crecía a un ritmo del 7%; ello implica que la cartera de pedidos está bien compensada con respecto a la demanda de transporte de comercio mundial.

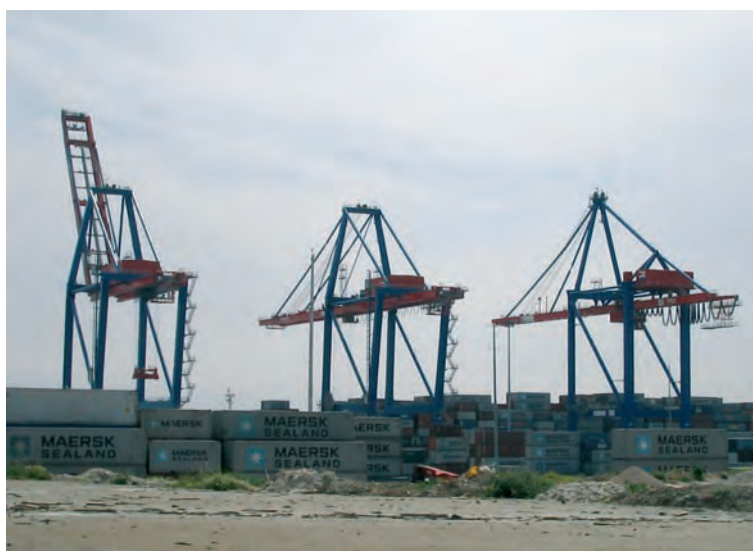
4. Evolución de las grúas portacontenedores

Los equipos de manipulación de contenedores han tenido una evolución y un desarrollo espectacular en estos últimos años, adaptándose al desarrollo de los equipos de transporte y tratando de disminuir los tiempos de maniobra, tanto en las operaciones de carga y descarga como en las operaciones de estiba, desestiba y almacenamiento.

Las grúas portacontenedores son grúas aporticadas montadas sobre raíles paralelos al muelle de atraque. Los movimientos se realizan en sentido perpendicular a la línea de atraque, mediante un sistema de puente-grúa y *trolley* giratorio, el cual, apoyado en el pórtico, se traslada con la carga enganchada en dicho sentido. Su geometría debe estar adaptada al barco, por lo que es necesario conocer las características del barco de mayor tamaño esperado en la terminal.

El papel de las grúas de muelle en el rendimiento de las operaciones de carga y descarga es determinante. A medida que aumenta el tamaño del buque, éstas deben ser capaces de elevar los contenedores a más alturas, llevarlos a mayor distancia en un menor tiempo y, además, realizar todo ello con la mayor precisión.

Las grúas portacontenedores han ido evolucionando a la vez que los buques, teniendo cada vez mayor alcance y capacidad de carga. La evolución de las grúas portacontenedores ha ido pareja a la de los buques, necesi-tándose para la operativa portuaria una grúa que se adapte a las características del buque que va a servir, como es el caso del buque *Panamax* que se opera con una grúa *Panamax* o superior, al igual que ocurre con el buque *Post Panamax* y su grúa *Post Panamax* y el buque *Superpost Panamax* u *Over Post panamax* y su grúa del mismo nombre.



Grúas Super Post Panamax. Terminales de Contenedores del Sudeste. Málaga

Grúa portacontenedores operando un buque.

Los condicionantes de las grúas que influyen en el diseño de la terminal se pueden agrupar en geométricos y estructurales, como se aprecia en la Tabla 10.

Desde el punto de vista geométrico es necesario tener en cuenta los siguientes factores:

Tabla 10. Evolución y características de las grúas portacontenedores

Tipo	Feeder	Panamax	Post - Panamax	Super Post Panamax
Alcance delantero	10 contenedores	13 contenedores	16 contenedores	22 contenedores
Altura bajo spreader	25 m	30,50 m	33 m	40 m
Distancia entre carriles	15,24 m	15,24 m	30,48 m	30,48 m
Capacidad bajo spreader	Hasta 40 t	Hasta 50 t	Hasta 65 t	Hasta 65 t
Velocidad traslación de pórtico	30 m/min	45 m/min	45m/min	45m/min
Spreader telescópico	20°/40°/45	20°/40°/45	20°/40°/45	20°/40°/45

Fuente: Paceco

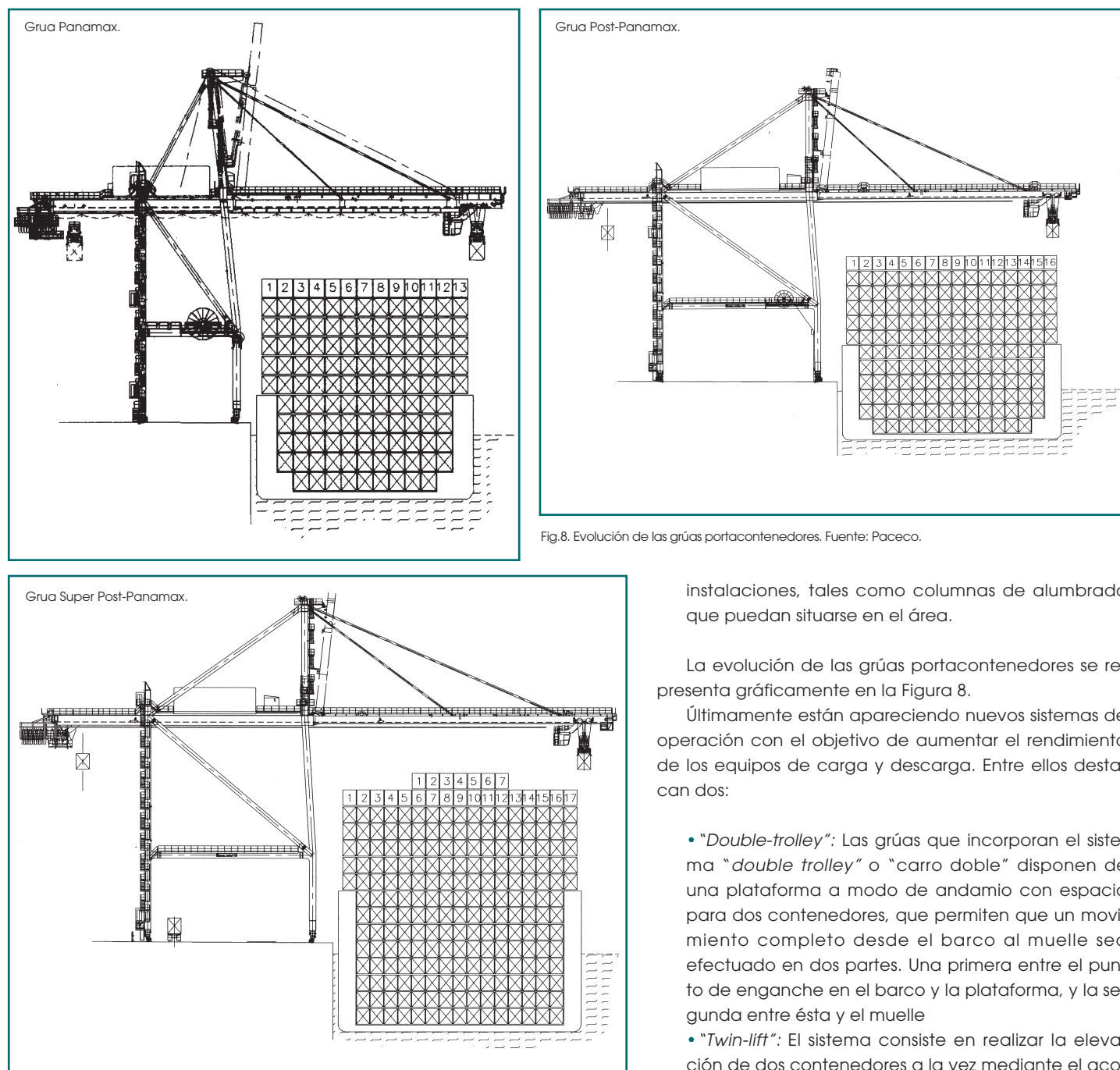


Fig.8. Evolución de las grúas portacontenedores. Fuente: Paceco.

- La distancia entre vías, que puede llegar hasta 30 m
- El alcance, que es función de la manga del buque
- El alcance trasero o "backreach", que determina el arranque de la zona de almacenamiento y es la zona donde se sitúan las tapas de las escotillas de los buques, por lo que normalmente no es operativa para el almacenamiento de contenedores. Además, la altura de este brazo define el gálibo de las

instalaciones, tales como columnas de alumbrado que puedan situarse en el área.

La evolución de las grúas portacontenedores se representa gráficamente en la Figura 8.

Últimamente están apareciendo nuevos sistemas de operación con el objetivo de aumentar el rendimiento de los equipos de carga y descarga. Entre ellos destacan dos:

- "Double-trolley": Las grúas que incorporan el sistema "double trolley" o "carro doble" disponen de una plataforma a modo de andamio con espacio para dos contenedores, que permiten que un movimiento completo desde el barco al muelle sea efectuado en dos partes. Una primera entre el punto de enganche en el barco y la plataforma, y la segunda entre ésta y el muelle
- "Twin-lift": El sistema consiste en realizar la elevación de dos contenedores a la vez mediante el acoplamiento al cabezal de la grúa de un "spreader" especial con ocho "twist locks".

5. Futuro de las terminales de contenedores del sistema portuario nacional

La economía mundial está creciendo a un ritmo del 2,8% en los últimos años, algo inferior al crecimiento del tráfico marítimo, frente al crecimiento del tráfico de



Sistema
Twin-Lift.

contenedores que ha aumentado al 9% en los últimos 15 años, lo que abre un futuro de posibilidades para el crecimiento y consolidación de las terminales de contenedores. La demanda de servicios portuarios de terminales de contenedores ha sido una demanda derivada para dar respuesta al tráfico que evoluciona a grandes pasos, muy por encima del crecimiento de la economía, como consecuencia de las nuevas formas de producción y consumo.

Los factores que modifican los patrones comerciales del tráfico de contenedores son fundamentalmente, el mayor tamaño de los buques, la marginalización de terminales modestas, la revitalización de pasos alternativos como el Canal de Panamá y el Canal de Suez, la concentración de China como mercado *hub* de distribución hacia toda la zona asiática y el vertiginoso crecimiento de nuevos operadores como *China Shipping*. Las terminales españolas han de tener en cuenta estos factores, adecuarse a la demanda y ofrecer un servicio de calidad que minimice el tiempo de las operaciones en puerto para que el cliente se incline por la apuesta española. La estrategia logística que desarrollan las compañías navieras concentrando el mercado en

puertos *hub* y distribuyendo las mercancías a través de tráfico *feeder* ha incrementado el tráfico portuario de contenedores. Para dar respuesta a este aumento se debe incrementar la oferta mediante la creación de nuevas terminales cuando sean necesarias, incremen-

Sistema
"double
trolley".

Esquema "double trolley" con plataforma elevada

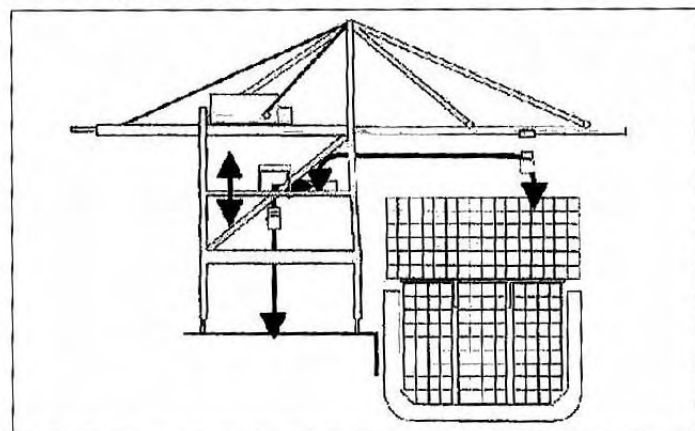
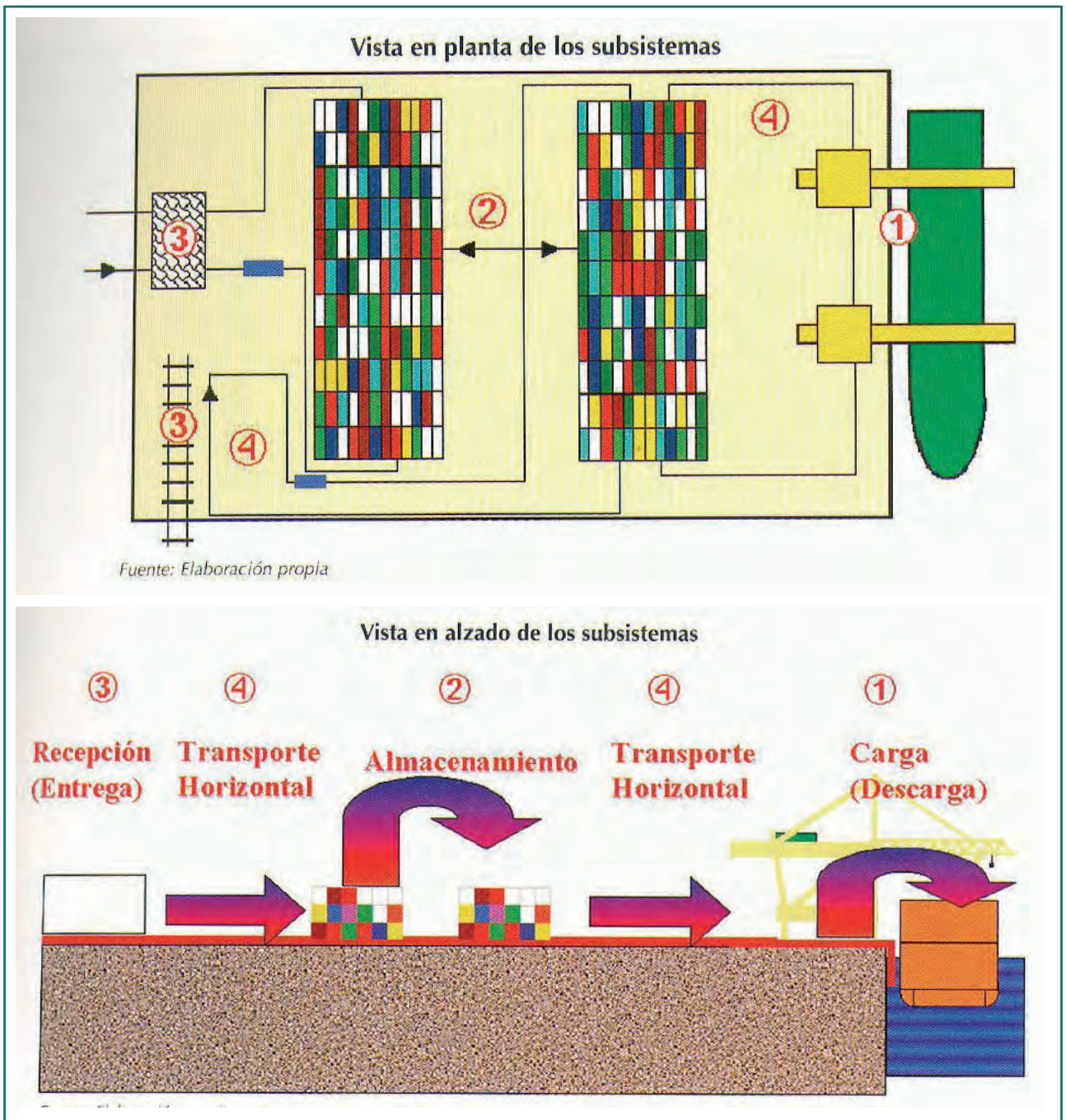


Fig. 9.
Subsistemas de
una terminal de
contenedores.



tando de la eficiencia de las terminales portuarias de contenedores que operan en la actualidad, aumentado la cuota de tráfico del transporte por ferrocarril, la creación de más terminales interiores, el aumento de los rendimientos en las terminales y las disminución de los tiempos de estancia del buque y la mercancía en la terminal. Además, se hace necesario una visión integral de la cadena logística, donde las terminales de contenedores sean un eslabón más de la cadena, que deben funcionar

de manera eficiente y no suponer un cuello de botella dentro de la cadena global de transporte.

El escenario es más optimista, debido principalmente a un mayor crecimiento de la demanda y a que se están cumpliendo los pronósticos sobre un mayor dinamismo del tráfico de contenedores.

Para poder dimensionar las futuras terminales de contenedores de manera que puedan realizar una operación eficiente atendiendo a la nueva fisonomía

Tabla 11. Resumen de los ratios por subsistemas

SUBSISTEMA	RATIOS	SUBSISTEMA	RATIOS
ATRAQUE			• Número de slots • Superficie de almacenamiento/superficie total de la terminal • TEUs almacenados por hectárea bruta • TEUs/n° de huellas • TEUs/slots • TEUs/superficie de almacenamiento • Contenedores almacenados por hectárea bruta • Contenedores/n° de huellas • Contenedores/slots • Contenedores/superficie de almacenamiento • Tiempo medio de estancia del contenedor • % de utilización de los equipos de manipulación • Movimientos por TEU • Movimientos/hora operativa de subsistema
CARGA/DESCARGA	• Unidades/año • TEUs/año • Toneladas/año • TEUs/metro/año • Toneladas/metro/año • Unidades/metro/año • Índice de utilización del atraque (%)		
	• Grúas cada 100 metros de línea de atraque • Movimientos(totales)/año • Movimientos por grúa • Movimientos/hora operativa de grúa • Movimientos/hora operativa de subsistema • TEUs movidos por equipo de carga y descarga • Movimientos por TEU • Índice de ocupación de grúas (IG) - ó % de utilización de las grúas	TRÁFICO INTERIOR	• Equipos de manipulación por grúas • % de utilización de los equipos de manipulación • Movimientos por TEU • Movimientos/hora operativa de subsistema
ALMACENAMIENTO	• Equipos de manipulación por grúa • Movimientos/hora operativa de grúa • Número de remociones • Altura de almacenamiento • Número de huellas	ENTREGA Y RECEPCIÓN	• Tiempo medio (movimiento) ciclo de camión • % de utilización de los equipos de manipulación • Movimientos por TEU • Movimientos/hora operativa de subsistema

Fuente: "Indicadores de calidad en concesiones de terminales de contenedores." XXII Ayudas a la investigación de la Secretaría de Estado de Infraestructuras del Ministerio de Fomento, 2003-2004

de los puertos se ha de tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- El conocimiento de la demanda de tráfico esperada en la terminal
- La composición de los tráficos de la terminal: import-export, llenos-vacíos, etc
- La línea de atraque disponible para operar (unidad de atraque)
- El calado del atraque de la terminal
- Los equipos a emplear en la manipulación de los contenedores

El análisis de la gestión y explotación de una terminal de contenedores siempre ha sido problemático debido a

los subsistemas que integran la terminal y los distintos elementos sobre los que puede sustentarse, lo que hace, que el análisis de la terminal en su conjunto se encuentre ligado al análisis de cada uno de los subsistemas.

La evaluación de la gestión de una terminal de contenedores se suele realizar desde dos criterios distintos: el punto de vista económico y el punto de vista del rendimiento de las operaciones. Parece necesario establecer unos ratios de gestión y explotación que permitan determinar la calidad del servicio dado en las terminales y que contribuya a hacer competitivas las instalaciones portuarias. La competencia por captar tráficos entre los distintos puertos es muy grande. La demanda de los clientes de las terminales es de un servicio de calidad que permita agilizar las operaciones, minimizar y eli-

minar los cuellos de botella en los diversos subsistemas, disminuir el tiempo de estancia del buque en puerto y del contenedor en la terminal. Por ello, se necesita definir y estudiar unos ratios de gestión y explotación que optimicen la operativa en una terminal de contenedores y permiten aproximar un predimensionamiento, si la terminal es nueva, o llevar un control de la gestión y explotación de la terminal.

En la Tabla 11 se recogen de manera resumida los principales ratios de explotación a adoptar para el estudio de las necesidades de una terminal en función del volumen y tipología de tráfico a atender por subsistemas, dichos subsistemas se representan en la Figura 9. Los estudios realizados con este criterio se recogen en la investigación titulada "Indicadores de calidad en concesiones de terminales de contenedores.", correspondiente a las XXII Ayudas a la investigación de la Secretaría de Estado de Infraestructuras del Ministerio de Fomento 2003-2004.

6. Conclusiones

El incremento del tráfico de contenedores en los últimos años, superior al de la economía mundial, ha generado una serie de necesidades en las terminales que atienden dichos tráficos lo que ha provocado una evolución de las mismas para poder adaptar su servicio a este incremento, que ha venido acompañado del aumento del tamaño de los buques y por tanto de las grúas que los operan.

La tendencia es que el tráfico de contenedores seguirá aumentando por encima del de la economía mundial, aunque puede que no tan elevado.

Las economías de escala de los buques provocará una selección rigurosa de los puertos en los que éstos puedan operar.

Se producirá una reordenación del actual escenario portuario a nivel mundial en lo referente a los tráficos, los puertos y las rutas. ♦

Referencias:

- AL-KAZILY, J. (1982). *Modeling Containerized Shipping For Developing Countries*. Transportation Research-A Vol 16º nº4. Página 271-283
- CAMARERO, A. y GONZÁLEZ, M.N (2005). *Cadenas integradas de transporte*. Fundación Agustín de Betancourt y Ministerio de Fomento. Madrid
- CARMICHAEL, D. G. (1987). *Engineering Queues in Construction and Mining*. Ellis Horwood Limited.
- HOLGUÍN-VERAS, J. y WALTON, C. (1996). *State of the Practice of Information Technology at Marine Container Ports*. Transportation Research Record 1522. Página 87-93.
- JANSON, J.O. y SHNEERSON, D. (1982). *Port Economics*. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts and London, England.
- MINISTERIO DE FOMENTO (2004). *Indicadores de calidad en concesiones de terminales de contenedores*. XXII Ayudas a la investigación de la Secretaría de Estado de Infraestructuras del Ministerio de Fomento. 2003-2004.
- MONFORT, A.; HERANDO, J.; ARNAU, E.; GÓMEZ-FERRER, R.; AGILAR, J; MARTÍNEZ, J.; PALOMO, P.; MONTERDE, N. (2001): *Terminales marítimas de contenedores: el desarrollo de la automatización*. Fundación Instituto Portuario de Estudios y Cooperación de la Comunidad Valenciana.
- MULLER, G. (1995). *Intermodal Freight Transportation*. Eno Transportation Foundation.
- PATILLO, A. y MORALES, B. (1989). *Medición de la Capacidad Portuaria*. Actas del IV Congreso Chileno Ingeniería de Transporte. Página 369-383.
- ROMERO, R. (2002). *El Transporte Marítimo. Introducción a la Gestión del Transporte Marítimo*. Logis Book
- PERY, P. y CAMARERO, A. (2003). *Determinación de la línea de atraque en los puertos españoles*. Departamento de Ingeniería Civil. Transportes. E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Cables y Puertos. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid
- UNCTAD (1980). *Desarrollo Portuario*. Manual de Planificación para los Países en Desarrollo, Naciones Unidas, Nueva York.
- UNCTAD (1992). *La comercialización del puerto y las perspectivas del puerto de tercera generación*. Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo. Junta de Comercio y Desarrollo. Comisión del Transporte Marítimo. Grupo Intergubernamental Especial de Expertos en Puertos. 8 de enero.

Aproximación biográfica al Ingeniero de Caminos del siglo XIX Manuel Peironcely*

Biographical outline of the XIXth Century Civil engineer Manuel Peironcely

A Ramón Peironcely Aguirrebengoa

Carlos Larrinaga Rodríguez. Dr. en Historia Contemporánea
Universidad del País Vasco. Departamento de Historia Contemporánea.
Facultad de Ciencias Sociales. larrinag67@hotmail.com

Resumen: En el presente artículo se trata de llevar a cabo una breve aproximación a la biografía de uno de los ingenieros de caminos más interesantes del siglo XIX, Manuel Peironcely Maroto, egresado de la Escuela de Ingenieros de Caminos en 1843. Realizó trabajos en los ramos de las carreteras, los ferrocarriles y los puertos, contribuyendo así a la modernización de las infraestructuras españolas del siglo XIX, en un momento de un incipiente desarrollo económico. En este sentido, destaca la labor realizada en el País Vasco, habiendo trabajado igualmente en los ferrocarriles del sur y del noroeste de la península Ibérica. Al mismo tiempo, también sobresalió como profesor de la Escuela, de la que llegó a ser director.

Palabras Clave: Carreteras, Ferrocarriles, Puertos, Ingeniería, Siglo XIX, Manuel Peironcely

Abstract: This article shows a synthesis of the biography of the one the most interesting Spanish civil engineers in the XIXth century, Manuel Peironcely Maroto, who finished his studies in the "Escuela de Ingenieros de Caminos" in 1843. He worked in civil constructions (roads, railways and harbours) and contributed to the modernisation of the Spanish infrastructures in the XIXth century, in a period of time where there was an incipient economical development in Spain. It's important to remark his work in the Basque Country, as well as in the southern and north-western railways of the Iberian Peninsula. At the same time, he taught in the "Escuela de Ingenieros" and was the headmaster.

Keywords: Roads, Railways, Harbours, Engineering, XIX century, Manuel Peironcely

1. Introducción

Son todavía pocos los estudios dedicados a los ingenieros de caminos, canales y puertos en España, cuando todos, historiadores, economistas o ingenieros, estamos de acuerdo en poner de relieve la importancia de estos técnicos en el proceso de modernización que experimentó el país durante el siglo XIX. Carreteras, canales, ferrocarriles o puertos son los testigos mudos de su obra. Una obra necesaria para que ese incipiente desarrollo económico que tuvo lugar entonces en España pudiera llevarse a cabo, ya que no se pueden entender mejoras en la economía de un país sin los consiguientes adelantos en las infraestructuras del mismo. Azotada por numerosas guerras y conflictos políticos desde las décadas finales del siglo XVIII, España no empezó a experimentar serios

cambios en sus sistemas de comunicación hasta la década de los cuarenta del siglo XIX, cuando el Cuerpo de Ingenieros de Caminos quedó ya plenamente establecido gracias al Reglamento de 1836. Junto a aquél, la fundación de la Escuela de Ingenieros de Caminos, la tercera que se creaba, supuso otro hito importante en la formación de unos técnicos bien preparados que llegaron a jugar un papel clave en la mejora y renovación de las infraestructuras del momento. Es por ello que resulte necesario insistir en la necesidad de profundizar en la obra y en la biografía de este tipo de profesionales tan necesarios para entender la modernización de España. Precisamente, con esta aportación sobre Manuel Peironcely queremos contribuir a ello, si bien hay que decir que debe insertarse en una investigación de mayor calado sobre la vida y obra de este ingeniero del siglo XIX.

* Para la publicación de este artículo agradezco muy sinceramente las gestiones realizadas y la ayuda proporcionada por el ingeniero industrial D. Ramón Peironcely y los ingenieros de caminos D. Francisco Martín-Gil y D. Juan Antonio Becerril, director de la "Revista de Obras Públicas".

2. Etapa de formación como Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Manuel Peironcely Maroto nació en Madrid el 31 de diciembre de 1818, llegando a ingresar veinte años más tarde, en plena minoría de edad de la reina Isabel II, en la Escuela Especial del Cuerpo de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Precisamente, en los años que median entre el fallecimiento de Fernando VII y principios de la década de 1840 se produjeron tres acontecimientos fundamentales para la historia de la ingeniería de caminos en España, a saber: primero, la constitución de la Dirección General de Caminos en octubre de 1833; segundo, la creación de la Escuela de Ingenieros de Caminos en enero de 1834; y, por último, la promulgación del Reglamento del Cuerpo en abril de 1836 y la consiguiente aparición de la Junta Consultiva de Caminos, Canales y Puertos. El gran impulsor de estos cambios fue José Agustín de Larrañendi, quien, además de director general del Cuerpo, fue el primer director de la Escuela de Ingenieros, sita entonces en la plazuela de la Leña. Éste permaneció en este cargo hasta enero de 1837, cuando interinamente asumió la dirección el profesor García Otero. En julio era el distinguido ingeniero Juan Subercase quien se ponía al frente de la Escuela, convirtiéndose, de hecho, en el gran reorganizador de la institución. Puesto en marcha su nuevo plan de estudios en el curso 1839-1840, Manuel Peironcely se vio afectado por esta nueva reforma de estudios.

Como estudiante, y de acuerdo con los escalafones determinados en el Reglamento de 1836, Peironcely fue nombrado aspirante segundo según una Real Orden de 29 de noviembre de 1841, siendo destinado a la conservación de la carretera de Extremadura. Comenzaba así la brillante carrera de este ingeniero de caminos, que, pese a todo, había quedado segundo de su promoción, la de 1843. Ese mismo año, al poco de egresar de la Escuela, según Real Orden de 31 de octubre, fue nombrado ayudante 2º, equivalente a lo que poco más tarde sería el ingeniero 2º. Su destino fue el distrito de Valladolid, si bien un año más tarde, el 31 de diciembre de 1844, participó en una comisión en la que también tomó parte el ingeniero José Subercase, hijo de Juan Subercase. Dicha comisión tenía por objeto el estudio del ferrocarril Madrid-Alicante y hay que considerarlo como el primer trabajo de Peironcely en el mundo de los caminos de hierro. A este respecto conviene señalar que José Subercase había sido el número uno de su promoción, la de 1840, y que posteriormente sería miembro de la comisión creada en 1844 para estudiar las solicitudes de concesión de los ferrocarriles de Madrid a Cádiz y de Avilés a León con la intención de prolongarse hasta Madrid. En este sentido no hay que olvidar que, dada la falta de precedentes ade-

cuados en esta materia en España, la Dirección General de Caminos, Canales y Puertos se decidió a nombrar una comisión compuesta por algunos de los miembros más importantes del Cuerpo, como eran Juan Subercase, Calixto Santa Cruz y José Subercase. Como se sabe, la importancia de esta comisión radicó, principalmente, en la elaboración de un informe, fechado el 2 de noviembre de 1844, que sirvió de base para la Real Orden de 31 de diciembre de 1844, la cual iba a regular todo lo relacionado con los ferrocarriles en España hasta la ley general de 1855. Por lo tanto, al formar parte de la comisión del ferrocarril Madrid-Alicante, Peironcely tuvo la ocasión de poder trabajar con uno de los ingenieros más prometedores del momento y uno de los pocos especialistas que había entonces en ferrocarriles.

3. La obra pública de Manuel Peironcely en el País Vasco

Terminada dicha misión, el 23 de octubre de 1845 Peironcely fue destinado al distrito de Burgos. Estando allí, el 15 de julio de 1847 fue nombrado ingeniero 1º y unos pocos meses más tarde, el 3 de diciembre, solicitó una real licencia para contraer matrimonio con Ramona Elósegui Aguirre-Miramón, nacida en San Sebastián en 1828. Surgía así la estrecha relación que la familia de ingenieros apellidada Peironcely tiene hasta hoy en día con la capital guipuzcoana. Poco tiempo después, al crearse el distrito de Vitoria por Real Orden de 16 de agosto de 1848, Peironcely quedó adscrito a esta nueva demarcación, permaneciendo en ella varios años. Precisamente, una de las tareas que llevó a cabo durante estos años estuvo relacionada con las mejoras en la red de carreteras de Guipúzcoa, toda vez que, en su calidad de ingeniero segundo, desempeñaba el cargo de ingeniero de caminos, canales y puertos de esta provincia (1). Aquí no sólo se encargaría de las obras por cuenta del Estado, sino también por cuenta de los entes locales, tal como establecía el Reglamento de 1836. A pesar de que en la década de los cuarenta el sistema carreteril guipuzcoano debía ser bastante bueno, tal como lo expresaba Pascual Madoz en su conocido *Diccionario*, lo cierto es que en esos años se siguió con un importante programa de mejora de las carreteras de la provincia, impulsado tanto por el Estado como por los entes locales (Diputación Foral y municipios). Por ejemplo, en el primer caso cabe destacar la carretera que iba de Beasain a Alsasua por Idiazábal y el puerto de Echegárate, suponiendo una clara mejora de las comunicaciones con Navarra, al tiempo que tenía la

(1) Para una visión general sobre las carreteras guipuzcoanas de esta época, véase Rodríguez Ranz et alii (2003).

ventaja de evitar las grandes cuestas de Salinas, Descarga e Eizaga, de forma que sería muy útil a los viajeros que iban de Madrid a Francia. Esta obra fue dirigida por el propio Peironcely. A su vez, a principios de los cincuenta la Diputación impulsó la realización de tres proyectos, a saber: la carretera de Iraeta a Lasarte, la de Azpeitia a Beasain y el ramal de Oyarzun a Rentería, confiando la dirección de los mismos también a Peironcely, quien, ante la cantidad de trabajo que tenía, se vio obligado a solicitar la presencia de otro ingeniero para que le auxiliara en sus tareas. El elegido fue su compañero de promoción Carlos Campuzano.

En este apartado de carreteras, hay que mencionar igualmente que el 12 de marzo de 1851 tuvo lugar en Irún el reconocimiento de la carretera de Endarlaza, que unía Navarra con Guipúzcoa y la frontera francesa por Irún, por parte del propio Manuel Peironcely, en compañía del arquitecto Pedro Ansoleaga, director de Caminos de la Diputación de Navarra y autor del proyecto, y de Javier María Azcona, vocal de dicha corporación provincial y comisionado por ésta para la ocasión (2). La importancia de esta vía de comunicación residía en la posibilidad que con ella se le abría a Navarra para conectar con el país vecino. Peironcely no tuvo nada que objetar a un proyecto que finalmente terminó por salir adelante.

Ahora bien, Peironcely no se ocupaba únicamente de las carreteras guipuzcoanas, como es de suponer, sino de todas las obras públicas de la provincia, sobresaliendo entre ellas las relativas al puerto de San Sebastián. Siendo ésta una ciudad estrechamente ligada al mar, tras el incendio de 1813 uno de los principales temas pendientes, además de la propia reconstrucción de su caserío, era la mejora de su puerto, toda vez que el proyecto del ingeniero Sánchez Bort no se había podido llevar a cabo a finales del siglo XVIII (3). De esta guisa, una Real Provisión de 7 de marzo de 1818 autorizaba unos arbitrios sobre las mercancías descargadas en sus muelles por un período de 16 años, tiempo estimado suficiente para llevar a cabo las reformas necesarias. Fue entonces cuando el Consulado de Comercio de la ciudad decidió el cierre del boquete de la isla de Santa Clara a Igeldo, encargándosele el proyecto al arquitecto Silvestre Pérez, quien optó por un murallón con cimentación sobre escollera, inspirándose en el propio proyecto de Sánchez Bort. Las obras



Manuel Peironcely
Maroto.

comenzaron en enero de 1821, pero fueron suspendidas al año siguiente por problemas económicos, ya que la escollera había sido proyectada tan sólo de 23 pies y, dadas las fuertes mareas de septiembre, se vio la necesidad de ampliarla hasta 50.

Hubo que esperar, pues, a la década de los cuarenta para que volvieran a plantearse nuevas propuestas para la mejora del puerto donostiarra. En efecto, una Real Orden de 30 de abril de 1847, a instancias de la Delegación de Obras Públicas, solicitaba la redacción de un plan de mejoras para el puerto donostiarra. El responsable de llevarlo a cabo fue Manuel Peironcely, quien presentó un estudio el 10 de mayo de 1848, formulando unas reformas cuyos objetivos principales eran el aminorar las resacas para facilitar la entrada y dar mayor seguridad al fondeadero del puerto, el asegurar la estabilidad de los muelles y el aumentar algo el fondo (4). La propuesta, sin embargo, se consideró insuficiente, por lo que no tuvo más remedio que elaborar otro plan, enviado a Madrid en 1851. En él Peironcely se mostraba partidario de centrar las reformas en los muelles, demasiado pequeños para el futuro tráfico del puerto. En cuanto a la bahía de La Concha limitaba las mejoras al aumento de cuerpos muertos y, a lo sumo, a la construcción de un pequeño muelle en la isla de Santa Clara (5). Esta vez sí gustó su proyecto. Las obras, iniciadas en 1851, se prolongaron hasta septiembre de 1858, pudiendo afirmarse que, en un momento en que el puerto de Pasajes se encontraba prácticamente anegado, estas obras realizadas en la década de los cincuenta en el puerto de San Sebastián fueron las tareas de reforma más notables llevadas a cabo en Guipúzcoa en este apartado. Como complemento de esta mejora en el puerto, hay que señalar igualmente el faro de nueva planta que se construyó en la ladera norte del monte Igeldo, tratando de solucionar así el problema de nubes, niebla y brumas que había tenido el antiguo faro en la cima del monte. El autor del nuevo faro fue Manuel Peironcely y estuvo terminado definitivamente en 1855, quedando inaugurado el 15 de marzo (6).

Tras la aprobación de su proyecto del puerto de San Sebastián, Peironcely pasó a participar en la mejora del puerto de la localidad guipuzcoana de Deva. Un puerto que había jugado un notable papel en el tráfico de lanas castellanas durante la Baja Edad Media y principios de la

(2) Para todo lo referido a esta carretera, véase González Enciso (2002).

(3) Para una visión general, véanse Izaguirre (1933), págs.54-72, y, en menor medida, a Ciriquiain-Gaiztarro (1951), págs.135-137. Puede consultarse también Astiazarain (1998).

(4) Archivo General de la Administración, Obras Públicas, 24/1.135: "Proyecto de mejora del puerto de San Sebastián formado en virtud de Real Orden de 30 de Abril de 1847" por Don Manuel Peironcely.

(5) Izaguirre (1933), págs.55-56.

(6) Sánchez Terry (1987), pág.26 y Roda y Leniz (2002), pág.36.

Edad Moderna, pero que, como tantos otros, precisaba de reformas para poder seguir ofreciendo un buen servicio, sobre todo si tenemos en cuenta que dichas instalaciones portuarias residían en el propio estuario del río Deva. En concreto, el principal problema era la peña de la Cruz. Al tiempo, en 1852 las autoridades municipales llegaron a solicitar el levantamiento a mayor altura del mullón y la construcción de un muelle descargadero que sirviese para las bajas mareas. El 28 de diciembre de ese mismo año el ministro de Fomento aprobó la ejecución de las obras, designando al ingeniero de la provincia, Peironcely, la ejecución del proyecto (7). Por lo demás, cabe recordar que en esos momentos se encontraba Peironcely trabajando en otro proyecto, propuesto por el gobernador de Guipúzcoa a instancias del Ayuntamiento de Tolosa, consistente en el estudio de las posibilidades de hacer del Oria un río navegable. Aquél respondió al encargo de la villa, pero no se centró únicamente en el diseño de un canal, sino que también abordó la posibilidad que presentaba la alternativa de un camino de hierro, inclinándose por esta última solución, ya que en otros países los canales como vías de transporte estaban en declive frente a las ventajas que ofrecían los ferrocarriles y por una economía de tiempos muy notable (dos días frente a media hora), además de considerar este tramo como un precedente de la posible línea que habría de unir Madrid con la frontera francesa. Al mismo tiempo, Peironcely añadía también ciertas dificultades técnicas para llevar a efecto dicho canal (8).

Así las cosas, el 28 de septiembre de 1853, Peironcely fue nombrado ingeniero jefe de 2ª clase y a los tres años, el 27 de agosto de 1856, jefe interino del citado distrito de Vitoria, sustituyendo a Cipriano Martínez de Velasco. Aquél se encontraba entonces trabajando en un importante proyecto, en la mejora del puerto de Bilbao. En concreto, en virtud de una Real Orden de 28 de abril de 1855, se le había encomendado la redacción de una propuesta para mejorar la navegación en la ría del Nervión y dar mayor alcance al puerto de Bilbao, coincidiendo con un momento de expansión de los tráficos comerciales internacionales. Aunque, en verdad, los esfuerzos por mejorar las instalaciones portuarias de la capital vizcaína venían de atrás. Por ejemplo, ya en 1840 el ingeniero Francisco Echanove había presentado un estudio parcial de las obras que se deberían hacer para mejorar la navegabilidad de la ría a través de los churros, puntos de bajo fondo peligrosos para la navegación. Ahora bien, ninguna de las obras recomendadas por Echanove fue llevada a cabo, de suerte que no fue hasta el 9 de sep-

tiembre de 1847, por una Real Orden del Ministerio de Fomento, cuando Agustín de Marcoartú, entonces inspector general del Cuerpo de Ingenieros de Caminos, fue comisionado para verificar un reconocimiento de la ría, barra y abra de Bilbao. Con todo, ni sus propuestas ni las del ingeniero bilbaíno Luis Torres Vildósola, de 1854, salieron adelante.

Le tocaba entonces el turno a Peironcely, quien tuvo finalizado su proyecto para el 18 de diciembre de 1856. Teniendo en cuenta todos estos proyectos y anteproyectos anteriores, el suyo tenía por objeto la realización de un estudio completo de las obras necesarias en el puerto y en la ría de Bilbao, con un "pensamiento uniforme" al que habrían de someterse todos los detalles. Se pretendía, pues, que la ría fuera navegable hasta la capital vizcaína a cualquier hora para buques de gran porte. De esta forma, consciente de que su proyecto debía dividirse en dos partes, la referente a las obras concernientes a la barra y las que se referían a la ría, en la memoria descriptiva del mismo optaba por centrarse únicamente en estas últimas, con la idea de presentar más adelante el estudio de la barra. Por eso, afirmaba que para que los buques de 700 a 800 toneladas pudieran navegar en cualquier circunstancia por la ría era necesario un fondo de 6 metros en bajamar, fondo que no existía entonces salvo en algunos puntos, en trayectos cortos y sólo en medio del canal, algo fácil de conseguir en el tramo inferior de la ría, pero casi imposible en el superior. De ahí que apostara en este caso por la ejecución de un canal lateral que terminara en una dársena (9).

El proyecto fue aprobado por Real Orden de 18 de abril de 1857, aunque finalmente nunca llegó a realizarse, si bien marcó las pautas para las consiguientes obras de encauzamiento y concesiones de explotación del suelo portuario hasta la puesta en marcha de la Junta de Obras del Puerto de Bilbao, creada el 19 de noviembre de 1872 siendo ministro de Fomento Echegaray (10), antiguo colega del propio Peironcely en la Escuela de Ingenieros de Caminos.

Por otro lado, es necesario decir que, a la vez que preparaba su proyecto sobre el puerto de Bilbao, Peironcely estuvo trabajando igualmente en el trazado de la línea del Norte, en concreto en el tramo comprendido entre San Sebastián y la frontera franco-española. Como ya se sabe, la ley general de Ferrocarriles de 3 de junio de 1855 vino a subsanar una carencia que se consideraba ya insoslayable. Sin duda, con la nueva ley se abrió en España una etapa novedosa dentro de la historia de los ferrocarriles. Una etapa de gran crecimiento de caminos de hierro en la que ingenieros como Manuel Peironcely llegaron a desempeñar un papel fundamental. Entre

(7) Aldabaldetrecu (1996), pág.70.

(8) La memoria de este proyecto ha sido publicada por Martín Ramos (1993), págs.385-396.

(9) Para los proyectos mencionados, véase Puerta (1994), págs.56-59.

(10) *Ibidem*, págs.56, 59 y 109.



Puerto de San Sebastián en la actualidad
(Foto: C.L.).

otras cosas, la nueva ley estipulaba que las concesiones se otorgarían mediante una ley determinada y en el caso de la línea Madrid-Irún su trazado fue dividido en tres secciones. La segunda de ellas, es decir, la comprendida entre Valladolid y Burgos, fue concedida a un conjunto de financieros pertenecientes al grupo que, al mismo tiempo, estaba tratando de la creación del Crédito Mobiliario. Incluso, todos llegaron a ser posteriormente accionistas fundadores de la Compañía del Norte. A su vez, la ley del 11 de julio de 1856 otorgaba al Crédito Mobiliario Español, entidad constituida el 6 de mayo y controlada por los financieros franceses hermanos Péreire, la construcción de la primera y de la tercera sección de la línea del Norte, es decir, las comprendidas entre Madrid y Valladolid y Burgos e Irún respectivamente. De esta forma las tres secciones quedaron, en cierta medida, en manos de la

misma familia, los Péreire, quienes, además, eran adjudicatarios de la línea entre Burdeos y Bayona primero (1852) y Hendaya después (1859). Así pasaron a controlar la futura línea que habría de empalmar Madrid con Burdeos, de suerte que a partir de ese momento transcurrieron meses de grandes expectativas e incertidumbres para las autoridades e intereses comerciales e industriales de las áreas afectadas. Precisamente, atendiendo a la trascendencia de esta línea de carácter internacional, debemos entender la labor realizada por Manuel Peironcely en su estudio del trazado entre San Sebastián e Irún.

Antes de que se decidiera definitivamente el trazado de la línea y, por lo tanto, el punto exacto por el que debían ser atravesados los Pirineos, se suscitó una fuerte polémica auspiciada, en gran medida, por las autoridades navarras, deseosas de que el ferrocarril pasara por su juris-

dicción y pasara por Pamplona, atravesando aquella cadena montañosa por el valle francés de los Alduides (11). Según la propuesta hecha por el ingeniero francés Daguene, la línea en este caso iría a parar a Bayona y no ya a Hendaya. Esta propuesta generó una oleada de discusiones entre los partidarios de que la línea discurriera por Vitoria-San Sebastián-Irún y los partidarios de la alternativa de Pamplona-Alduides-Bayona. En ella participaron ingenieros, economistas, políticos, etc., posicionándose a favor o en contra de una u otra alternativa. Pues bien, que sepamos, Peironcely no participó directamente en el debate, aunque sí llegó a dejar constancia escrita de su oposición a la alternativa de Alduides, insistiendo en que determinantes técnicos y económicos hacían más favorable la propuesta de San Sebastián e Irún, que fue la que finalmente salió adelante (12).

Como se sabe, todavía no había en España muchos ingenieros especializados en materia de ferrocarriles, siendo Manuel Peironcely, sin duda, uno de ellos, tal como se ha señalado más arriba. No es extraño, por tanto, que en estos momentos recibiera una oferta de la empresa privada. En efecto, en enero de 1858 quedó constituida la Compañía del Ferrocarril de Tudela a Bilbao, que, como es natural, precisaba de técnicos especializados para sacar adelante el proyecto. Tras varias reuniones, el consejo de administración decidió nombrar director facultativo de las obras al prestigioso ingeniero Calixto Santa Cruz, quien en los años cuarenta había estudiado y levantado los planos de la sección comprendida entre la capital vizcaína y Miranda de Ebro dentro de la línea Madrid-Irún por Bilbao, conocida como "Concesión Vascongada". Aquél no aceptó, proponiéndose en su lugar a Manuel Peironcely, con quien tampoco se llegó a un acuerdo. El consejo pensó entonces en un ingeniero extranjero, optando finalmente por el inglés Charles Vignoles, quien había dado nombre al raíl de base plana, el cual, de origen americano, fue introducido por él en Europa. Vignoles trajo consigo otros cuatro ingenieros británicos, con quienes llegó a colaborar el mismo Peironcely (13). Así las cosas, el 6 de mayo de 1859 se le nombró ingeniero jefe de 1ª clase, llegando a permanecer en el distrito de Vitoria hasta 1860.

4. De la línea Badajoz-Ciudad Real a la Escuela de Ingenieros de Caminos

El 22 de febrero de 1860 Manuel Peironcely pasó a ocuparse de la dirección de las obras del ferrocarril de

Ciudad Real a Badajoz. Como puede imaginarse, esta línea tenía especial importancia por suponer la unión de España con Portugal. En concreto, la Real Orden de 18 de diciembre de 1859 había otorgado a José Forns la concesión de la línea, siendo este mismo quien solicitó los servicios del mencionado ingeniero. No obstante, la Compañía del Badajoz-Ciudad Real no se constituyó hasta 1861 y fue fundamental la aportación de capital extranjero, en su mayoría francés. Ese mismo año dieron comienzo los trabajos de construcción, que transcurrieron a buen ritmo, siendo el último trozo terminado, como el más difícil, el de Veredas a Almorchón, en la provincia de Badajoz (14). Sin duda, para Peironcely, que se encontraba ya en plena madurez intelectual, se trataba de una nueva fase dentro de su carrera profesional, puesto que pasaba a ejercer sus conocimientos dentro de la empresa privada. Eso sí, transcurrido el plazo de los dos años autorizados, Peironcely fue declarado supernumerario del Cuerpo de ingenieros y, pasados cinco años desde la autorización del 22 de febrero de 1860, en 1865 se le dio de baja del Cuerpo con derecho a volver. Había agotado ya el plazo determinado por el Reglamento orgánico del Cuerpo de ingenieros aprobado el 28 de octubre de 1863. Cabe pensar que esta nueva situación le llevara a solicitar su reingreso en el Cuerpo el 20 de mayo de 1865, si bien, en realidad, la línea férrea entre Ciudad Real y Badajoz no fue terminada hasta el 22 de noviembre de 1866. En el plano meramente personal, fue en esta etapa cuando nació su hijo y futuro ingeniero de caminos Ramón el 28 de febrero de 1862.

Peironcely fue entonces readmitido, aunque en situación de supernumerario. No obstante, por Real Orden de 10 de junio de 1865 fue nombrado profesor de la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos para impartir la asignatura de geometría descriptiva. Aquella ya no se encontraba en la plazuela de la Leña, sino en la calle del Turco. Era director de la misma en esos momentos Calixto Santa Cruz, quien, víctima del cólera, falleció el 9 de octubre de ese mismo año, ocupando interinamente la dirección el propio Peironcely, ya que era el más antiguo en el escalafón. En verdad, pocos días estuvo al frente del centro, puesto que el 19 de ese mismo mes Lucio del Valle era nombrado director (15). Estando como profesor, en 1871 se produjo en la Escuela un incidente que es necesario tener en cuenta, puesto que, por decreto de 12 agosto, siendo jefe de gobierno Ruiz-Zorrilla, se redujo drásticamente la plantilla del Cuerpo de Ingenieros de Caminos, con lo que se declaró cesantes a las personas que habían en-

(11) Sobre el ferrocarril de los Alduides, véanse Martinena (1977), Esarte (1982) y Larrinaga (2002) y (2004).

(12) La postura de Peironcely sobre este asunto ha sido analizada en Larrinaga (2004).

(13) García Venero (1948), pág. 277.

(14) Wais (1987), págs. 152-154.

(15) Sáenz Ridruejo (1990), págs. 179-180.

trado más recientemente en cada una de las categorías. La medida no afectaba a los profesores de la Escuela, pero Lucio del Valle, disconforme con aquella y con semejante privilegio, solicitó la excedencia. Fue declarado excedente el 19 de agosto y cesó en la dirección del centro a partir de septiembre, sustituyéndole Manuel Peironcely (16), quien estuvo en el cargo hasta el 30 de ese mismo mes, cuando el profesor Carlos Campuzano se hizo con la dirección.

Estando de docente en la Escuela fue comisionado para una misión en la capital vizcaína. Pero antes que nada hay que decir que en 1861 la reina Isabel II concedió a Bilbao la posibilidad de encargar el estudio de lo que sería el primer proyecto de ensanche, el de Amado Lázaro de 1862, tras aumentar su término municipal a costa de anexionarse una parte de las jurisdicciones de las cercanas anteiglesias de Abando y Begoña. El proyecto de Lázaro, sin embargo, no salió adelante por falta de realismo, a pesar de lo cual el Gobierno, por Real Orden de 18 de junio de 1866, proponía el nombramiento de una comisión facultativa que efectuara la fijación de los límites máximos que había de abarcar la villa (17). Por eso en 1867 fue Manuel Peironcely quien pasó a formar parte de la comisión encargada del estudio del proyecto de ensanche de límites de Bilbao, ya que, a la postre, era una persona que conocía perfectamente la ciudad. Por lo demás, ese mismo año, el 27 de julio, se dispuso que ocupara una plaza de número que había resultado vacante como jefe de 1ª clase, categoría a la que pertenecía.

Peironcely continuó como profesor en la Escuela, siendo comisionado al año siguiente para verificar la tasación del ferrocarril de Alar del Rey a Santander, ya que la compañía que lo explotaba había quebrado. En verdad, se trataba de una línea de complicada construcción, por lo intrincado del relieve, que unía el Canal de Castilla que finalizaba en Alar con el puerto de Santander, constituyendo, pues, una importante vía comercial con vistas a la extracción de harinas y cereales castellanos. Eran en total 137 kilómetros que no quedaron totalmente terminados hasta el 8 de julio de 1866, aunque algunos tramos se habían abierto antes al tráfico. Sin embargo, el elevado coste de la obra y la adquisición del material móvil llevaron a la compañía a declararse en quiebra, razón por la cual el Gobierno, por Real Decreto de 6 de mayo de 1868, dio por caducada la concesión e incautó el ferrocarril. De ahí la necesidad de verificar la tasación de este camino de hierro. En tales circunstancias, se logró un convenio entre los acreedores y la empresa en quiebra firmado el 3 de noviembre de 1870 para

constituir la "Nueva Compañía del Ferrocarril de Alar a Santander", de suerte que la transferencia de la concesión a esta empresa recién constituida fue aprobada por Real Orden de 30 de mayo de 1871 (18).

Peironcely siguió en la Escuela como profesor hasta que unos años más tarde, por Real Orden de 29 de agosto de 1871, fue nombrado Jefe de la provincia de Santander, aunque al poco tiempo, en octubre, solicitó la excedencia, reincorporándose al servicio activo por Real Orden de 22 de enero del año siguiente, pasando a desempeñar la Jefatura de la provincia de Zaragoza. Ese mismo día, sin embargo, el presidente de la comisión administrativa de la Sociedad de Fomento del Puerto de Pasajes, el marqués de Rocaverde, solicitó al ministro de Fomento que se autorizara a Manuel Peironcely a pasar a su servicio y ejercer así la dirección facultativa de las obras del puerto, autorización obtenida a los pocos días, por lo que en realidad no llegó a ejercer en la capital aragonesa. Fue precisamente Peironcely el encargado de redactar el proyecto de reforma y mejora del mencionado puerto de Pasajes, finalizando su propuesta en diciembre de 1870. En efecto, para que esta infraestructura volviera a recobrar la importancia y el esplendor que había tenido en tiempos pasados, era preciso ejecutar las siguientes obras: una dársena en la ensenada de la Herrera, la más cercana a San Sebastián; un canal dragado en el fango desde los fondeaderos existentes hasta la esclusa de la dársena; un ferrocarril de servicio desde la dársena hasta la estación; el ensanche de la explanación de este ferrocarril delante de la ribera de Ancho para el establecimiento de almacenes y de un muelle embarcadero saliente; y la demolición de la calzada o escollera de Salinas, la cual cerraba la ensenada de la Herrera y servía para la comunicación de la población de Pasajes con el camino de Irún (19). Ahora bien, con el estallido de la Segunda Guerra Carlista todos estos trabajos de mejora del puerto de Pasajes quedaron lógicamente paralizados y Peironcely volvió a pedir que se le diera de alta en el Cuerpo el 20 de octubre de 1873.

Así son las cosas, en 1874 fue nombrado Inspector General de 2ª clase, tomando posesión del cargo de vocal de la Junta Consultiva de Caminos, Canales y Puertos muy poco después. Estaba entonces como presidente al frente de la Junta el prestigioso ingeniero Carlos María de Castro. No hay duda de que su nuevo puesto venía a ser un reconocimiento a toda su carrera profesional, debido a la importancia que la Junta tenía en todo lo relacionado con las obras públicas en España. Por lo demás, entre octubre de 1875 y abril de 1877 Peironcely formó parte de la comisión de reforma del plan de carreteras del Es-

(16) *Ibidem*, pág.185.

(17) Basurto Ferro (1990), págs.115-118.

(18) Wais (1987), págs.202-205.

(19) Peironcely (1871).

tado, a la vez que en 1876 se le encomendaba la inspección de los ferrocarriles del Noroeste. La verdad es que por entonces su salud había empezado a deteriorarse y, tal y como consta en su expediente, el 4 de julio de 1877 el médico Pablo Fullá Pérez solicitaba una licencia para Peironcelly por el "escesivo trabajo mental" y por los achaques reumáticos que tenía.

Por lo demás, el 22 de julio de 1879 fue nombrado director de la Escuela de Ingenieros, tras la muerte del mencionado Carlos Campuzano. Lo cierto es que duró poco tiempo en el puesto, ya que cesó el 14 de agosto del año siguiente, debido a que había sido nombrado director de la Compañía de los Ferrocarriles de Asturias, Galicia y León, ferrocarriles que conocía bien por las labores de inspección que había llevado a cabo recientemente, tal como ya se ha mencionado. En este cargo permaneció pocos años, de manera que el 12 de enero de 1883 ocupaba el puesto número uno de los ingenieros de su clase que se hallaban esperando plaza de número. El 8 de mayo de ese mismo año tomaba nuevamente posesión del cargo de vocal de la Junta Consultiva, siendo entonces su presidente el distinguido ingeniero Jacobo González Arnao. Le quedaba ya poco tiempo de vida, pues falleció el 1 de junio de 1884 en Madrid.

5. Conclusiones

De cuanto se ha dicho se puede deducir que estamos ante un ingeniero de caminos de especial importancia para la historia de las obras públicas en la España del siglo XIX. Un ingeniero que abordó con éxito las distintas ramas de su especialidad, habiendo trabajado tanto en carreteras y en ferrocarriles como en puertos. Un ingeniero que, sin duda, puede ser considerado como miembro de ese selecto grupo de técnicos que representa la transición entre las dos escuelas de ingenieros de principios del siglo XIX y la tercera escuela o la definitiva, aquella que, a la postre, supuso la consolidación del Cuerpo de Ingenieros de Caminos de España. Una generación protagonista de las grandes obras públicas de los años cincuenta y sesenta del siglo XIX, años de verdadero esplendor para nuestra ingeniería de caminos. Aunque Peironcelly no se dedicó sólo a la práctica de esta disciplina, sino también a la enseñanza de la misma, siendo profesor de la Escuela de Ingenieros de Caminos, en la que incluso llegó a ocupar el puesto de director. Por todo lo cual creemos que nos encontramos ante uno de los más significativos ingenieros de caminos de la época. ♦

Referencias:

Fuente archivística

- Archivo del Ministerio de Fomento, legajo 6503.

Bibliografía

- ALDABALDETRECU, ROQUE (1996): *Municipio de Deba. Aspectos históricos en base a sus documentos (1294-1894)*, Ayuntamiento de Deba, Deba.
- ASTIAZARAIN, M^o ISABEL (1998): *El Consulado de San Sebastián y los proyectos de ampliación de su puerto en el siglo XVIII*, Instituto Dr. Camino de Historia donostiarra, San Sebastián.
- BASURTO FERRO, NIEVES (1990): "Los ensanches y la arquitectura de una burguesía emergente", en González Cembellín, J. M. y Ortega, A. R. (eds.): *Bilbao, arte e historia*, v. II, Diputación Foral de Vizcaya, Bilbao.
- CIRQUIAIN-GAIZTARRO, M. (1951): *Los puertos marítimos vascongados*, Biblioteca Vascongada de los Amigos del País, San Sebastián.
- ESARTE, PEDRO (1982): *El ferrocarril europeo de Navarra*, Pamplona.

- GARCÍA VENERO, MAXIMIANO (1948): "Historia anecdótica del ferrocarril en España", en *Cien años de ferrocarril en España*, vol.I, Comisión Oficial para la conmemoración del primer centenario del ferrocarril en España, Madrid.
- GONZÁLEZ ENCISO, AGUSTÍN (2002): *La carretera de Endarlaza. Sus orígenes*, documento inédito, Pamplona.
- IZAGUIRRE, RICARDO (1933): *Estudios acerca de la bahía de San Sebastián*, Sociedad de Oceanografía de Guipúzcoa, Pasajes de San Pedro.
- LARRINAGA, CARLOS (2002): *Entre Irún y los Alduides. El ferrocarril del Norte y el paso de los Pirineos a mediados del siglo XIX*, Casino de Irún, Irún.
- (2004): *Peironcelly, San Sebastián y el ferrocarril de los Alduides a mediados del siglo XIX*, Instituto Dr. Camino de Historia donostiarra, San Sebastián.
- MARTÍN RAMOS, ÁNGEL (1993): *La construcción de Tolosa*, Colegio Oficial de Arquitectos Vasco-Navarro, Bilbao.
- MARTINENA, JUAN JOSÉ (1977): *Ferrocarril de Alduides. Historia de un proyecto*, Diputación Foral de Navarra, Pamplona.

- PEIRONCELY, MANUEL (1871): *Estracto de la memoria que acompaña al proyecto de las obras que deben ejecutarse en el puerto de Pasajes*, Imprenta de la Provincia, Tolosa.
- PUERTA, NATIVIDAD DE LA (1994): *El puerto de Bilbao como reflejo del desarrollo industrial de Vizcaya (1857-1913)*, Autoridad Portuaria de Bilbao, Bilbao.
- RODA, PALOMA DE Y LENIZ, JOKIN (2002): *Faros de Gipuzkoa*, Scriptum, Madrid.
- RODRÍGUEZ RANZ, JOSÉ ANTONIO et alii (2003): *Historia de las Vías de Comunicación en Gipuzkoa, 3/ 1833-1937*, Diputación Foral de Guipúzcoa, San Sebastián.
- SÁNCHEZ TERRY, MIGUEL ÁNGEL (1987): *Faros españoles del Océano*, Ministerio de Fomento, Madrid.
- SÁENZ RIDRUEJO, FERNANDO (1990): *Ingenieros de caminos del siglo XIX*, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madrid.
- WAIS, FRANCISCO (1987, 3ª ed.): *Historia de los ferrocarriles españoles*, Fundación de los Ferrocarriles Españoles, Madrid.

Abastecimiento de Aguas de Lisboa

Cuéntase en todo el término de Lisboa sobre 60 fuentes públicas y 32 de vecindad con 30 pozos que dan también agua potable. El número de caños de las espresadas fuentes es 186, de los cuales 114 se surten del acueducto general y de los minados contruidos con los fondos de las Aguas libres.

Para repartir el agua a domicilio hay más de 3.000 aguadores, procedentes la mitad de ellos de nuestras provincias de Galicia, y cuya organización tuvimos ocasión de conocer bastante a fondo por la suma amabilidad con que nos la esplico el inspector general de las fuentes, que lo es también de incendios, el Sr. Pereira de Carvalho, persona muy entendida en estas materias y a quien se debe especialmente los reglamentos que rigen en ambos servicios y el buen método que se observa en sus diferentes dependencias.

Los aguadores están regimentados por compañías de 30 a 35 hombres, uno de los cuales, con el nombre de capataz, es el jefe inmediato responsable del orden y buena policía de la fuente y de hacer que se cumpla lo prescrito en el reglamento y en las instrucciones que se dieren por la inspección.

Todas las fuentes de Lisboa están numeradas, así como también las 90 compañías de aguadores y los individuos de cada una de ellas, los cuales llevan estos mismos números en las medallas de bronce que forman su distintivo y en la tapa superior de las cubas de que se sirven, de igual clase que las de Madrid y de almud y medio o sean 0,025 metros cúbicos de cabida. Para la conducción del agua salobre y la de pozos deben usar barriles especiales marcados con las letras A.P.

Tienen obligación los aguadores de acudir inmediatamente a los incendios¹, pero este servicio no es gratuito como tan injustamente, a nuestro juicio, sucede en Madrid. Por el contrario, en Lisboa conforme van llegando al fuego, el patron encargado de cada bomba da una tarjeta por cada cuba de agua que recibe, y luego se paga el importe de todas ellas por compañías a razón de 15 reis (10,50 maravedís) por barril, de los cuales las dos terceras partes corresponden a los aguadores y el resto se distribuye por mitad entre los capataces y sus segundos. Los tres primeros aguadores que se presentan en fuego reciben además una gratificación extraordinaria. El reglamento exige que todos ellos al retirarse por las noches a descansar, lo verifiquen con una cuba llena de agua que conservan en sus respectivas viviendas para ganar tiempo en caso de que ocurra algún fuego durante aquellas horas.

El precio a que venden el agua los aguadores es variable según las estaciones, pero les está prohibido exigir ni aun en las sequías de verano más de 20 reis (14 maravedís) por cuba. Sin embargo de esta prescripción, en los años de mucha escasez el precio suele esceder bastante del tipo máximo fijado en el reglamento, sin que sean suficientes para evitarlo las multas que este impone, ni la vigilancia y energía que se despliega por las autoridades para evitar a las clases

pobres tan grave perjuicio. Los vecinos más acomodados se valen de sus criados o hacen ajustes especiales, según el número de cubas que necesitan diariamente, y cuyo coste en este caso viene a ser a razón de unos 8 reales mensuales por cada una.

Según los datos y noticias recogidas por la inspección, no baja al año de 8.000.000 de reales lo que recaudan los aguadores de Lisboa, tanto por el agua que tienen ajustada, como por la que venden en cubas sueltas recorriendo las calles de la capital.

Ya hemos indicado antes que es muy corto el número de propietarios cuyas casas estén surtidas de agua tomada de las cañerías, lo cual no debe extrañarse atendiendo a su escésivo precio. En efecto, consta de la nota de ventas hechas por algunos particulares dueños de aguas, que el término medio del valor de un real fontanero² es de 70.000 reales próximamente, sin entrar en esta suma el gasto que origina además la conducción por cañería de plomo desde el arca más inmediata, y que en muchos casos es de bastante consideración según aparece en una memoria sobre las fuentes de Lisboa, publicada en 1851 por el archivero de la municipalidad Sr. Velloso de Andrade.

En este mismo libro, lleno de datos curiosos e interesantes, se ve una relación general de todos los gastos ocurridos desde un principio en las obras de las Aguas libres, resultando haberse invertido en ellas las cantidades siguientes poco más o menos:

Obras de reunión y conducción	108.000.000 rs.vn
Obras de distribución interior	7.000.000
Espropiedades	<u>2.000.000</u>
Total	117.000.000

Hemos terminado la reseña que nos proponíamos sobre el surtido de aguas de aquella corte, y al verficarla nos hemos limitado únicamente a la descripción de las obras y a la narración de los hechos. Forzoso será pues que entremos ahora en su exámen crítico. A nuestro entender y por lo que dejamos espuesto, fácilmente se deduce que este examen puede resumirse esencialmente en los dos puntos siguientes: 1.º El proyecto de las obras de abastecimiento adolece de defectos capitales: 2.º Las obras consideradas como tales, y sin atender al objeto a que están destinadas, son dignas de elogio y de justa celebridad. Nada diremos en apoyo de esto último porque sería repetir otra vez más lo que ya hemos manifestado; respecto al primer aserto, preciso es confesar que no se tuvieron presentes las condiciones a que deben satisfacer los proyectos de esta clase, conocidos que sean los puntos donde se hallan las aguas, el caudal de estas y su desnivel hasta la localidad en que hayan de utilizarse. Prueba de ello es entre otras faltas la pérdida de cerca de

¹ Según la estadística formada en la inspección del ramo han ocurrido en Lisboa en los últimos cinco años 54 fuegos en cada uno por término medio.

² Las medidas que se usan en Portugal son las siguientes:
Manilla – 8 Aneis – 65.270 reales fontaneros,
Anei – 32 plumas – 8.159 reales fontaneros,
Pluma.....0,255 reales fontaneros,

5 metros de altura que se nota en el depósito con el establecimiento de la cascada de entrada del agua, sin otro objeto que el de embellecer aquella obra con gran aumento de coste en los puentes acueductos inmediatos; el poco partido que se ha sacado en el trayecto de la mucha pendiente de que se podía disponer; las escasas dimensiones dadas al acueducto que tanto contrastan con la mezquina cantidad de agua que recorre por una sola de las pequeñas regueras laterales, y finalmente esa prodigalidad en el empleo de grandes masas de sillería labrada en ciertas partes de la obra, que de manera alguna exigen este material, el cual pudo y debió ser reemplazado en muchas circunstancias con otros mas baratos y que produjesen en definitiva el mismo resultado.

Bajo este punto de vista la conducción de las Aguas libres a Lisboa merece la mas severa crítica de las personas inteligentes, siendo sumamente sensible que despues de los inmensos sacrificios que ha hecho la población para llevar a cabo aquellas obras tan colosales como innecesarias, se vean sus vecinos escasos de agua, faltándoles a veces para los usos mas precisos de la vida, y obligada la Cámara municipal y el Gobierno a remediar tan grave mal, y hacer nuevos desembolsos para completar debidamente el surtido de aguas.

Varios han sido los proyectos que con este objeto se han presentado, algunos de los cuales no merecen siquiera citarse por reducirse a simples proposiciones generales sin datos ni detalles de ningún género que den a conocer la posibilidad de conseguir lo que se desea. Limitaremos por lo tanto a indicar ligeramente los presentados en diferentes ocasiones por el ya referido ingeniero Peizeart, empezando por el en que se proponia aprovechar las aguas del Alcántara, único afluente del Tajo en las inmediaciones de Lisboa.

Aquel río que mas bien merece el nombre de arroyo, solo tiene en tiempos de sequia unos 0,015 metros cúbicos por segundo y 0,046 en el resto del año, por lo cual, y no siendo bastante este caudal para obtener un surtido completo a la población, pensó aumentar además el de las Aguas libres con nuevos minados, y utilizar al mismo tiempo el abundante y perenne manantial sito en *Caes novo de Satarem*, elevando sus aguas con máquinas de vapor hasta incorporarlas con las del río Alcántara. Con este plan calcula el mencionado ingeniero que podría conseguirse una dotación de 14 a 16 litros por habitante, y arreglado a él se presentaron proposiciones al Gobierno por una compañía en 1847, comprometiéndose a ejecutar a su costa todas las obras en reunion y distribucion a domicilio bajo ciertas y determinadas condiciones que no fueron admitidas.

Igual mal éxito tuvo la idea emitida en 1852 de mejorar el abastecimiento de aguas en la parte inferior de la ciudad y en el barrio oriental de la misma, bajo el supuesto de que podrían aumentarse considerablemente los manantiales que alimentan las fuentes del Rey, de Dentro y la demas ya citadas en otro lugar, hipótesis que tenia todas las probabilidades de buen éxito, según Peizerat, porque era el resultado de concienzudas observaciones geológicas hechas en el terreno que forma la cuenca del Tajo.

A principios de 1855 se ocupó el mismo ingeniero, a invitación del Ayuntamiento, del modo de utilizar las muchas sobrantes que de los manantiales de las Aguas libres se despreciaban en ciertos meses

del año, como de ello tuvimos ocasión de cerciorarnos personalmente, pues a pesar de estar ya muy adelantada la estacion (13 y 14 de junio) vimos correr dichas sobrantes formando un verdadero arroyo y en mucha mayor cantidad que las conducidas por el acueducto. Para su aprovechamiento proyectó conservarlas en dos depósitos, que fácilmente podian establecerse en el valle de Quintam, construyendo las correspondientes presas de contención. La cabida de estos depósitos seria de mas de un millon de metros cúbicos y el coste de todas sus obras ascendia a unos ochenta y cinco mil duros.

Firme el Sr. Peizerat no solo en la conveniencia, sino hasta en la imperiosa necesidad de los depósitos, como el único medio para aumentar considerablemente el caudal de agua que conduce el acueducto, dedicó muchos tatos al estudio de tan interesante cuestión, resultando de sus trabajos otro proyecto mas perfeccionado, si bien de mucho mayor coste que el que acabamos de indicar. Estriba esencialmente en no dejar al descubierto los depósitos, porque siendo de mucha superficie y poco fondo (4 metros término medio) los que había proyectado, y no pudiendo renovarse las aguas, temió sufriesen estas alguna adulteración. Los tres depósitos que propone nuevamente comprenden 10 hectareas de superficie, tienen 6 metros de altura media y deberían situarse como los otros en el talweg del valle del Quintam. Su construcción es la siguiente: en primer lugar se ha de desmontar en todas la estension del depósito, quitando la tierra y el terreno de acarreo hasta descubrir la roca arenisca que constituye la formación de aquella cuenca. En seguida se establecerán en la dirección del talweg una serie de galerías iguales semicirculares y de corto diámetro y poca altura para que tengan suficiente resistencia, puesto que su fábrica deberá ser exclusivamente de piedra en seco, y ha de soportar el resto de la obra que va encima y que consiste en una serie de galerías mas pequeñas aun, sobre la que se establecerá otra hecha de losas puestas de ángulo formando canales, la cual a su vez recibirá las capas de piedra gruesa, guijo y arena que ha de construir la cubierta. Para la contención de las aguas se construirá en cada depósito una presa de fábrica, provista, como es natural, de aliviadero de superficie y de llaves de desagüe, a fin de precaver las filtraciones que pudiera haber por el fondo y las laderas del valle propone el citado ingeniero que se haga un revestimiento de buena arcilla.

La cabida en limpio de estos tres depósitos la calcula en unos 350.000 metros cúbicos de agua, que distribuidos en los cien dias de mayor escasez del año proporcionarían un aumento de dotación de mil metros diarios a los 350.000 habitantes de Lisboa, o sea a razón de 3 litros cada uno.

El presupuesto de todas las obras asciende a mas de diez millones de reales vellon, cantidad bastante crecida, y que al vez habrá sido una de las causas de que este pensamiento siguiese la misma suerte que todos los demás, sobre los cuales no ha recaído la competente aprobación.

A juzgar por el ligero exámen que hemos hecho de los proyectos indicados, ninguno de ellos nos satisface por completo, porque tales como se presentan, no dejan el convencimiento íntimo de que despues de realizados satisfagan cumplidamente a todas las condicio-

◆ La ROP hace... 150 años ◆

nes que deben tenerse presente al tratar de aumentar las aguas potables de Lisboa, siendo una de las mas principales en nuestra opinión, la de procurar utilizar en cuanto sea dable el actual acueducto, que de otro modo seguirá siendo en cierto sentido, un padron de ingnomia para el pueblo portugueses. Teniendo presente este principio, y viendo que en los proyectos antiguos siempre se trataba de traer aguas a Lisboa se acudia a los manantiales de las Aguas libres, como único punto en que existian en alguna abundancia y de bastante buena calidad, tratamos de averiguar si habria otros manantiales en la misma sierra de Cintra, aunque fuere al otro lado de la vertiente, porque acaso podrían aprovecharse e incorporarse al acueducto con obras sencillas o al menos de un coste mínimo comparado con el que tuvo la reunion y conducción de que nos ocupamos.

De los informes y averiguaciones hechas resultó en efecto que no lejos de Cintra en la antigua quinta del Conde de San Vicente, propiedad hoy de D. Bartolomé de Gaud, se hallan los baños titulados de los *Duches* surtidos de un rico manantial ocho veces mayor que el caudal de las aguas libres, de igual calidad que estas como procedentes también de filtraciones de la misma sierra. Dista unas cuatro leguas de Lisboa y dos del acueducto, a cuyos dos puntos pueden dirigirse las aguas por haber mas que suficiente

desnivel, según aseguro el Sr. de Gand, y según se deduce asimismo, aun sin reconocer el terreno, sabiendo que el proyectado ferrocarril de Lisboa a Cintra va constantemente subiendo en todo su trayecto, y pasa no lejos de la quinta, y ademas bastante bajo los manantiales.

Dispuesto como lo esta el dueño del referido establecimiento a ceder su propiedad, mediante la correspondiente indemnización sería de desear se hiciesen los estudios para introducir en el acueducto aquellas aguas perennes y abundantes, proyecto que en nuestro concepto sería preferible a los demas antes descritos, y que realizado proporcionaría ventajas inmensas a la población.

Intimamente ligado el servicio de la distribución de las aguas con el de las alcantarillas, diremos para terminar nuestro escrito, que la ciudad de Lisboa cuenta ya hace mucho tiempo con un sistema general de conductos para las aguas inmundas que se vierten en el Tajo. La mayor parte de ellos, por las escesivas pendientes de las calles, solo tienen 0,80 de luz, consistiendo en simples tagueas cubiertas con losas de tapa, los mayores son de 1,50 y de análoga construcción a los pequeños con la diferencia de que la tapa la constituyen dos losas formando ángulo en la parte superior.

Lucio del Valle

◆ La ROP hace... 100 años ◆

Año LIV • N° 1.606. 5 de julio de 1906

Canal de Aragón y Cataluña



◆ La ROP hace... 50 años ◆

Año CIV • Nº 2.895. Julio de 1956

Homenaje a D. José Echegaray

El lunes 25 de junio último tuvo lugar, con la valiosa colaboración de la Sociedad General de Autores Españoles, y en el Salón de actos de la misma, el homenaje que la Agrupación Cultural Madrileña "Los del 90" dedicaron a este eximio Ingeniero de Caminos con motivo del LX, aniversario de su óbito.

Este acto correspondía a la sesión de clausura del XI Curso 1955-56 que celebraba dicha Agrupación, y el programa fue el siguiente.

1º. *Etopeya de un prodigioso madrileño*, por el ilustrísimo Sr. D. Francisco de Caso, Abogado y Profesor Mercantil, Presidente de "Los del 90".

2º. *Rasgos biográficos de Echegaray*, por el ilustrísimo Sr. D. Augusto Martínez Olmedilla, escritor.

3º. *Dramaturgo e Ingeniero*, por el Excmo. Sr. Don Tomás García-Diego de la Huerga, Profesor de la Escuela de Caminos y Presidente de la Asociación de Ingenieros Civiles de España.

4º. *Echegaray y mi padre*, por el Excmo. Sr. D. Ricardo Calvo, Actor

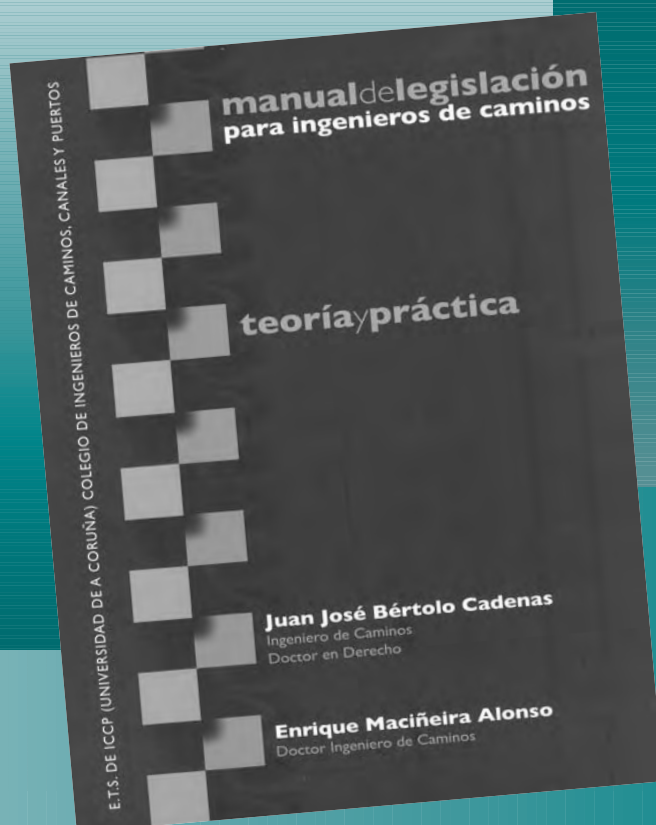
5º. *El autor del Banco de España*, por el excelentísimo Sr. Conde de Colombí, Abogado y escritor.

6º. *Un drama de Echegaray, ¿hoy?*, por el ilustrísimo Sr. D. Luis Medina, actor y publicista.

El salón de actos estuvo totalmente ocupado por una selecta concurrencia, que escuchó con extraordinario deleite a las personas que con sus disertaciones dieron gran realce al homenaje que se celebraba, siendo todos calurosamente aplaudidos.

La REVISTA DE OBRAS PÚBLICA se complace en hacer llegar a esta simpática Agrupación de "Los del 90" el agradecimiento del Cuerpo de Caminos y el suyo propio, por la distinción a Echegaray, cuyo influjo en la cultura superior del país dice el eminente matemático J. Rey Pastor, no solamente fue por acción, sino también por reflejo.

Y como quiera que las brillantes intervenciones a que se refiere el programa citado no han llegado a nuestras manos, pues de haber sido así hubiéramos publicado una síntesis de ellas, nos limitamos (contribuyendo de este modo al homenaje) a reproducir la primera parte del Capítulo V, correspondiente a las "Memorias de la Escuela de Caminos", redactadas con ágil pluma y buen estilo, en el año 1925, por D. Carlos de Orduña, Profesor-Secretario General de nuestra Escuela, que no dudamos habrán de volver a leer con gusto nuestros mayores, al par que las actuales generaciones tendrán conocimiento de alguna efemérides de aquel medio siglo final del diecinueve, período borrascoso y rico en trasmutaciones políticas, en el que (1853) Echegaray, terminados sus estudios en la Escuela a los veinte años de edad (ingresó a los quince), tanto



A LA VENTA EN LA LIBRERÍA
DEL COLEGIO DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

Tel.: 91.308.19.88 (Ext. 272-298).
Fax: 91.319.95.56.
libreria@ciccp.es

DISPONIBLES EN PRÉSTAMO
EN LA BIBLIOTECA DEL COLEGIO
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS
Tel.: 91.308.34.09 (Ext. 271-242).
Fax: 91.319.95.56.
biblioteca@ciccp.es

◆ La ROP hace... 50 años ◆

contribuyó a fundar la magna obra de importación de la Física y la Matemática modernas, mediante la divulgación de algunas de sus teorías más importantes.

"¡Echegaray"....¡Qué de recuerdos evoca tan glorioso nombre! Para la juventud entusiasta de aquella generación que siguió al período de la revolución del 68, entre cuyas agitaciones y luchas brotó el genio dramático de Echegaray, pronunciar este nombre es volver a sentir los locos entusiasmos de aquella edad. Porque fue a la juventud, a la juventud arrebatada y nerviosa que asistía a los estrenos de Echegaray, a la que más rápidamente cautivó con los emocionantes parlamentos de sus dramas, recios de hechura y de vibrante estilo.

Aún suenan en nuestros oídos aquellos prolongados aplausos, aquellas ruidosas aclamaciones con que acogíamos en el *paraíso* del teatro Español la presencia del autor en la escena, y las acaloradas disputas con que defendíamos las falsedades de que se valía para dar emoción intensa a sus dramáticos conflictos. Que eso fue el teatro de Echegaray: un teatro de emoción ante todo, y, por ello, artístico sobre manera, pese a todas las reglas y a todos los credos dramáticos antiguos y modernos.

Era de ver a los alumnos de Caminos en aquellos estrenos. Cuando salíamos a los pasillos a la terminación de un acto y le defendíamos contra los ataques de la que fue muchas veces envidiosa crítica, poníamos por delante su condición de ingeniero, de maestro incomparable, de matemático insigne, que todas esas cosas eran para nosotros la nota culminante de su genio, y por ellas el primero de los autores.

Y lo era, sin duda, en aquel entonces, si se advierte que cuando Echegaray apareció en la escena atravesaba la dramática española un período de estancamiento, del que apenas si pudo alguna que otra vez salir, con las muy contadas apariciones de Tamayo y Ayala, y fue entonces Echegaray-dice un ilustre cronista- "un aliento de vida, una ráfaga de salud, un puñetazo vigoroso dado sobre la estúpida charca donde se asfixiaba nuestro teatro".

Hablar de Echegaray y no hablar de su arte maravilloso como autor, no es posible, porque es este mismo arte el que aparece en todas las manifestaciones de su fecundo ingenio, lo mismo cuando hacía hablar a sus fingidos personajes que cuando escribía un artículo de vulgarización científica o explicaba una lección de Cálculo o de Mecánica en la Escuela de Caminos.

Además, fue en la Escuela donde nacieron sus aficiones por el arte dramático, y es la Escuela culpable, por extraña paradoja, de que se hiciera autor.

Al año de terminar su carrera, año que pasó en Almería, dedicado a la conservación de cinco kilómetros de carretera, única obra pública que existía entonces en aquella provincia, fue nombrado profesor-ayudante de la Escuela, y poco después, secretario.

Su extraordinaria cultura matemática y aquel don singularísimo para exponer que poseía, dieronle tan grande fama entre compañeros y discípulos, que llegó a considerársele como insustituible en el desempeño de sus cátedras, y en dos ocasiones en que quiso abandonar la Escuela para dedicarse a la enseñanza privada, le fue denegada la autorización.

Se condeule Echegaray en sus *Recuerdos* de aquel egoísmo colectivo que le privó de ganar *millones*, si se hubiera dedicado a la preparación; pero no pudo resistir a las insistentes súplicas de sus compañeros. "Desde entonces-dice-grité: ¡libertad e individualismo!, y ese fue en efecto, su grito de guerra en todas sus andanzas posteriores.

No se puede dudar que si Echegaray hubiera consagrado su pasmosa actividad y su gran inteligencia a las ciencias matemáticas, que fueron los amores de su vida, tendría España un matemático que colocar al lado de los más celebrados de otras naciones, y él mismo hubiera sido un soberano mentís a su famosa invectiva contra la ciencia española, que fue el tema de su discurso de recepción en la Academia de Ciencias.

Por egoísmo del Cuerpo, permaneció en la Escuela largos años; elevó considerablemente el nivel de las enseñanzas y enriqueció la literatura científica con numerosas Memorias, folletos, apuntes y artículos, que fueron sólido cimiento de su gran reputación; mas...¡triste prosa de la vida!, el provecho material que obtuvo fue nulo, y la situación económica de Echegaray en aquel tiempo dejaba mucho que desear.

Y fue entonces cuando, despertándose sus viejas aficiones por la literatura dramática, pensó si tomando este nuevo rumbo mejoraría su posición.

Como lo pensó lo hizo, y dióse desde aquel instante con entusiasmo a concebir dramas y escribir versos, dramas y versos que guardaba e iba acumulando en el cajón de su mesa.

Del Echegaray alumno, del Echegaray profesor, del mismo que se sentara delante de esta misma mesa donde ahora enjaretamos estas desabridas crónicas, del que mirara, temeroso todos los días al entrar en clase la esfera del mismo reloj de péndola de French que hoy ocupa un rincón de la sala de Juntas y que fue la pesadilla de muchos en tiempos de Subercase; de ese Echegaray, en fin, tan interesante para los que nos honramos con el mismo título a cuyo prestigio él contribuyó como nadie, quisiéramos hablar ahora con gran lujo de noticias. Pero... ¡son tan escasas las que de ese Echegaray tenemos!

Sólo sabemos por sus discípulos que fue el prototipo del orador de cátedra: conciso y ordenado en la exposición, luminoso y preciso al buscar la imagen que aclarase el concepto "para fijar las ideas", según sus propias palabras y tan extraordinariamente ameno en sus explicaciones que a sus clases asistían los alumnos como si a asistir fueran a un encantador espectáculo.

Y cuenta que las materias que él explicaba no eran por su naturaleza las más apropiadas a un decir ingenioso y sugestivo; pero él todo lo suplía con su viva imaginación de artista y la fuerza universal de su talento, conciliando como pocos las más opuestas aptitudes. Matemático y poeta, político y economista, literato y orador, siempre tuvo a su alcance innumerables recursos para dar amenidad y belleza a sus explicaciones y escritos.

La hermosa colección de artículos que, bajo el epígrafe *Ciencia popular*, editó el Cuerpo en ocasión del homenaje que la nación entera le rindió un día como tributo a su genio, es la muestra mas brillante de aquella diversidad de conocimientos y de aquel decir galano y atractivo que poseía", ◆

Duplicación de la línea de ferrocarril Sevilla-Cádiz

Tramo Aeropuerto de Jerez de la Frontera-Cádiz. Subtramo El Portal

Duplication of the Seville-Cadiz railway line. Jerez de la Frontera Airport-Cadiz section

Julio César Valdivieso Roldán. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Jefe de Obra. jvr@isoluxcorsan.com

Jesús Molinero Gil. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Director de las Obras. jmolinero@fomento.es

Resumen: Con el fin de atender el creciente tráfico ferroviario sobre la actual línea ferroviaria Sevilla-Cádiz, por la que discurren viajeros de las Unidades de Cercanías, Regionales y Grandes Líneas de Renfe, se están realizando obras de modernización para aumentar su capacidad por duplicación de la vía única actual. Con ello también se eliminarán los tres actuales pasos a nivel existentes, se solucionará la inundabilidad que produce incluso en época de lluvias, interrupciones del servicio ferroviario, mediante la construcción de un viaducto, y se mejorará en general las prestaciones de la línea.

Palabras Clave: Línea de ferrocarril, Viaducto, Duplicación de vía

Abstract: In order to meet the increasing railway traffic on the current Seville-Cadiz railway line which has to carry suburban, regional and long-distance trains, modernization works are currently underway to double up the existing single track. These works will eliminate the three existing level crossings, solve problems of flooding and interruption to railway services through the construction of a viaduct and will general improve the performance of the line.

Keywords: Railway line, Viaduct, Double track

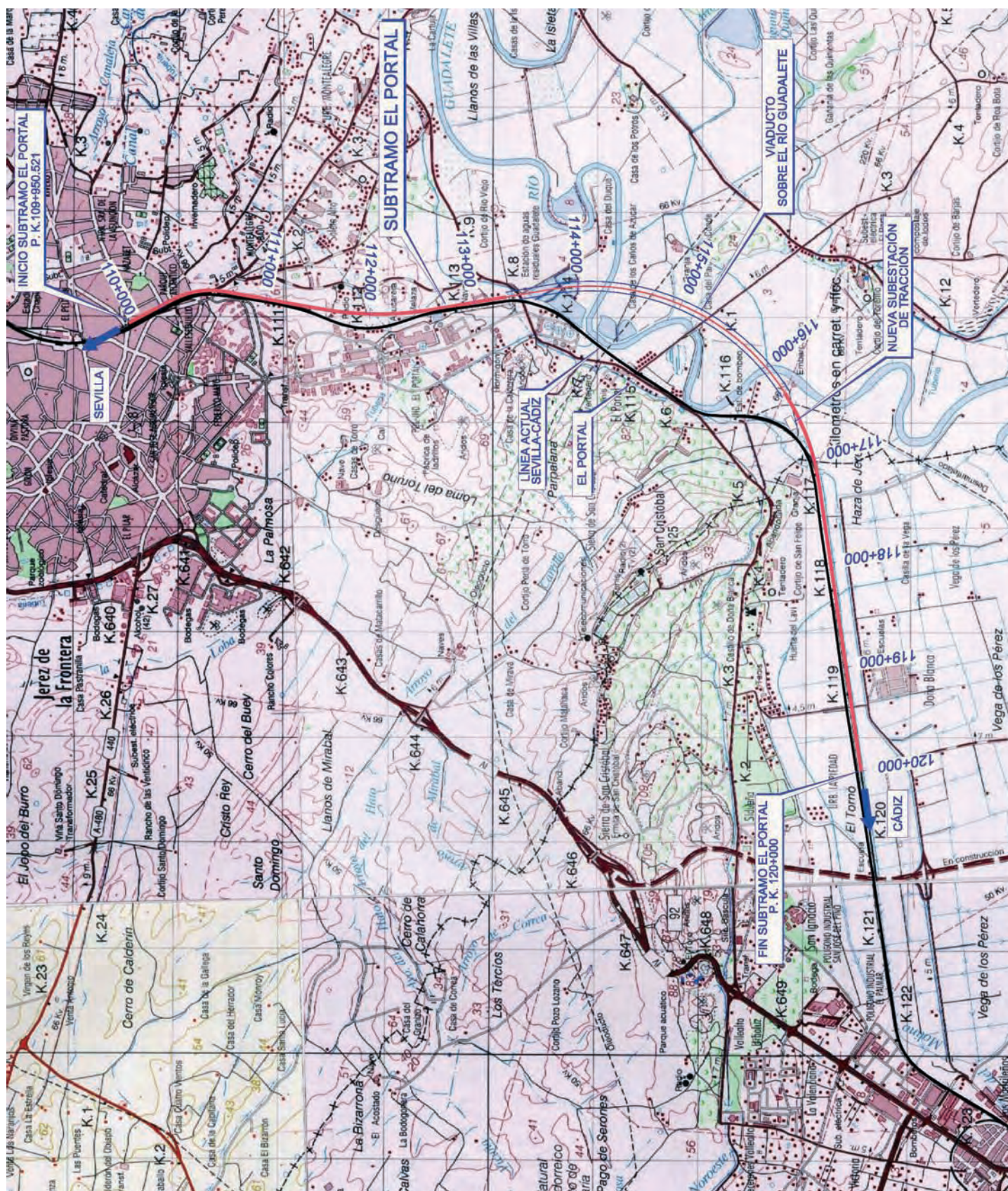
Breve referencia histórica

George Stephenson, padre del ferrocarril e ingeniero multifacético, que además de los trenes diseñó todos los viaductos, túneles y estaciones que necesitaba para establecer sus líneas, en una visita realizada a la Península Ibérica, manifestaba sus dudas sobre la posibilidad de construir ferrocarriles en la geografía española. Si bien no estaba equivocado, pues los principales motores del desarrollo ferroviario, alta densidad demográfica e industrialización, andaban maltrechos en los inicios del siglo XIX, es en la zona donde nos encontramos, Jerez de la Frontera y concretamente El Portal, donde surgen las primeras iniciativas de carácter privado, fomentadas por el auge de la industria vinatera, que desmontarían las argumentaciones de Stephenson.

En 1829, justo cuando estaba a punto de finalizar la construcción en Inglaterra, por George Stephenson, de la famosa línea entre Manchester y Liverpool, un empre-

sario gaditano, José Díez Imbrechts, conocedor de primera mano, por su ascendencia inglesa, de los adelantos conseguidos por el primero en el ferrocarril de Stockton a Darlington, propone construir la línea de Jerez a El Portal. Se trataba de la concesión para la construcción y explotación de una línea de ferrocarril, de 5,83 kilómetros de longitud entre Jerez y la localidad de El Portal donde, sobre el río Guadalete, se construiría un muelle, con el fin de transportar las botas de vino que hasta entonces se hacía mediante carros, para luego embarcarlas en pequeños barcos que las transportarían por dicho río hasta los navíos fondeados en la Bahía de Cádiz. Dicha concesión fue otorgada por Fernando VII mediante R.O. de 23 de septiembre de 1829 y por un período de cincuenta años y confirmada posteriormente por otra R.O. de 16 de julio de 1830.

Díez Imbrechts pensaba obtener del capital privado la financiación necesaria para la línea de ferrocarril. El empresario gaditano, que mantenía relaciones comer-



ciales con financieros ingleses y españoles, creó, a tal efecto, una sociedad de la que formó parte el editor y hombre de negocios sevillano Marcelino Calero y Portocarreño, afincado en Londres, conocedor también de la evolución de los ferrocarriles en Inglaterra. Precisamente, fue Calero Portocarreño, tras desistir del proyecto Díez Imbrechts al no llevarse a cabo las suscripciones que permitieran crear dicha sociedad, el solicitante de una nueva concesión para construir la línea entre Jerez, Sanlúcar de Barrameda, el Puerto de Santa María y Rota, que se concedió el 28 de marzo de 1830, por veinticinco años. Para ello, Calero Portocarreño constituyó una empresa denominada "Empresa del camino de hierro de la reina María Cristina".

Desgraciadamente y pese a los propósitos de Díez Imbrechts y de Calero Portocarreño, dichas iniciativas no prosperaron y no es hasta 1857 cuando se inicia la construcción de las líneas Sevilla-Jerez y Puerto Real-Cádiz. Los trabajos terminarían cuatro años después. En 1861 se constituye la nueva sociedad explotadora, Compañía de Sevilla-Jerez-Cádiz, que había asumido previamente la línea de Jerez a Trocadero (Puerto Real). De este modo se vislumbran los primeros pasos para articular ferroviariamente la zona de influencia de la bahía gaditana, tan necesitada de acompasar sus infraestructuras a la exportación de sus incomparables caldos.

Descripción de la obra

La actuación que se ejecuta supone el último paso hacia la modernización de la línea de ferrocarril Sevilla-Cádiz. Sobre la base de aquellas iniciativas casi heroicas de Díez Imbrechts y Calero Portocarreño, por la actual línea discurren viajeros de las Unidades de Cercanías, Regionales y Grandes Líneas de RENFE así como mercancías de la Unidad de Cargas y Transporte Combinado, siendo predominante el tráfico de viajeros.

Las obras planificadas, proyectadas y dirigidas por la DIRECCIÓN GENERAL DE FERROCARRILES DEL MINISTERIO DE FOMENTO, contemplan la adecuación de la línea Sevilla-Cádiz, aumentando su capacidad por duplicación de la vía única actual y mejora de sus características, complementando así la reducción en los tiempos de viaje que se consigue en la línea de alta velocidad Madrid-Córdoba-Sevilla.

Concretamente, el subtramo de El Portal se inicia en la cabecera lado Cádiz de la estación de Jerez de la Frontera y finaliza unos 4 kilómetros antes de la estación de El Puerto de Santa María, entre los PP.KK. 109+950,521 y 120+000 de la línea Sevilla-Cádiz.

La traza se desarrolla en la vertiente atlántica de la provincia de Cádiz, en los municipios de Jerez de la



Frontera y El Puerto de Santa María. La línea actual tiene su origen, como ya hemos visto, en la agrupación de varios tramos construidos en la segunda mitad del siglo XIX mediante concesiones a diferentes sociedades. Posteriormente se han realizado modificaciones parciales, especialmente en la zona más conflictiva del río Guadalete.

El trazado actual discurre por terrenos del terciario y cuaternario. A lo largo de la traza, desde la salida de Jerez de la Frontera, se atraviesan terrenos del terciario del tipo margoso, pasando por antiguos cauces fluviales abandonados en las proximidades de la estación de El Portal. Hay que destacar los problemas de inundabilidad que existen actualmente en las zonas próximas a la citada estación, provocando incluso en época de lluvias la interrupción del tráfico ferroviario.

Actualmente, el tramo consta de vía única, electrificada con catenaria apta para 140 km/h, que se alimenta desde las subestaciones eléctricas de tracción de Jerez de la Frontera y Puerto Real, y armamento formado por carril de 54 kg/m y traviesas de hormigón RS. El subtramo incluye la estación de El Portal y tres pasos a nivel, el más importante de ellos en El Portal.

Panorámica aérea completa del Viaducto, 3.221,70 m. Tramos 1, 3, 5 y 7 ejecutados. Tramos 2, 4 y 6 en ejecución.



Hinca de pilotes prefabricados en Tramo 1, dentro de Balsas Azucarera El Portal.



Ejecución de encepados pilotados con pilotes prefabricados hincados, dentro de Balsas Azucarera El Portal.

Con el fin de atender el creciente tráfico ferroviario, eliminar los pasos a nivel existentes, solucionar la inundabilidad del tramo más próximo al río Guadalete y mejorar en general las prestaciones de la línea, se proyectan, entre otras, las actuaciones que se relacionan a continuación:

- Construcción de dos variantes, una en tierras de aproximadamente 1.100,00 m y otra en estructura que incluye un viaducto de 3.221,70 m de longitud sobre la vega del río Guadalete
- Duplicación de vía en todo el subtramo
- Adaptación de todo el subtramo para alta velocidad, incluyendo las actuaciones necesarias sobre la electrificación, las instalaciones de seguridad y comunicaciones, la plataforma y la propia vía
- Supresión de los tres pasos a nivel existentes
- Construcción de una nueva subestación eléctrica de tracción y de su línea de acometida
- Demolición y levante de vía e instalaciones ferroviarias en los tramos que queden sin servicio en el trazado actual a causa de las obras proyectadas.
- Cerramiento de todo el subtramo
- Supresión del Apeadero de El Portal

Viaducto sobre el río Guadalete

Es una obra singular en la que se ha conseguido armonizar la geometría de sus formas con el impacto visual que suponía, a priori, la construcción sobre los terrenos de la vega del Guadalete de una estructura continua de más de 3 Km que resolviera definitivamente los problemas de inundabilidad del tramo y la supresión de tres pasos a nivel.

Se desarrolla entre los PP.KK. 113+314,500 y 116+536,200 del tramo con una longitud total de 3.221,70 m. El trazado del viaducto comienza en una recta de aproximadamente 600 m y, a continuación, tras una transición, adopta una curva de radio 2.200 m, con giro a la derecha.

Tras cruzar en su arranque la carretera que comunica la AP-4 con El Puerto de Santa María, entre los PP.KK. 113+450 y 113+980 se cruzan tres balsas de decantación de aguas residuales de Azucarera Ebro Agrícolas, S.A. El río Guadalete se cruza en dos ocasiones: en el P.K.



114+240 y en el P.K. 116+010; y la carretera CA-2011 en el P.K. 115+260. Finaliza en el P.K. 116+536,200.

Proyectado por la Oficina de Proyectos de Carlos Fernández Casado, por los ingenieros Javier Manterola Armisen y Antonio Martínez Cutillas, la solución cumple todos los requisitos funcionales y estructurales correspondientes a un puente de ferrocarril y al mismo tiempo se adapta a las condiciones específicas del paisaje, caracterizado, fundamentalmente, por una vega inundable muy llana. La opción finalmente elegida es fruto del compromiso entre los distintos condicionantes geométricos, económicos, geotécnicos, constructivos y medio ambientales.

Los dos condicionantes principales de la estructura son, por un lado su gran longitud y por otro las condiciones de cimentación sobre un estrato blando de más de 25,0 m de espesor, especialmente inadecuado para resistir los esfuerzos horizontales provenientes de las fuerzas de arranque y frenado de las composiciones ferroviarias. La longitud del viaducto ha obligado a un estudio tipológico que contemplara los problemas de interacción vía-tablero ante las deformaciones impuestas y la disposición de juntas en el carril y el tablero así como la forma de resistir las fuerzas horizontales indicadas. En dicho estudio se han

Panorámica del Tramo 6, segundo cruce del río Guadalete. En ejecución los macizos de conexión arco-viga.

Ferrallado encepado Pila Tramo 1.



Cuadro 1			
Tramo	Longitud (m)	Nº Vanos	Luz (m)
1	823.50	27	30.50
2	207.00	2	30.00
		3	49.00
3	810.00	27	30.00
4	207.00	2	30.00
		3	49.00
5	547.20	18	30.40
6	207.00	2	30.00
		3	49.00
7	420.00	14	30.00
Total	3221.70	101	

analizado los distintos problemas resistentes, constructivos y ambientales.

Desde el punto de vista estructural ha sido necesario compatibilizar la resistencia a las acciones horizontales de frenado y sismo con la máxima liberación de las deformaciones impuestas debidas a la temperatura, fluencia y retracción. Para conseguir una adecuada explotación de la vía se ha estimado oportuno no disponer juntas de dilatación en la misma, por lo que las longitudes máximas de viaducto entre juntas queda limitada en torno a 200 m con el fin de evitar sobretensiones en el carril por problemas de interacción vía-tablero. Por otro lado y, con el fin de dar cumplimiento a la Declaración de Impacto Ambiental, se consideró adecuado disminuir en lo posible el número de apoyos en los cauces del río. La búsqueda de soluciones constructivas industrializadas llevó a la prefabricación como procedimiento óptimo en un viaducto de gran longitud como el objeto de proyecto.

La solución finalmente adoptada está formada por un tablero de vigas prefabricadas de 1,90 m de canto separadas 4,30 m con un ancho total de plataforma de 13,0 m. Estas vigas permiten salvar una luz tipo en torno a los 30 m en la mayor parte de la longitud del viaducto, y, mediante la adición de una estructura complementaria formada por dos semiarcos prefabricados, salvar de forma excepcional luces de 49 m. Esta disposición permite con una estructura muy repetitiva superar los cruces singulares que ya se han mencionado anteriormente. Con estos criterios, el viaducto queda dividido en 7 tramos con las longitudes y distribución de luces que se ven en el Cuadro 1.

La introducción de los citados vanos singulares se realiza en forma de arcos continuos que permiten equilibrar las fuerzas horizontales de carga permanente en los vanos intermedios, creando, al mismo tiempo, una estructu-



Izado de un tramo de 24 m de ferralla para un pilote de $D=2.000$ mm. A la derecha, distintas fases del pilotaje del Tramo 6. En primer plano trabajos de perforación y soldadura de tramos de camisa perdida. Al fondo colocación de la jaula de ferralla en un pilote de $D=2.000$ mm.

ra bien encajada y novedosa. Desde el punto de vista constructivo, la prefabricación de la misma ha permitido alterar mínimamente el terreno circundante y agilizar los plazos de ejecución.

Tramos 1, 3, 5 y 7

Los Tramos 1, 3, 5 y 7 son los de mayor longitud: 2.600,70 m en total, formados por vanos isostáticos simplemente apoyados con luces comprendidas entre 30,00 y 30,50 m. El tablero está formado por dos vigas artesas de 1,90 m de canto de hormigón pretensado separadas entre sí 4,30 m y una losa de hormigón armado que completa la anchura total del tablero de 13,0 m. La losa tiene un espesor variable desde los 0,20 m en



Armado de la cabeza de un pilote $D=2.000$ mm.



el extremo hasta los 0,30 m en el centro de la misma para conseguir un bombeo transversal para el desagüe del mismo. La losa del tablero está formada por prelosas prefabricadas de 0,06 m de espesor, 13 m de longitud ocupando todo el ancho del tablero y un ancho de 2,50 m, con dos nervios que resisten los esfuerzos durante el hormigonado de la losa de compresión in situ.

Las vigas se apoyan sobre pilas con dos fustes con una sección rectangular variable desde 2,00 por 1,70 m en la parte superior con incremento de la dimensión transversal de las mismas por la cara exterior. Ambos fustes se unen a nivel de cimientos con una viga riostra de 1,75 m de canto.

Las pilas se han proyectado cimentadas sobre un conjunto de 25 pilotes prefabricados previamente hincados en el terreno.

Los pilotes prefabricados, de sección cuadrada con 0,4 m de lado y fabricados con hormigón HA-45, se disponen en una cuadrícula de 5 ud*5 ud con separación entre pilotes en sentido transversal de 2,5 m y en sentido longitudinal de 1,5 m. Los 16 pilotes del contorno exterior se disponen con una inclinación hacia fuera del encepado de 10° respecto a la vertical para colaborar a resistir los esfuerzos horizontales transmitidos por las pilas. Los pilotes tienen un tope estructural de 205 t y dicho tope se ha alcanzado para una profundidad media de 36 m. Las dimensiones del encepado son de 11,00 m * 7,00 m * 2,50 m.

Los estribos están formados por muros frontales y aletas laterales con una altura máxima de 4,135 m en el estribo 1 y 7,34 m en el estribo 2. La solución proyectada para su cimentación ha consistido en un encepado de dimensiones en planta 13,5 m en sentido transversal al puente, 6,5 m en sentido longitudinal y canto 2,50 m, sobre un conjunto de 28 pilotes prefabricados análogos a los de las pilas. Los pilotes prefabricados, se disponen en este caso, en una cuadrícula de 7 ud*4 ud con separación entre ejes de pilotes en sentido transversal de 2,083 m y en sentido longitudinal de 1,833 m. Los pilotes se disponen con una inclinación en la dirección longitudinal del viaducto, y siempre hacia fuera del encepado, variable según el estribo y la posición del pilote dentro del encepado.

El elevado número de elementos pilotados con esta solución, 88 pilas y los dos estribos, ha supuesto un reto importante, por una parte de logística para la fabricación y transporte de las piezas prefabricadas por parte de Terratest, empresa a la que se le subcontrataron los trabajos, y por otra para la propia organización de la obra, pues había que ir abriendo camino, no exento de dificultades por las características de los terrenos e infraestructuras atravesados, a tres equipos de hinca que han llegado a conseguir producciones punta de hasta 1.000 m diarios.

Los pilotes hincados se han sometido a un riguroso control de calidad consistente en un análisis de la integridad estructural a los 2.256 ejecutados y dos ensayos de capacidad mecánica por encepado. Ambos ensayos se basan en el método de la impedancia mecánica, que consiste en la medición de los tiempos de recorrido de una onda de choque provocada por un golpeo en la cabeza del pilote.

Debido al elevado número de pilas a ejecutar, 88 unidades, y el plazo de que se disponía, el Departamento de Producción de la obra junto con la empresa Sec (Soportes y Encofrados), han desarrollado tres juegos de encofrado que permiten adaptarse a las distintas alturas y cuya particularidad radica en que el hormigonado completo de cada pila se realiza de una sola



Trabajos de excavación de un encepado, dentro del cauce del Guadalquivir, de 5 pilotes de D=2.000 mm.



Trabajos de ferrallado de un encepado de 5 pilotes de D=2.000 mm.



Detalle armado parrilla inferior de un encepado de tramo hiperestático. Hasta 8 capas de D=32 mm.

PROCESO CONSTRUCTIVO, TRAMOS 2-4-6

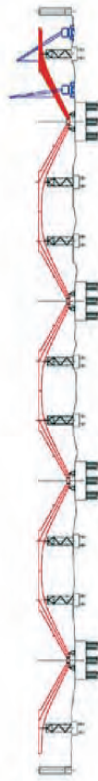
FASE 1: CONSTRUCCIÓN DE CIMENTOS, PUNTOS Y PILAS HIPERESTÁTICAS.



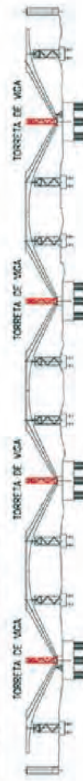
FASE 2: MONTAJE DE TORREJAS DE SEMIARCOS Y CABALLETES.



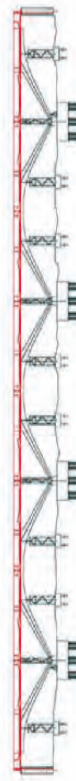
FASE 3: MONTAJE DE SEMIARCOS EXTERIORES E INTERIORES.



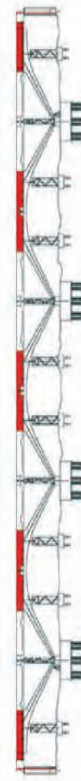
FASE 4: MONTAJE DE TORREJAS DE VIGAS



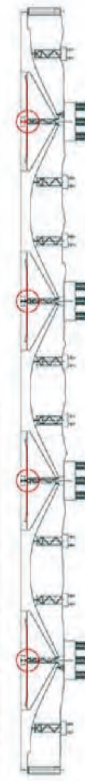
FASE 5: MONTAJE DE VIGAS INTERIORES Y EXTERIORES



FASE 6: HORMIGONADO DE LOS NERVIOS DE UNIÓN DE VIGAS Y SEMIARCOS



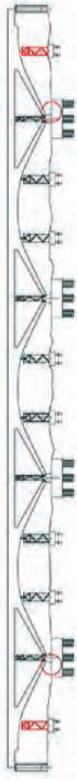
FASE 7: HORMIGONADO DE UNIONES ENTRE VIGAS Y TESADO



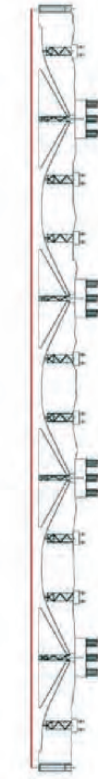
FASE 8: TESADO DE LA FASE 1ª DEL PRETENSADO DE CONTINUIDAD



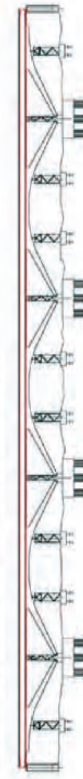
FASE 9: DESMONTAJE DE SEMIARCOS EXTERIORES



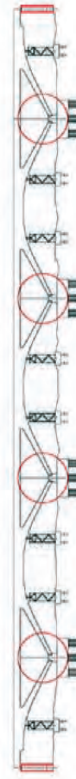
FASE 10: MONTAJE DE PRELOSAS, FERRALLADO Y HORMIGONADO DE LA LOSA DE TABLERO



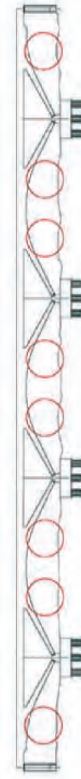
FASE 11: TESADO DE LA FASE 2ª DEL PRETENSADO DE CONTINUIDAD



FASE 12: DESMONTAJE DE TORREJAS SOBRE PUNTOS Y TESADO DE PILAS HIPERESTÁTICAS



FASE 13: DESMONTAJE DE TORREJAS DE SEMIARCOS



FASE 14: ACABADOS





Izquierda, colocación de fuste completo ferrallado, a la derecha, encofrado.

vez, lo que ha posibilitado producciones punta de hasta seis pilas semanales.

La construcción de estos tramos se ha llevado a cabo de forma muy industrializada; una vez construidas las cimentaciones y las pilas se ha realizado el montaje de las vigas y el de las prelosas prefabricadas para, posteriormente, hormigonar la losa de compresión in situ, finalizando la construcción del tramo con los acabados: juntas, impostas, barandillas, canaletas de conducciones e impermeabilización.

Tramos 2, 4 y 6

Estos tramos se han proyectado con un diseño excepcional con el fin de cruzar dos veces sobre el río Guadalete y la carretera CA-2011 con los gálilos precisos, cumpliendo además con el condicionado de la Declaración de Impacto Ambiental en cuanto a la disposición mínima de apoyos en el cauce del río.

Los tramos 2, 4 y 6 tienen todos una longitud constante de 207 m ($30 + 3 \cdot 49 + 30$) formados por tres arcos continuos con tablero superior de luces de 49,00 m y dos vanos apuntalados extremos de 30 m de luz. Conceptualmente se trata de una estructura complementaria que permite utilizar el mismo canto y tipología de tablero que para las luces de 30,00 m, proyectadas en los tramos isostáticos. Los arcos múltiples permiten equilibrar los esfuerzos horizontales de carga permanente transmitidos a la cimentación. Los puntales extremos transmiten dicha carga al tablero introduciendo una fuerza de tracción de extremo a extremo por lo que es necesario establecer la continuidad del mismo en todo el tramo. Sobre los arcos gravitan coincidentes con su eje, las dos vigas artesas prefabricadas de canto 1.90 m, que se funden con los mismos cuando estos ascienden, con lo que el tablero parece cabalgar sobre ellos cada cierto tiempo. Para mantener el concepto de construcción industrializada, cada uno de los arcos sobre los que se apoya cada viga está formado por dos semiarcos prefabricados iguales. La

adaptación al perfil del terreno se realiza con un plinto de altura variable sobre los encepados.

El ancho de los arcos es variable entre los 1,207 m en arranques y un valor también variable en clave entre los 1,186 y 1,213 m, articulándose mediante una rótula cilíndrica en los plintos y ascendiendo hasta el contacto con las vigas, con una geometría especialmente diseñada para su apoyo y conexión.

Las cimentaciones de los arcos se han diseñado para resistir las acciones horizontales desequilibradas de la sobrecarga de uso. Dada la importancia que en este tipo de estructuras tienen las condiciones de rigidez del conjunto suelo-cimiento, se ha tenido en cuenta la matriz de rigidez conjunta en la evaluación de los esfuerzos y desplazamientos. Dichas cimentaciones están formadas por 5 pilotes ejecutados in situ de 2,00 m de diámetro, con camisa perdida, diseñados para resistir dichas acciones horizontales. Los encepados tienen una dimensión de 12,90 m por 10,50 m y 3,0 m de canto. Las profundidades de los pilotes varían desde los 39,00 hasta los 54,00 m.

Desde el punto de vista geotécnico nos encontramos con una situación similar para los tres tramos proyectados con esta solución, la llanura aluvial del Guadalete, que a grandes rasgos se caracteriza por la presencia de un estrato con espesor de 30 m compuesto por depósitos aluviales, por debajo de los cuales se encuentra el sustrato terciario (margas grises y arcillas margosas) y, en algunas zonas el Keuper Triásico que desplaza en su ascenso diapírico a los materiales terciarios (intercalaciones de yesos).

Cuatro han sido las principales dificultades que se han presentado en la ejecución de estos pilotes:

- Longitud de la perforación: se han alcanzado los límites mecánicos de los equipos de pilotaje dispuestos por la empresa a la que se confiaron los trabajos, Terratest, puesto que además de los 54 m útiles de algunos pilotes se ha tenido que perforar el exceso correspondiente a la plataforma de trabajo, que en el caso de los cauces ha supuesto hasta 10 m más, por lo que la longitud total de perforación ha llegado a superar en algunos casos los 64 m.
- Presencia de una capa de gravas a unos 25 m de profundidad: dicha capa ha provocado el rechazo en la hinca de la camisa, sin embargo al perforar por debajo de la punta de la misma se producían derrumbes del terreno que la circundaba. En determinados momentos, nos hemos visto obligados a ejecutar perforaciones perimetrales a la camisa al objeto de descomprimir el terreno en punta y facilitar así la progresión de la misma hasta empotrarla en el terreno firme inferior.



Hormigonado en una fase, abajo, desencofrado.



Plinto de apoyo de semiarcos. En la parte superior se observan los huecos en los que se materializa la rótula.



Arriba, montaje de vigas en Tramo 1, dentro de Balsas de Azucarera El Portal. Abajo izquierda, detalle cogida semiarco prefabricado interior, en Tramo 4. Abajo derecha, colocación de semiarco prefabricado interior, en Tramo 6. Se pueden observar las torretas metálicas provisionales y al fondo los caballetes guía de apoyo en las rótulas.





Tramo 1
ejecutado y en
servicio las
Balsas de
Azucarera El
Portal.

- Extraordinaria dureza del material del empotramiento: como antes se ha señalado, la presencia de yesos de elevada resistencia, ha hecho ardua y compleja la perforación del material del empotramiento, con rendimientos, en algunos momentos, inferiores al metro por equipo y día.
- Armado de los pilotes: excepcional, de hecho Armacentro, empresa líder en el sector y subcontratada a tal efecto por la UTE, nunca ha realizado otros con tanto armado. En la cabeza, zona de mayor armado para su empotramiento en el encepado, cuentan con 158 barras $\varnothing 32$ como armadura longitudinal, dispuestas estratégicamente en tres capas, y como armadura transversal un $\varnothing 16$ cada 7 cm. Las jaulas que componen la cabeza de los pilotes, fabricadas en 12 m de longitud, pesan 1.200 kg por metro, es decir unas 15 toneladas sólo la cabeza, pe-

sando el pilote completo una vez montado hasta 37 toneladas.

Para la industrialización del proceso de fabricación, pues las tolerancias geométricas en el acabado eran muy estrictas, se diseñó una pilotera especial, que además de resistir tan descomunal peso conformara la ferralla de acuerdo con las exigencias de acabado.

Al objeto de mejorar la producción y cumplir los plazos impuestos, se han dispuesto en obra medios excepcionales. Las jaulas de 12 m, en unos casos, y largo especial de 16 m en otros, eran solapadas en horizontal junto a los tajos, conformando tramos de 24 m, con el fin de reducir al mínimo posible los tiempos de los solapes a ejecutar sobre la vertical del pilote. El equipo de obra diseñó una serie de útiles compuestos por bastidores y poleas con el fin de facilitar la colocación en vertical por las grú-



Vista aérea Tramo 4. Montados los arcos prefabricados y las vigas. Ejecutándose los macizos de conexión arcos-vigas. Abajo, vista aérea Tramo 6. Montados los arcos prefabricados. En fase de montaje las torretas provisionales sobre pilintos.





Montaje de viga exterior de un tramo hiperestático. Obsérvense las ventanas en la parte inferior de la viga para enhebrar las esperas de arco. A la izquierda se pueden ver los torones de 12 Ø 0,6" correspondientes al postesado vertical listos para enhebrar en las vainas de la viga.

as, de las piezas premontadas y acopiadas horizontalmente.

Si son singulares los pilotes, no lo son menos los encepados, por un lado debido a su ubicación, en algunos casos (cuatro de los doce ejecutados) dentro del propio cauce del Guadalete, lo que ha exigido para su excava-



Detalle cabeza viga exterior. Se observan ya enfilados los torones correspondientes al postesado de continuidad que recorre las vigas por su parte inferior. 4 torones de 24 Ø 0,6" y 1 de 18 Ø 0,6".

ción de un recinto de tablestacas hincadas hasta 16 m y excepcionalmente arriostradas a base perfiles HEB-300 y por otro a la elevada cuantía de sus armaduras, con hasta 8 capas del Ø 32 en su parrilla inferior.

El montaje de los tres tramos hiperestáticos se está llevando a cabo en 14 fases:

- FASE 1: construcción de cimientos, encepados y plintos, tanto de los 4 apoyos definitivos de cada tramo como de los 16 apoyos provisionales en los que descansan las torretas metálicas sobre las que se apoyan los arcos hasta que se consigue materializar su unión en la clave. Dada la escasa capacidad portante del terreno, ha sido necesario pilotar incluso los apoyos provisionales, para los que se han dispuesto 4 pilotes prefabricados hincados de 400 mm por apoyo, análogos a los empleados en la cimentación de los tramos isostáticos.
- FASE 2: montaje de torretas metálicas provisionales y caballetes-guía en los apoyos de las rótulas.
- FASE 3: montaje de semiarcos exteriores e interiores. Una vez montadas las piezas prefabricadas, se procede a ferrallar y hormigonar la clave de los tres arcos interiores, materializando así su continuidad. Conseguida la resistencia exigida al hormigón, se procede al descimbrado de los arcos interiores.
- FASE 4: montaje de torretas metálicas provisionales sobre los plintos para permitir el montaje de las vigas.
- FASE 5: montaje de vigas, tanto interiores como exteriores.
- FASE 6: hormigonado de nervios de unión que materializan la unión de las vigas a los arcos.
- FASE 7: hormigonado de uniones entre vigas y tesaado. La unión entre las vigas exteriores e interiores se materializa con dos torones de 24 Ø 0,6". Entre vigas interiores se disponen dos torones de 18 Ø 0,6".
- FASE 8: tesaado de la fase 1ª del pretensado de continuidad. En este momento, se puede realizar el tesaado de los dos torones de 24 Ø 0,6" de la fase 1ª del pretensado de continuidad que recorre de extremo a extremo todo el tramo.
- FASE 9: descimbrado de semiarcos exteriores.
- FASE 10: montaje de prelasas, ferrallado, colocación de vainas y hormigonado de la losa de compresión.

- FASE 11: tesado de la fase 2ª del pretensado de continuidad, compuesto por 3 torones de 15 Ø 0.6", 2 de 24 Ø 0.6", 1 de 18 Ø 0.6" y 6 de 12 Ø 0.6".
- FASE 12: descimbrado de torretas sobre los plintos y tesado vertical de las dos pilas extremas del tramo mediante 2 torones de 12 Ø 0.6" por fuste anclados dentro del encepado.
- FASE 13: desmontaje de torretas de semiarcos.
- FASE 14: acabados. Ejecución de muro guardabala-
lasto, colocación de impostas, canaleta de comuni-
caciones y barandilla y ejecución de impermeabiliza-
ción.

En una estructura de tanta longitud y con tal canti-
dad de piezas a prefabricar ha resultado definitivo dispo-
ner prácticamente a pié de obra, de la planta de prefa-
bricados que TYPESA (empresa del Grupo ISOLUX
CORSÁN) construyó, a tal efecto, en tiempo record, tres
meses, una vez le fueron subcontratados por la UTE los
trabajos de prefabricación y montaje. Además, dicha
empresa puso desde el principio a disposición del Proyec-
to, y en colaboración directa con los proyectistas, a su
Oficina Técnica dirigida por el Ingeniero de Caminos, Ca-
nales y Puertos Javier María López García, con amplia ex-
periencia en el sector de los prefabricados.

Con ello se han conseguido unos altos rendimientos,
tanto en la fabricación, pues la planta se ha dedicado
exclusivamente a la obra mientras ésta así lo ha deman-
dado, como en el montaje debido a la escasa distancia
entre ésta y el centro de gravedad de la obra (unos 4
Km) lo que ha simplificado extraordinariamente el trans-
porte de las piezas, algunas de ellas muy singulares como
es el caso de los arcos, con mínima afección al tráfico.
Dichos arcos se han transportado a obra sobre unas pla-
taformas continuas de 16 ejes, en una posición práctica-
mente equivalente a su definitiva en obra, exigiendo en
algunos casos el transporte nocturno por la necesidad de
cortes de tensión en la catenaria de la vía en servicio, ya
que, se pasaba a escasos centímetros de la misma.

El pretensado, tanto de las vigas isostáticas como
las hiperestáticas, está diseñado sólo con armadura
activa postesa. Con esta solución se ha conseguido ir
bastante por delante en la fabricación respecto a la
obra ejecutada in situ, sin importar el tiempo de per-
manencia en acopio de las piezas prefabricadas,
puesto que la contraflecha, a veces problemática
cuando los ritmos de la obra y la prefabricación no
van acompasados, se ha controlado perfectamente
gracias a la solución proyectada, permitiendo que el
postesado definitivo de cada pieza no se ejecutara
hasta 15 días antes de su montaje en obra.



Detalle Tramo 1, cruzando Balsas de Azucarera El Portal.



Demolición con corte de catenaria y vía del antiguo Paso Superior de Doña Blanca.



Montaje de vía 1 en los tres últimos kilómetros del tramo. Vía actual en servicio.

Otra innovación de la prefabricación que se ha acometido ha sido el empleo, para la ejecución de las piezas prefabricadas, de moldes completamente cerrados, incluso en el interior de las vigas, y de hormigones autocompactables, lo que ha posibilitado acabados de extraordinaria calidad.

En la actualidad están completamente ejecutados los tramos isostáticos y se ultima el montaje de los tres tramos hiperestáticos.

Indicar, por último, que la DIRECCIÓN GENERAL DE FERROCARRILES DEL MINISTERIO DE FOMENTO tiene prevista la puesta en servicio de este tramo de doble vía a finales de Abril del 2007. ♦

FICHA TÉCNICA

Nombre de la obra:

LÍNEA SEVILLA-CÁDIZ. TRAMO AEROPUERTO DE JEREZ DE LA FRONTERA-CÁDIZ. DUPLICACIÓN DE VÍA. SUBTRAMO EL PORTAL

Promotor:

MINISTERIO DE FOMENTO. DIRECCIÓN GENERAL DE FERROCARRILES

Dirección del Proyecto:

1º JEFATURA DE PROYECTOS DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE FERROCARRILES. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos Director del Proyecto: Leonardo Daimiel Pérez

Consultoría y Asistencia para redacción del Proyecto General:

SENER Ingeniería y Sistemas, S.A.

Autor del Proyecto General:

Álvaro Relaño Rojo. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Autor del Proyecto del Viaducto sobre el río Guadalete:

CARLOS FERNÁNDEZ CASADO, S.L. Oficina de Proyectos. Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos: Javier Manterola Armisen y Antonio Martínez Cutillas

Asistencia Técnica:

SGS TECNOS, S.A. y ARDANUY EN UTE

Empresas Constructoras:

CORSÁN-CORVIAM CONSTRUCCIÓN, S.A. (Grupo ISOLUX CORSÁN) y GEA 21, S.A., EN UTE. EL PORTAL UTE

Director de las Obras:

Jesús Molinero Gil. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Ayudante Director de las Obras:

José Meneses Garde. Ingeniero Técnico de Obras Públicas.

Asistencia Técnica:

Gerente: José Espinós Espinós. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Jefe de Unidad: Javier Romero Nieto. Ingeniero Técnico de Obras Públicas.

Gerente de la Constructora: José Luís Marcos Sebastián. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Jefe de Obra: Julio César Valdivieso Roldán. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Jefes de Producción del Viaducto: Rubén Zamora Aguilera y Francisco Javier Ramos-Catalina Rivero. Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

Presupuesto Total:

96.061.651,70 €

Principales Características y Capítulos de Obra:

Longitud total de la obra: 10.049,479 m
Longitud en duplicación: 4.509,479 m
Longitud en variante: 5.540 m
Longitud del Viaducto: 3.221,70 m

Movimiento de tierras:

Excavaciones: 466.849 m³
Terraplenes de préstamo: 218.782 m³
Columnas de grava f 800 mm en tratamiento asiento terraplenes: 48.806 m
Capa de forma: 63.374 m³
Subbalasto: 27.918 m³

Drenaje:

Longitud de cunetas: 9.283 m
Caños drenaje transversal: 8 u

Estructuras:

Longitud de pilotes Ø 2.000 mm ejecutados in situ: 2.795 m
Longitud de pilotes prefabricados hincados 400*400 mm: 88.000 m
Hinca y extracción de tablestacas: 25.285 m²
Hormigón estructural in situ: 46.156 m³
Acero pasivo montado in situ: 6.829.872 kg
Acero especial para postesado in situ: 339.807 kg
Vigas prefabricadas artesas de canto 1.90 m y luz media 30 m: 220 u
Semiarcos prefabricados de luz 24.50 m: 48 u
Vigas prefabricadas doble T de canto 0.80 m: 229 m
Prelosas prefabricadas: 42.027 m²

Montaje de vía:

Balasto: 54.396 m³
Traviesas PR-90: 32.834 u
Carril UIC-60: 39.400 m

Electrificación:

Longitud de catenaria CR-220: 20,2 Km
Subestación de tracción: parque de alta tensión y edificio de continua con dos grupos rectificadores de 3.300 KW para alimentación de catenaria a 3.300 V cc
Alimentación subestación: 2.100 m de línea eléctrica 66 KV

Seguridad y comunicaciones: Instalación del sistema A.S.F.A. (Anuncio de señales y frenado automático para alta velocidad) y modificación del enclavamiento ENCE 90 de la Estación de Viajeros de Jerez

Longitud caminos de servicio: 15.000 m
Longitud de cerramientos: 13.000 m
Medidas medioambientales correctoras: extendido de tierra vegetal en taludes, hidrosiembras y plantaciones
Reposición líneas eléctricas: 10 u
Reposición líneas telefónicas: 2 u
Reposición oleoducto: 1 u
Reposición red abastecimiento Cádiz: tubería f 1.300 mm

Desaladoras importantes en servicio

En los últimos años y al margen del Programa AGUA actualmente en vigor y que tiene entre otros objetivos aumentar la capacidad de desalación en la Costa Mediterránea, se han puesto en servicio varias desaladoras importantes, algunos de las cuales vamos a describir someramente.

Desaladora de Carboneras en Almería

Construida y gestionada por la UTE Endesa-Inima (OHL), está ubicada en el Campo de Nijar, término de Carboneras, tiene una capacidad nominal de 120.000 m³/día y mas exigencias de calidad del agua muy restrictivas ya que la sobreexplotación de los acuíferos estaba empeorando a gran velocidad el agua de riego existente debido a la salobridad, utilizándose aguas que superaban los 4.000 microhmios, llegando incluso a 8.000 y 9.000. Se trataba pues de un problema no sólo de cantidad de agua sino de calidad.

Criterios Generales del Proceso

Su descripción y principales características técnicas son la que se describen a continuación.

Captación y bombeo de agua de mar

La captación del agua de mar se hará mediante toma abierta dado el volumen de agua a suministrar y a la poca permeabilidad del terreno. Para ello se instalarán cuatro tuberías submarinas conectadas por el extremo del mar a un dado de hormigón para tomar el agua



Desaladora de Carboneras.

de una altura media de unos 10 metros, y por el otro extremo a unos decantadores que desembocan en la cántara de toma.

Pretratamiento físico-químico

La toma abierta de agua de mar en una zona de baja batimetría con presencia de algas, existencia de corrientes y tráfico marítimo, hacen que las labores de adecuación y tratamiento del agua de mar sean relativamente complejas y delicadas.

Los análisis de agua en la toma de captación revelan una salinidad de 55.000 us/cm, unos sólidos totales (TDS) de 39.200 ppm y una oxidabilidad de 25,6 ppm. Además, la curva de distribución de partículas indica que el 90% son menores de 4 micras, lo que da una idea de la dificultad del tratamiento adecuado de dicha agua.

Sucintamente, el pretratamiento químico consiste en añadir en la estación de bombeo el oxidante adecuado al objeto de eliminar la materia orgánica existente en el agua. La variabilidad de las características de la fuente es un factor importante a tener en cuenta a la hora de fijar la dosificación óptima. Una vez eliminada la materia orgánica

ca y previamente a la filtración del agua se eliminan los restos de oxidante que han podido que, añadiendo al agua de mar un reductor que actúe de forma inmediata y eficaz.

La primera filtración del agua de mar se realiza mediante filtros de arena a presión. Existen 44 filtros con una capacidad de 350 metros cúbicos hora, lo que permite funcionar a la Planta a plena capacidad cuando se está llevando dos de ellos. Su velocidad de filtración es menor de 8 metros cúbicos por metro cuadrado y hora. Cada uno contiene aproximadamente 40 Tm de arena.

Medidor automático del "Silt Density Index" S.D.I.

El S.D.I es un parámetro fundamental para controlar la calidad del agua de alimentación a las membranas de ósmosis Inversa, así como un indicador esencial de la eficiencia del pretratamiento físico-químico del proceso. De alguna manera nos indica el poder de atascamiento que tiene una determinada agua.

Dado la importancia del parámetro se ha diseñado un medidor automático del S.D.I., instalado en la línea de proceso y

dotado de tres puntos de muestreo:

- 1º. Antes de filtros de arena
- 2º. Después de filtros de arena
- 3º. Después de filtros de cartucho.

Bombeo de alta presión

Esta grupo tiene la misión fundamental de proporcionar la presión necesaria para conseguir vencer la presión osmótica del agua de aporte y las pérdidas de carga del sistema.

Se instalará una turbo-bomba por cada bastidor de 10.000 m³/día, más dos de reserva. Las bombas de alta presión serán de cámara partida y de alto rendimiento construidas en acero de calidad AISI 904 L. La turbina de recuperación será tipo PELTON de cámara partida con dos toberas dotadas de válvulas reguladoras motorizadas de entrada; los materiales serán de la misma calidad que las bombas.

Los datos básicos de estos equipos son: caudal 949 m³/h, presión 69 Kg/cm², potencia bomba 2048 Kw, motor eléctrico 1500 kw, turbina de recuperación 850 Kw.

El agua de mar a presión es enviada hacia las membranas de ósmosis: una parte, 427 m³/h, a menos de 1 Kg/cm² de presión se convertirá en agua dulce, conocida como agua producto, y el resto, 522 m³/h, a 67 Kg/cm² de presión se conoce como agua de rechazo o salmuera.

Bastidores de Ósmosis Inversa

Tras el paso del agua por la bomba de alta presión, el agua se vehicula a la unidad de de-

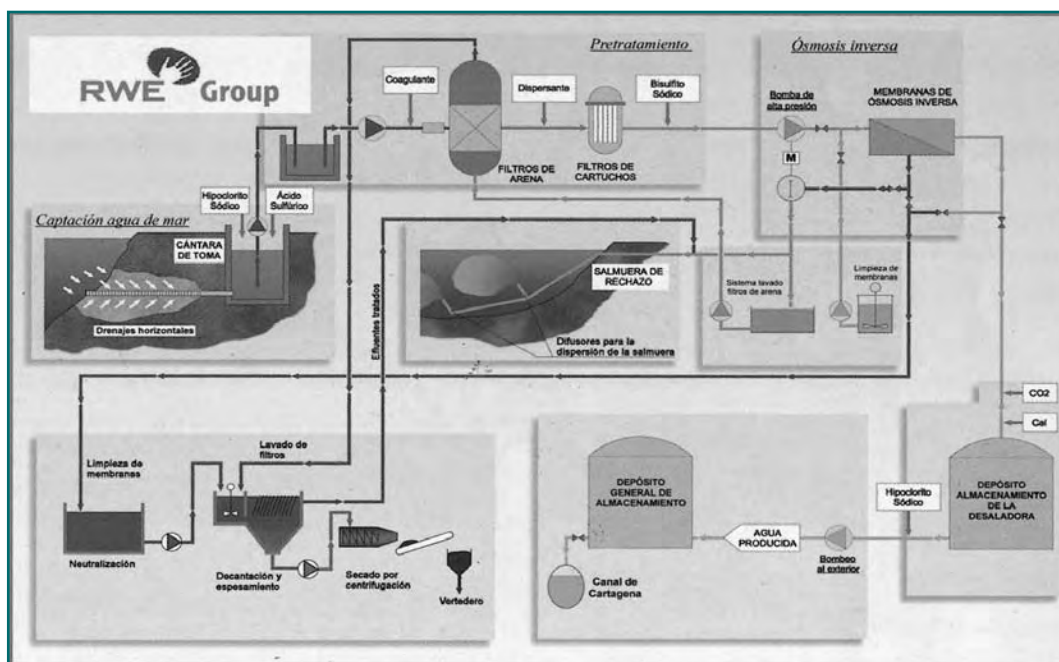


Fig. 1. Diagrama del proceso de la desaladora de San Pedro del Piñatar.

salación por ósmosis Inversa. Todas las impulsiones de las bombas de alta presión están unidas por un colector común lo que permite dar una flexibilidad de funcionamiento al sistema, de manera que cualquier bomba puede, funcionar con cualquier bastidor de membranas.

El conjunto de la planta se divide en dos módulos de 60.000 m³/día cada uno, y teniendo cada módulo seis bastidores de 10.000 m³/día

Desaladora de San Pedro del Piñatar en Cartagena

Gestionada y construida por Pridesa de 65.000 m³/día ampliable a 85.000 m³/día, la desaladora de San Pedro del Piñatar, también conocida como desaladora del Nuevo Canal de Cartagena, está situada al norte del Mar Menor, junto a la carretera que une San Pedro con el Mojón. Dicha carretera es la línea física que separa las

provincias de Alicante y Murcia.

La zona donde se ubica la desaladora presenta unos condicionantes mediambientales importantes. Así por ejemplo, los terrenos de la planta, limitan por un lado con la zona de protección del Espacio Natural de las Salinas de San Pedro del Piñatar y por otro con la desaladora de aguas salobres que trata los drenajes de la zona regable del Campo de Cartagena. El espa-

cio marino está adicionalmente propuesto como LIC prioritario (Franja Litoral Sumergida de la Región de Murcia - ES 6200029) debido a la presencia de Posidonia oceánica en buen estado de conservación.

Las características más importantes de esta desaladora se recogen en la tabla 1 y su diagrama de proceso en la fig. 1.

Aunque se trata de una desaladora con una dosificación de reactivos, un pretratamiento y

un sistema de recuperación de energía totalmente convencionales, posee tres singularidades:

- a) Su futura ampliación
- b) El vertido de la salmuera de rechazo
- c) La captación del agua del mar

a) Su futura ampliación

La desaladora, en su concepción actual, consta de nueve líneas de producción equipadas con turbinas de recuperación de energía tipo Pelton. Cada línea produce 7.225 m³/día de agua desalada con una conversión el 45%. La obra civil se ha dejado lista para recibir los equipos de una nueva línea de producción, lo que elevaría hasta 10 su número total.

Los bastidores de membranas, las tuberías de alimentación y rechazo de los mismos, etc. se han diseñado de forma que, en un futuro, pueda aumentarse la conversión de la planta hasta el 53%. Basta para ello instalar sobre dichos bastidores una segunda etapa de membranas alimentada por la correspondiente bomba booster.

En tales circunstancias, la producción de cada línea será de

Tabla 1. Características generales de la desaladora de San Pedro del Piñatar

Concepto	Situación	Ampliación
Caudal de agua desalada (m ³ /día)	65.000	85.000
Volumen anual producido(hm ³)	23	30,2
Procedimiento de captación	Drenes horizontales	Drenes horizontales
Número de líneas de producción (uds)	9	10
Caudal de cada línea (m ³ /día)	7.225	8.500
Conversión de trabajo (%)	45	53
Sistema de evacuación de la salmuera de rechazo	Emisario submarino con difusores	Emisario submarino con difusores
Cota de ubicación de la desaladora (m)	+4,00	+4,00
Cota de entrega del agua salada (m)	+ 86,00;	+ 86,00
Potencia instalada (MVA)	30	30
Consumo específico de energía kWh/m ³	4,25	4,25.

8.500 m³/día y la capacidad nominal de la planta pasará a ser de 85.000 m³/día.

b) El vertido de la salmuera de rechazo

La Dirección General de Medio Ambiente de la Comunidad de Murcia, en las prescripciones técnicas de la resolución por la que se hacía pública la Declaración de Impacto Ambiental de la desaladora, estableció que, con el fin de salvaguardar la pradera de Posidonia oceánica existente en la zona del vertido, éste debería hacerse mediante un emisario submarino que en ningún caso tuviese una longitud inferior a los 4.690 metros, de forma que el punto de vertido estuviese fuera del límite inferior de la pradera y suficientemente alejado de ella para impedir que la hipersalinidad del mismo la afectase negativamente, dada su elevada fragilidad ante las perturbaciones de origen antrópico.

c) La captación del agua de mar

En la misma Declaración de Impacto Ambiental, en lo relativo a la captación de agua de mar de la desaladora, se hacía hincapié en que bajo ningún concepto podía tomarse agua procedente de los acuíferos del Campo de Cartagena ni de los Humedales del Espacio Natural Protegido de las Salinas y Arenales de San Pedro del Pinatar, debiendo demostrarse que el agua captada procede exclusivamente del mar y no genera impactos negativos sobre las áreas mencionadas. Para captar el agua de mar, a la vista, de los problemas que han ido surgiendo durante el desarrollo del proyecto, se ha diseñado y eje-



Desaladora Canal de Alicante.

cutado un sistema novedoso de toma, pionero en las plantas de desalación, como se explica a continuación.

La existencia de calcarenitas muy fracturadas que afloran en el borde de la playa penetrando hacia el mar, lo que ha dado lugar a una barra rocosa o "scull", indujo a captar el agua del mar filtrándola a través de las fisuras existentes en dichas calcarenitas. Como el espesor de las mismas no era muy elevado (del orden de los 10 m), la única manera de extraer los 2.000 l/s de agua de mar necesarios para alimentar la desaladora, era realizando algo parecido a un pozo pero en dirección horizontal en lugar de en

sentido vertical. Al igual que en los pozos verticales, la tubería filtrante se instalaría en la zona productiva de las calcarenitas fisuradas y el resto de la tubería sería ciega.

Este nuevo procedimiento de captación presenta además una ventaja importante frente a los pozos verticales ya que, en el caso de que el aforo no resultase aceptable por falta de caudal suficiente, el dinero de su realización podría recuperarse abriendo el extremo del tubo situado en el mar y pasando a ejecutar una toma abierta.

Para asegurar la calidad del agua captada, la perforación debía realizarse por la parte inferior de las calcarenitas dispo-

niendo así de un mayor espesor de material filtrante.

La técnica elegida para ejecutar este tipo de captación fue la perforación horizontal dirigida (HPD).

Desaladora Canal de Alicante

Gestionada y construida por Acciona en asociación con Ferrovial y capacidad de 50.000 m³/día, en el año 2003, la planta desaladora se encuentra ubicada en las cercanías del paraje natural denominado Saladar de Agua Amarga, junto a la intersección de la carretera nacional N-332 con el acceso a la urbanización Urbanova, entre los municipios de Alicante y Elche.

El objetivo de la IDAM (Instalación Desaladora de Agua de Mar) Canal de Alicante, es la desalinización mediante ósmosis inversa de agua de mar para el abastecimiento de agua potable a los municipios de Alicante, Elche, San Vicente del Raspeig y Santa Pola, localidades que reúnen una notable población de la provincia.

El proyecto garantiza la demanda actual y satisface los incrementos futuros de abastecimiento de agua potable de los municipios integrados en la Mancomunidad de los Canales de Taibilla, entre los que se encuentran 32 municipios de la provincia de Alicante pertenecientes a la Comarca de la Vega Baja. Bajo Vinolopó y Alicante, y San Vicente del Raspeig de L'Alacantí. Ello supone que se benefician de esta construcción un global de 250.000 personas, teniendo capacidad para producir un caudal de 50.000 metros cúbicos diarios. ♦

Ficha técnica de la desaladora Canal de Alicante

- Toma de agua del mar mediante captación en pozos.
- Instalación de reactivos de pretratamiento químico del agua.
- Bombeo del agua del mar mediante bombas centrífugas verticales de pozo profundo (22) de 300 m³/h cada una.
- Filtración sobre arena mediante 10 unidades de filtros de nivel constante.
- Acondicionamiento del agua filtrada mediante dosificación anti-incrustante (hexametáfosfato sódico).
- Bombeo de alta presión y recuperación energética mediante 7 grupos bomba multietapa + turbina Pelton.
- Siete bastidores de 100 módulos y 700 membranas en cada uno.
- Producción de 50.000 m³/día de agua con menos de 400 ppm de salinidad.
- Remineralización del agua desalada mediante la adición de cal.
- Deposito de Agua tratada de 2.000 m³.
- Bombeo de agua tratada mediante (4+1) bombas de 525 m³/h.
- Tubería de impulsión de agua producida con 8.300 m. de diámetro 1100 y 13.625 m. de diámetro 799. Deposito de regulación de 50.000 m³.
- Entrega por gravedad al canal de Alicante.

Los almacenamientos subterráneos de gas natural

La función de los almacenamientos subterráneos es doble, por una parte son una importante herramienta de modulación del sistema gasista, aportándole flexibilidad ante las variaciones estacionales y diarias de la oferta y la demanda, y por otra constituyen una reserva estratégica ante posibles fallos de suministro. En la actualidad existen dos almacenamientos subterráneos, manejados por ENAGAS: el de Serrablo (en Huesca) y el de Gaviota (en la Bahía de Vizcaya), antiguos yacimientos de gas ya agotados.

Está previsto la puesta en marcha de otro almacenamiento denominado Yela, en la provincia de Guadalajara.

Almacenamiento de Serrablo

Está situado en la provincia de Huesca en el Pirineo Aragonés, próximo a las localidades de Jaca y Sabiñánigo. Geológicamente se emplaza en materiales del Flysch Eoceno (Grupo Hecho) de la Cuenca de Jaca (Unidad Surpirenaica). Las instalaciones se sitúan en parajes aislados de cascos urbanos, zonas habitadas y otros polígonos industriales. Cuenta con una planta de tratamiento conectada mediante gasoductos a 6 pozos de producción/inyección. Además hay dos pozos de observación cuya presión en cabeza se toma regularmente. Es el primer almacenamiento de gas natural explotado en España y el primer campo de gas convertido en almacenamiento al terminar su fase de explotación como tal. El almacenamiento de Serrablo se utiliza como modulador de la oferta y demanda de gas en Es-



paña. En los meses de invierno se extrae gas hacia la red de gasoductos y en los meses de verano se inyecta el gas sobrante. Comprende dos yacimientos, Aurín y Jaca, descubiertos en la década de los 80 por ENIEPSA, compañía operadora y único titular. Son dos estructuras geológicas separadas varios kilómetros y a distintas profundidades, no comunicadas. La estructura de Aurín se encuentra a una profundidad de 1.500 m y la de Jaca entre 2.500 y 2.700 m. El yacimiento Jaca es explotado por los pozos Jaca 2, Jaca 17 y Jaca 18. El yacimiento Aurín es

explotado por 3 pozos: S-3,S-5 y S-6. Aurín tiene un acuífero subyacente que actúa sobre el gas del yacimiento mientras que en Jaca esta actividad es inexistente en el pozo J-2 y algo activa en el pozo J-17.

Las reservas recuperables iniciales estimadas, de Aurín y Jaca conjuntamente, ascendían a 1.345 MNm³, 385 MNm³ para el yacimiento Aurín y 960 MNm³ para el yacimiento Jaca, de los cuales se produjeron 285 y 715 MNm³. En los meses de invierno se extrae gas hacia la red de gasoductos y en los meses de verano se inyecta el gas sobran-

te. En el interior del almacenamiento el gas se satura en agua para ser emitido a la RBG, el gas debe ser tratado con el fin de adaptarlo a las especificaciones requeridas, tanto relativas a punto de rocío como a niveles de presión y temperatura. Durante la producción, para evitar la formación de hidratos, se inyecta metanol de una pureza aproximada del 99,99 % en la corriente de gas a la salida de los pozos, en dosis variables según el caudal y la temperatura exterior.

El gas al llegar a la planta de tratamiento pasa por los slug-catchers donde pierde gran parte del agua. La humedad restante la pierde en las torres de secado por donde el gas pasa en contracorriente con TEG, hasta conseguir rebajar el punto de rocío a -25°C. El TEG contaminado con el agua se regenera en la propia planta.

El gas se odoriza con THT, hasta alcanzar el nivel del gasoducto a un promedio de 15 mg/m³.

Almacenamiento de Gaviota

Gaviota es un antiguo yacimiento off-shore de gas que estuvo en producción desde 1986 a 1994, convirtiéndose posteriormente en almacenamiento subterráneo de gas natural. La cantidad total de gas producido durante su etapa como yacimiento fue de 7.239,5 MNm³ de gas natural. Actualmente hay un contrato de alquiler entre Enagás y Repsol Exploración según el cual, Repsol Exploración realiza la operación del almacenamiento cumpliendo con las órdenes de misión o inyección requeridas por Enagás.

Características actuales del almacenamiento en Serrablo				
	Gas de trabajo Mnm ³	Gas colchón Mnm ³	Q inyección Mnm ³	Q mxo producción MNm ³ /d
Aurín	135	1.4	2.4	
Jaca	285	2.5	4.3	
Total	680	420	3.9	6.7

Características del almacenamiento en Gaviota	
Gas de trabajo por ciclo Inyección/emisión	979 MNm ³
Gas colchón necesario	1.702 M m ³ (n)
Caudal inyección Máximo	4,5 M m ³ (n)/día
Caudal Emisión Máximo	5,7 M m ³ (n)/ día

Almacenamiento de Yela

La demanda de Madrid, con un alto componente doméstico/comercial, tiene importantes variaciones estacionales, por lo que disponer de un almacenamiento en esta zona reduce en época invernal las necesidades de gasoductos de transporte y estaciones de compresión, al complementar con su emisión la cobertura de la demanda. La ubicación del futuro almacenamiento subterráneo en Yela, zona centro de la península, resulta muy adecuada a las características de gasoducto de transporte.

Situado en la provincia de Guadalajara, tiene una superfi-



cie total de 39.114 ha. Durante la fase de desarrollo pasará a denominarse Yela. De acuerdo con las propiedades de permeabilidad del almacenamiento y

las limitaciones de la máxima presión admisible en la cabeza de los pozos y la máxima producción de agua admitida, se ha diseñado un programa de

referencia para el llenado del almacén, incrementando paulatinamente los caudales de inyección y producción.

La estructura Santa Bárbara es un anticlinal con dos culminaciones separadas por una ensilladura. La formación almacén está formada por dolomías del Cretácico Superior con porosidad primaria y secundaria. El sello está formado por anhidritas con un espesor mayor de 300m. Durante la construcción de la burbuja de gas se desplazará el agua del acuífero que rellena los poros y fracturas de la formación almacén. Se trata pues de la transformación de un acuífero en almacenamiento subterráneo de gas. ♦

Las Concesionarias españolas de infraestructuras solicitan la modificación de las normas de contabilidad

Las grandes empresas constructoras españolas y las sociedades concesionarias de autopistas han solicitado del Gobierno una intervención eficaz para evitar los grandes perjuicios que para el sector se derivarían de la aplicación de las nuevas Normas Internacionales de Contabilidad (NIC).

El problema que se plantea se deriva de que las sociedades concesionarias no podrán diferir en sus cuentas de explotación las cargas financieras de la concesión a lo largo del plazo de explotación. Ello supondría que las empresas entrarían en pérdidas contables en los años iniciales de la concesión.

SEOPAN, solicita que el anteproyecto de Ley de Reforma de la Legislación mercantil para adaptarse a los NIC

permita seguir retribuyendo al accionista con cargo a la tesorería de la Sociedad concesionaria.

También se solicita que se exima a los socios de las concesionarias de la obligación de aportar recursos para reequilibrar su capital social, en caso de entrar en pérdidas como consecuencia de la aplicación de los criterios indicados.

Se trata en definitiva de que la regulación respete la tradición contable aplicada en España durante años y que ha servido para impulsar la actividad de las compañías españolas en el exterior.

Se solicita que el Comité de Normas Internacionales de Contabilidad (IASB) recoja definitivamente una excepción para el negocio de las autopistas de peaje.

La aplicación de las NIC penaliza a los grupos con concesiones más recientes como Ferrovial (a través de su filial Cintra de las más afectadas) y Sacyr Vallehermoso (a través de su división Itinere) Abertis, inicialmente menos afectada porque tiene autopistas maduras con menos gastos financieros pendientes, también sufrirá el impacto por la adquisición con otros socios de la tercera concesionaria francesa, Sanef, por 5.000 millones de euros.

De momento no se está aplicando la norma de manera definitiva porque falta el criterio final que debe dar el comité de interpretación de esta regulación (IFRIC, por sus siglas en inglés), que lo emitirá en el segundo semestre del presente año.

Las empresas españolas lideran el mercado mundial de concesiones de infraestructuras. ACS (con 46 concesiones en explotación y construcción y otras 21 proyectos activos); Ferrovial/Cintra (con 26 y 29 respectivamente); FCC (con 23 y 16), Abertis/La Caixa (21 y 3); Sacyr Vallehermoso (19 y 11); OHL, (17 y 5) y Acciona/Necso (15 y 18); ocupan los puestos 1,3,4,5,7,9 y 11 respectivamente del ranking mundial en el sector.

Todas ellas promueven un cambio normativo en el sector, específico para este negocio. Si la Unión Europea impulsa una nueva norma para las concesiones, las empresas consideran necesario un período transitorio en el que puedan aplicar las reglas nacionales vigentes hasta el año pasado. ♦

Autopista del mar entre puertos atlánticos de España y Francia

La Unión Europea subvencionará las llamadas "autopistas del mar" con un euro por cada 600 toneladas de mercancía y kilómetro de carretera que mueva el barco. El apoyo, previsto en el programa Marco Polo, durará un máximo de tres años, al cabo de los cuales se entiende que la línea tiene que funcionar por sí misma con rentabilidad. La ayuda económica, por tanto, depende de los resultados es decir, que una línea marítima que no capte carga rodada no recibirá ninguna subvención.

Como prueba de la relación entre la ayuda y la retirada de tráfico de camiones, el cálculo de aquella se basa en la distancia que existe por carretera entre el origen y el destino de la carga, no conforme a las millas náuticas que recorre el barco entre la escala donde efectúa la estiba y la escala donde entrega el trailer o la plataforma rodante.

En España el 82 % de las importaciones y el 58% de las exportaciones, integran la vías marítimas,

Sin embargo, sólo el 20 % de ese tráfico corresponde a carga rodada. Los gobiernos español y francés prevén que en el año 2007 las carreteras de ambos países se vean liberadas de tránsito de entre 100.000 y 150.000 camiones.

Próximamente se licitará la creación de una línea de transporte por barco entre los puertos de Asturias y del País Vasco con otros del Norte de Francia, probablemente el de Le Havre. Tras el concurso y la adjudicación la línea se pre-



vé que entre en funcionamiento en 2007.

Desde el Gobierno francés se señala que la "autopista del mar" podrá extenderse hasta el Mar del Norte, ya que la normativa comunitaria exige que su longitud sea de al menos mil millas, una distancia que no hay entre los puertos españoles del Atlántico y los franceses.

Según informa la revista "Puertos del Estado" el concepto de "Autopista del Mar" fue introducido por la Unión Europea en el Libro Blanco "La política europea de transportes de cara al 2010: la hora de la verdad", editado en septiembre de 2001, con el objetivo de reactivar el Transporte Marítimo de Corta Distancia (TMCD), y lo refiere básicamente a aquellas conexiones marítimas que permiten eludir los puntos de congestión como los Alpes y los Pirineos. Adicionalmente, el Libro Blanco manifiesta que las "Autopistas del Mar" deberían considerarse integradas en las Redes

Transeuropeas de Transporte (RTE-T o TEN-T) y recibir apoyo financiero.

En diciembre de 2002, se crea un Grupo de Alto Nivel presidido por Karel Van Miert (Grupo Van Miert) para proceder a revisar las RTE-T e incorporar en ellas las "Autopistas del Mar". Poco después, en enero de 2003, la Comisión Europea organizó un seminario sobre las "Autopistas del Mar" que, aunque no alcanzó una definición precisa, permitió definir varias de sus funciones: asegurar la interconexión entre las regiones, incluyendo las periféricas, evitar los cuellos de botella, y garantizar la accesibilidad en toda la Unión Europea.

Tras terminarse los trabajos del Grupo Van Miert, se emitió un informe (junio de 2003), en el que se establecía que «la función de una verdadera "Autopista del Mar" consiste en reemplazar a las autopistas terrestres, ya sea para evitar la saturación de los corredores terrestres, ya sea para acce-

der a países separados del resto de la Unión Europea por el mar». Este concepto es válido para el transporte no sólo de mercancías sino también de viajeros en cuatro zonas marítimas europeas (Atlántico, Báltico, Mediterráneo Occidental y Mediterráneo Oriental,) utilizando preferentemente buques de carga rodada (ro-ro).

En el informe Van Miert se afirma que "es de capital importancia para Europa que las conexiones potencialmente más prometedoras gocen de ayuda pública en su fase de lanzamiento", como subraya el citado Libro Blanco, es decir, otorgarles un distintivo reconocible y fomentar su despegue (Marco Polo, Fondos Estructurales). Pero el Informe se muestra atento a los riesgos de distorsión de la competencia y sería, pues, "preferible que estas vías marítimas uniesen puertos situados en los principales ejes transeuropeos", teniendo presente sobre todo la perspectiva de la saturación del tráfico rodado en tales ejes.

En octubre de 2003, la Comisión Europea anunció el nuevo esquema de las RTE-T, introduciendo en él las "Autopistas del Mar" y las bases para realizarlas a través de la acción de los Estados Miembros. Poco después, en abril de 2004 se revisaron definitivamente las RTE-T por codecisión del Consejo y del Parlamento Europeo, con la inclusión de las "Autopistas del Mar".

Según esta acción, la definición concreta sobre las "Autopistas del Mar" queda en manos de los Estados

Miembros a quienes se exhorta desde la Comisión Europea, a que desarrollen los proyectos prioritarios en esta materia, con ayuda de la Comunidad para conceder subvenciones a paquetes que incluyan infraestructuras, sistemas logísticos y ayudas al "despegue".

Los países bálticos son los primeros en presentar un documento de desarrollo del concepto ligado a las RTE-T como un conjunto de servicios de TMCD existentes entre puertos de dicha área.

En España, a través tanto del Ministerio de Fomento (Puertos del Estado y la Dirección General de la Marina Mercante) como de la Asociación Española de Promoción del Transporte Marítimo de Corta Distancia (SPC-S), se han desarrollado grupos de

En relación con dichos criterios, las áreas sobre las que se considera que se debe trabajar prioritariamente son:

- Imagen de calidad que abarque toda la cadena de transporte, con prioridad sobre la manipulación y demás operaciones de tránsito en puerto además del tramo marítimo (posible certificación de los servicios).
- Compatibilidad de las unidades de carga en toda la cadena intermodal.
- Frecuencia, regularidad y continuidad de los servicios puerta a puerta.
- Buques tecnológicamente adecuados para aumentar eficacia y seguridad, incluyendo, cuando se requiera, una mayor velocidad operativa.
- Infraestructura y equipamiento eficaz en puerto.
- Terminales intermodales bien dimensionadas y seguras.
- Servicios portuarios eficaces con énfasis en el coste.
- Adecuadas conexiones puerto-hinterland.
- Sistemas de información avanzados, incluyendo tracking and tracing de cargas y equipos de transporte.
- Procedimientos aduaneros y de inspección en frontera simplificados y armonizados.
- Seguridad marítima y sistemas de control de tráfico marítimo (VTS).

trabajo con otros Estados Miembros., sobre todo en el ámbito del Mediterráneo (Ita-

lia, Francia, Portugal, etc) para intentar avanzar en la definición de concepto.

El transporte Marítimo de Corta Distancia (TMCD) es uno de los objetivos prioritarios de la política de transportes de la Unión Europea. Una de las medidas para su promoción es precisamente las "Autopistas del Mar". La Comisión Europea reconoce que para lograr cadenas de transporte marítimo-terrestres competitivas apoyadas en el concepto de "Autopista del Mar" es necesario alcanzar un sello de calidad (Motorways of the Sea Quality Label), sobre la base del cumplimiento de una serie de criterios a lo largo de toda la cadena.

La posición española coincide plenamente con esta necesidad de establecer unos criterios objetivos de calidad del servicio, eficiencia y tráfico mínimos, de tal forma que todas aquellas líneas, servicios

La financiación público privada en Europa

La necesidad de construir cada vez más infraestructuras, si acudir a incrementar el déficit público, ha desarrollado en todos los países, formulas de financiación privadas ó mixtas.

El país que más ha desarrollado éstas fórmulas mixtas es el Reino Unido, estimándose en un 83% la contratación pública que se realiza a través de financiaciones público-privadas.

Un estudio de Price Waterhouse indica que ente 2004 y 2005 se realizaron en el mundo 206 proyectos con esta fórmula, y un importe de 4.200 millones de euros, de los cuales 152 se ejecutaron en Europa.

En España, en los últimos tres años se ha licitado 183 proyectos por un total de 14.229 millones de euros, habiendo sacado a concurso las Comunidades Autónomas un 54% del total. ♦

Las fórmulas de financiación público-privadas en Europa



del transporte, puertos, etc., que los verifiquen podrían beneficiarse de los distintos instrumentos o esquemas de financiación. Estos criterios deben ser definidos con el objetivo de lograr la plena competitividad de la cadena marítimo-terrestre, para lo cual es preciso que cumplan unos estándares mínimos a través de un mecanismo del tipo de la "certificación".

El concepto de "Autopista del Mar" aparece como una solución o alternativa para eludir la congestión que se produce en la carretera, en puntos como los pasos a través de los Alpes y los Pirineos. La diferencia entre una "Autopista del Mar" y un servicio de TMCD convencional debe residir en su elevada calidad de servicio de forma que se alcance un nivel de competitividad que le permita asimilarse al servicio de carretera. En consecuencia, los requerimientos a establecer para una "Autopista del Mar" deben centrarse en la necesidad de prestar servicios "puerta a puerta" fiables con una alta relación calidad / precio.

En la actualidad, en materia de desarrollo de Autopistas del Mar, se ha planteado el lanzamiento de diferentes Autopistas del Mar sin predeterminación de puertos, al menos por parte española. De hecho, España siempre ha mantenido que la experiencia registrada en si Mediterráneo Occidental, podría ser extrapolable a otros ámbitos geográficos.

Concretamente, en esta área marítima están apareciendo progresivamente una serie de servicios de frecuencia inicial relativamente baja (2 y 3 salidas semanales) que impli-

can a varios puertos españoles (Barcelona, Valencia, Tarragona....) y a varios puertos italianos (Genova, Livorno, Salerno, Civitavecchia...)- Hoy día la tendencia apunta a la creación de una red de servicios entre diversos puntos del Mediterráneo, en el que la frecuencia está implícita en la propia red. Esta red de servicios capta fundamentalmente camiones que circulan entre Italia y España y viceversa, a través de la Costa Azul francesa, ya sea en su modalidad camión completo (autónomos) como semiremolques compartidos por empresas españolas e italianas con cierta dimensión. La demanda de tráfico a captar en el Mediterráneo parece clara: existen aproximadamente 15 millones de toneladas que circulan en camión entre España e Italia y viceversa, de los que podría captarse un volumen significativo debido a que cubren un recorrido netamente superior al del tramo marítimo, sobre todo a medida que los orígenes y destinos se sitúan más al sur tanto en la península ibérica como en la trasalpina

Según un estudio realizado por SENER para la Asociación Española para la promoción del transporte marítimo de corta distancia (SPC), podrían captarse de la relación con Italia más de 1,6 millones de toneladas, que, unido a lo que podría captarse de la propia Francia, dan un total de cerca de 3 millones de toneladas, ambos sentidos. El mismo estudio estima en cerca de 1,5 millones de toneladas lo que se podría captar en total en el mismo año lado Euro-Atlántico con respecto a las relaciones con Alemania, Holanda, Gran Bretaña, Francia y Bélgica. ♦

Nuevas perspectivas favorables a la generalización de los peajes viarios

El gobierno británico, a través de su ministro de Transportes, considera la posibilidad de establecer un peaje vía satélite que afectaría a todos los automóviles del país a partir de 2015. El peaje a abonar tendría en cuenta la distancia recorrida, la zona por la que se ha transitado y la franja horaria de utilización. El peaje oscilaría entre el equivalente a tres céntimos de euro por kilómetro en las zonas más congestionadas en horas punta.

Paralelamente al establecimiento del peaje generalizado se reducirán los impuestos que actualmente gravan los combustibles de automoción. Tecnológicamente es posible controlar los movimientos de millones de vehículos utilizando satélites. El ejecutivo británico considera esencial que el proyecto obtenga el consenso de todos los partidos político y el respaldo de la población, fijándose el objetivo de que pueda aplicarse en todo el país en 2015 o 2016.

Según los estudios desarrollados el proyecto a escala nacional tiene el potencial de reducir la congestión urbana casi a la mitad.

En Londres desde hace cerca de tres años existe un peaje general para todos los vehículos que pretenden circular por el centro de la ciudad. Se ha logrado con ello una reducción del número de coches del 18 por 100 y una disminución del 20 por 100 de la congestión.

El sistema está encontrando émulos en otras ciudades y países. En Nueva York, una organización promovida por un grupo de empresas han lanzado recientemente una campaña para que la ciudad instale peajes similares a los de Londres y limite el acceso de los vehículos. No obstante la medida todavía no cuenta con la aquiescencia del actual Gobierno municipal de la gran ciudad norteamericana. ♦



La mayor planta desaladora del mundo en Israel

Veolia Water, perteneciente a Veolia Environnement, ha puesto en funcionamiento la planta desaladora de agua de mar del municipio de Ashkelon, al sur de Tel Aviv, en Israel. La planta tiene una capacidad de producción de 320.000 metros cúbicos al día, lo que la convierte en la mayor planta de desalación del mundo con tecnología de ósmosis inversa. Veolia Water, conjuntamente con sus socios israelíes, resultó adjudicataria de este contrato en 2001, mediante licitación pública internacional emitida por el gobierno israelí. El acuerdo contempla la financiación, construcción y operación de la planta por 25



años y su alcance económico supera los 1.500 millones de euros. La planta desaladora

ha sido construida por Veolia Water Solutions & Technologies, división tecnológica de

Veolia Water, y por un socio local. Está formada por dos líneas idénticas, con una capacidad de producción total de 108 millones de metros cúbicos anuales, capacidad equivalente para abastecer, durante un año, a una población de 1.400.000 habitantes. La planta de Ashkelon produce agua de alta calidad con un coste muy competitivo: 0,50 euros por metro cúbico. Mediante sus 32 módulos de ósmosis inversa, se obtiene agua con una concentración de sales de 30 mg/l, comparados con los 35.000 mg/l del agua de mar que abastece la planta. Como dato de referencia, la concentración máxima de sales en el agua para consumo humano es de 400 mg/l. Con la ósmosis inversa también se ha conseguido eliminar casi totalmente el boro presente en el agua, permitiendo así su aprovechamiento para riego agrícola, además del abastecimiento a la población del sur de Israel. ♦

Planta desaladora de agua de mar por ósmosis inversa de Ashkelon. Ficha Técnica

Datos Generales

Localización	Municipio de Ashkelon, 40 km. al Sur de Tel Aviv, Israel
Entidad contratante	Water Desalination Authority (Ministerio de Economía del Estado de Israel)
Tipo de contrato	B.O.T (Construcción, Financiación y Explotación)
Duración del contrato	25 años
Fecha adjudicación del contrato	1ª Fase: 22/11/2001 2ª Fase: 28/04/2002
Fecha puesta en marcha	Diciembre, 2005
Presupuesto construcción de la planta desaladora	153,6 millones €
Facturación por explotación de la planta desaladora	44,9 millones €/año
Población total atendida	1.400.000 habitantes

Principales características de la planta desaladora

Procedimiento de captación	Toma abierta
Pretratamiento	Ajuste de pH Filtración bicapa
Planta desaladora	
> Producción m³/día	2 líneas idénticas x 160.000 m³/día cada una
> Tasa de conversión	40%
> Tipo de recuperación de energía	DWEER System
> Consumo energético	4 Kw h/ m³
> Salinidad de entrada	35.000 mg/l
> Salinidad de salida	30 mg/l
Postratamiento	Cloración Remineralización Microfiltración

Central de electricidad generada por oleaje en China

Un grupo de científicos chinos que ya ha comenzado a construir la mayor de las centrales eléctricas que, de manera continua e independiente, generan energía gracias únicamente a la fuerza de las mareas. El lugar elegido para este proyecto ha sido la ciudad de Shanwei, ubicada en la parte más oriental de la provincia de Guangdong, al sur del país. Y es que dicho extremo de la península de Zhelang es famoso no sólo por sus vientos huracanados, sino también por los vertiginosos acantilados contra los que se estrellan las enfurecidas olas que azotan esta región de los mares del sur de China.

Sobre uno de estos rocosos acantilados, que van forman-

do calas a lo largo de todo el litoral y cuya altura está entre los siete y los ocho metros, se erigirá la futura central eléctrica, que será capaz de producir 26.300 kilowatios por hora a finales de este año y podrá dar luz a las más de 240 familias que viven en los cercanos pueblos costeros. Además de producir electricidad, contará con una planta desalinizadora y potabilizadora para purificar el agua y hacerla apta para el consumo.

Investigadores de todo el mundo llevan ya muchos años analizando el movimiento constante de las olas para convertirlo en una fuente inagotable de energía. Sin embargo, el alto coste tecnológico y la difi-

cultad para mantener estas instalaciones han hecho prácticamente inviables las plantas eléctricas que, desde mediados del siglo pasado, se han puesto en marcha en varios países combinando los recursos hídricos con otros métodos de producción más tradicionales.

Sin ir más lejos. China construyó en 1956 rudimentarias plantas que servían para bombear agua de riego procedente del mar y que, dos años después, comenzaron a generar electricidad en cantidades que resultaban insuficientes (400 kilowatios). Aunque la capacidad de dichas instalaciones aumentó hasta los tres megawatios en los años 70, cuando ya ascendían a medio centenar, fueron

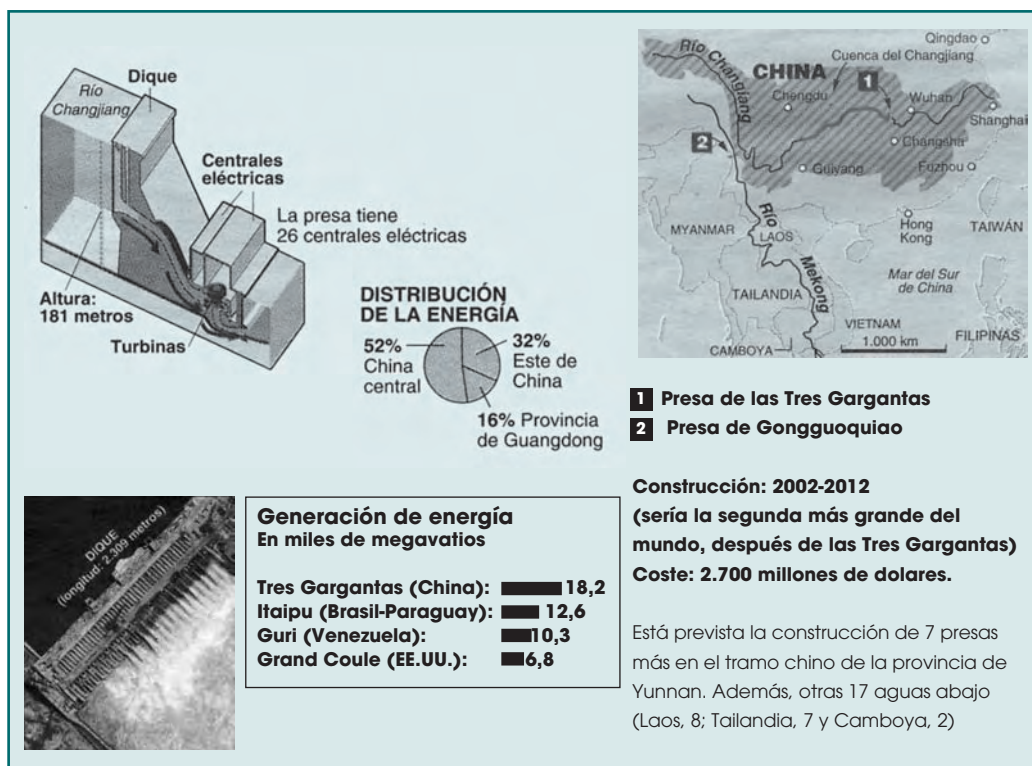
rápidamente sustituidas por centrales convencionales debido a su escasa rentabilidad y a sus errores de diseño, por lo que sólo quedaron ocho en funcionamiento una década más tarde.

Pero el gigante asiático no fue el único país que intentó aprovechar la fuerza de sus mares para alumbrar sus hogares, puesto que Rusia, Canadá, el Reino Unido y Francia también han auspiciado proyectos similares, con desigual fortuna. Así, mientras que la planta gala levantada en 1966 en el estuario del río Raneé tiene una capacidad de 240 megawatios, la canadiense de Andeborice, que data de 1984, apenas llega a los 20.

La presa de las Tres Gargantas en China se encamina hacia su final

La Presa de las Tres Gargantas, - el mayor complejo hidroeléctrico del planeta -, situado entre la provincia de Hubei y Chongqing, cubrió recientemente una etapa clave, con la construcción de su estructura de hormigón, una muralla de cerca de 200 metros de altura y 2,3 kilómetros de largo, que corta en dos el Changjiang o Yangtsé -10 meses antes de lo previsto. Los trabajos comenzaron hace 13 años y culminarán en 2009. Para entonces, el agua alcanzará una cota máxima de 175 metros; sus 32 turbinas de 700 megawatios estarán en funcionamiento, y el complejo podrá proteger a millones de personas de las inundaciones que regularmente castigan la cuenca del Changjiang, ó Yangtsé el río más largo de China y tercero del mundo. ♦

Fuente: El País



Inspiradas en los molinos de agua tradicionales, las centrales eléctricas marítimas funcionan gracias a un sistema de dobles turbinas instaladas en una barrera construida en un estuario, una playa o cualquier otro lugar donde el mar se estreche antes de llegar a la orilla. Así, cuando sube la marea, toda la fuerza de las olas se estrella contra la presa. En ese momento, el agua pasa al otro lado de la barrera por unos túneles y activa las turbinas, que ponen en marcha el generador eléctrico. De igual modo, y cuando baja la marea, el agua vuelve a colarse por esas mismas turbinas de doble dirección y las hace girar nuevamente para producir más electricidad. Si el emplazamiento es el adecuado, esta fuente será, además, inagotable. Según un estudio británico sobre la energía, 200 grandes turbinas colocadas en el estuario del río Severna proporcionarían 8.000 megawattios, mucho más de lo que producen doce centrales nucleares.

Frente a las ventajas que ofrecen estas centrales, que no contaminan y funcionan con un sistema de dobles turbinas accionadas tanto al elevarse como al bajar el nivel del mar, su principal inconveniente radica en los elevados costes de construcción, ya que es necesario edificar una barrera en el mar para aprovechar el ascenso y descenso de las olas. Además, sólo pueden generar electricidad cada diez horas, cuando sube la marea y cuando ésta se retira. Por ese motivo, en el mundo únicamente hay veinte lugares apropiados para instalar una planta de tales características. ♦

Plan del Gobierno Chino para la construcción de autopistas

Con una población que sobrepasa los 1.300 millones de habitantes y una superficie de 9,6 millones de kilómetros cuadrados, la República China está inmersa en un proceso de desarrollo económico acelerado con una tasa de crecimiento anual superior al 9 %.

Ello conduce a una mejora del nivel de vida, acompañada por un nivel creciente de motorización, que exige nuevas y mejores infraestructuras de transporte.

En 1949 la longitud de la red de carreteras era de 80.700 km. para 51.000 vehículos. En 1988 se puso en servicio el primer tramo de autopista Shanghai-Jiading, de 18 Km. En los años 90 el ritmo de construcción de autopistas se ha acelerado, con un crecimiento medio superior a 1.000 Km/año, que se ha cuadruplicado a partir de 1998, con 5.000 Km/año.

El 17 de diciembre de 1994 el Gobierno Chino aprobó el Programa Nacional de la red de autopistas, que supuso un cambio cualitativo: de un desarrollo basado en la demanda a una estrategia de desarrollo unificado que

considera las necesidades de transporte del país de forma conjunta.

La red planificada contempla siete ejes radiales con origen en Pekín, nueve ejes norte-sur y dieciocho ejes este-oeste. La red ha recibido el nombre de "red 7918". Cuando esté terminada, tendrá una longitud de 85.000 Km. El programa incluye también cinco itinerarios circulares regionales.

El programa refuerza la unión entre las regiones económicamente desarrolladas y superpobladas como el delta del Yangtze, el delta del Shuijāng y las regiones de Pan-Bohai proporcionando más de tres conexiones por autopista entre estas grandes regiones. También refuerza la comunicación entre Hong-Kong y Macao. El desarrollo de una red completa de autopistas en las tres metrópolis servía de base para hacer progresar la modernización al Este.

La red también optimizará la estructura de transporte en las regiones del oeste y en la base industrial del norte de China. Se realizará la

conexión por autopista entre el cinturón económico de Longhailan al oeste, la zona económica del Yangtze superior y la zona económica del NaugniKni. El programa mejorará también las condiciones de comunicación en las vías interiores en las regiones, del nordeste. Servirá de base para la aceleración del desarrollo de la región oeste y mejorará la prosperidad de la zona industrial del nordeste uniendo el conjunto de esos centros.

También conectará los principales puertos para facilitar el comercio internacional y cubrirá las regiones que constituyen más del 85 % al PIB del país.

A final del 2004, más de 34.000 Km. de la red de autopistas estará en servicio y otros 6.000 Km. en 2005. El resto de los 85.000 Km. se construirán en los próximos 30 años.

La red de autopistas, es sólo una parte de la red nacional de carreteras que al finalizar 2004 era de 13.000 Km. y la red provincial 228.000 Km. Las carreteras de los distintos municipios alcanzaban 500.000 y 1.000.000 Km. ♦



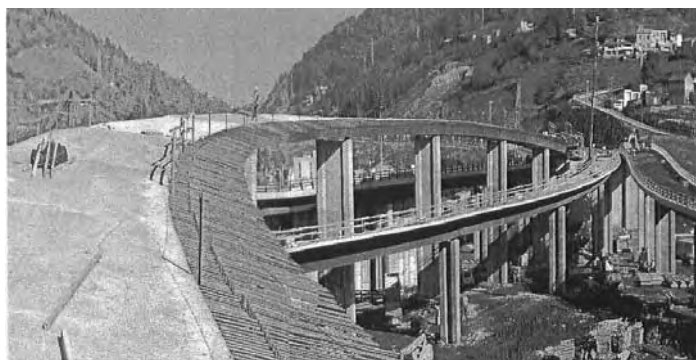
Viaducto del Enlace de la Peña en Mieres con encofrados de carros para estructuras mixtas

El enlace de la Peña supone la conexión directa en Mieres de la autovía Minera AS-1 (Gijón - Mieres) con la autovía A-66 (Oviedo - Campomanes)

Con un presupuesto de 16,5 millones de Euros, financiados por el Principado de Asturias, el enlace consta de 8 nuevos ramales que darán solución a los movimientos de tráfico entre las dos grandes vías de comunicación que atraviesan la cuenca del Caudal y supondrán una mejora en el acceso al casco urbano de Mieres.

La empresa encargada de acometer la obra fue la UTE Enlace de Mieres (OCA - Teconsa), quienes confiaron en Doka España Encofrados, para el suministro de los encofrados de las distintas partes de la obra. Entre las particularidades de esta obra, estaba el que los trabajos debían afectar lo menos posible al intenso tráfico soportado en la zona de trabajo y en la necesidad de desviar unos metros al Este el cauce del Caudal durante un tramo aproximado de 1 kilómetro. Los cuatro tableros ejecutados son estructuras mixtas, compuestas por una artesa metálica sobre la cual apoya la losa de hormigón.

Debido al paso sobre la autovía de las estructuras 2 y 3 era necesario evitar la interferencia con el tráfico rodado y como solución se optó por utilizar carros de encofrado de estructuras mixtas. Éstos se componen de una estructura portante de la cual cuelgan los encofrados de las alas, desplazándose todo el conjunto sobre raíles colocados en la artesa. Los carros se



componen de material estándar en alquiler pudiéndose adaptar a las diferentes geometrías de tableros. En las estructuras 2 y 3, al tratarse de dos tableros de anchos diferentes, se realizaron dos diseños independientes para optimizar al máximo el material. Cada uno de los carros está formado por cuatro módulos de 5 m por carro, consiguiendo tongadas de 20 m. Los módulos de los carros se componen del sistema Top 50 para el encofrado y de perfiles del sistema SL-1 (HEM 220) para la estructura portante. Estos perfiles pueden soportar tanto grandes cargas normales como cortantes. Las ventajas más destacables de los carros son:

- El alto rendimiento, consiguiendo 3 tongadas a la semana.
- Facilidad de ajuste a las estructuras con pendientes, contrapendientes, peraltes y contraperaltes.
- El montaje por carro se consiguió en semana y media debido a su sencillez y al sistema modular.
- El buen acabado de la superficie de hormigón.

Se comprobaron los diferentes estados de carga del carro: en vacío, en carga y en la situación de desplazamiento mediante el programa de cálculo Sofistik. Se puso especial atención en caso de una situación de carga asimétrica, teniendo un solo lado en carga para asegurar la imposibilidad del vuelco.

Estribos

Se proyectaron 7 estribos para ser ejecutados con encofrado marco Frameco. En cuatro de ellos se utilizó cimbra d2 como apoyo de encofrado para una segunda puesta, dada la gran altura de los mismos

Pilas

Se realizaron 24 pilas con alturas que variaban entre los 5 y 22 m, todas ellas contaban con la misma sección en forma de hueso pero con dimensiones diferentes.

Para la ejecución de las pilas más altas se utilizaron dos equipos completos de 4 ménsulas de trepa MF 240 por pila y encofrado marco Frameco.

Para conseguir un máximo rendimiento en la obra se deci-

dió una altura de tongada de 6 m, llegando a realizar una puesta diaria.

Con la utilización de todos estos modernos sistemas de encofrado se consiguen grandes rendimientos y así poder terminar la obra en el plazo de los 15 meses estipulados.

Estructuras 1 y 4

Para realizar los tableros de estas 2 estructuras se optó por utilizar el encofrado Top 50 como fondo de las alas de ambas estructuras mixtas y apoyado el encofrado en la cimbra d2. También fue necesario el realizar 2 pasos de vehículos para permitir el paso del tráfico de la obra. Estos pasos están formados por puntales SL-1 de altas cargas y perfilera HEB de diferentes dimensiones. Las cantidades de encofrado totales suministradas a la obra se resumen de la siguiente manera:

- 60,48 m² de encofrado Frameco para ejecutar estribos
- 369,33 m³ de cimbra d2 para estribos
- 233,28 m² de encofrado Frameco para realización de pilas
- 8 ménsulas MF 240 para trepado de las pilas
- 2738 m² de encofrado Top 50 para las estructuras 1 y 4
- 14267, 94 m³ de cimbra d2 para estructuras 1 y 4
- 4 pasos de vehículos compuestos por puntales SL-1 y perfiles HEB
- 240 m² de encofrado Top 50 para los carros de las estructuras 2 y 3
- 63,7 t en perfiles SL-1 para la estructura portante de los carros. ♦

ACTIVIDAD EXTERIOR

Sacyr toma la mayoría de Eiffage, tercera constructora francesa

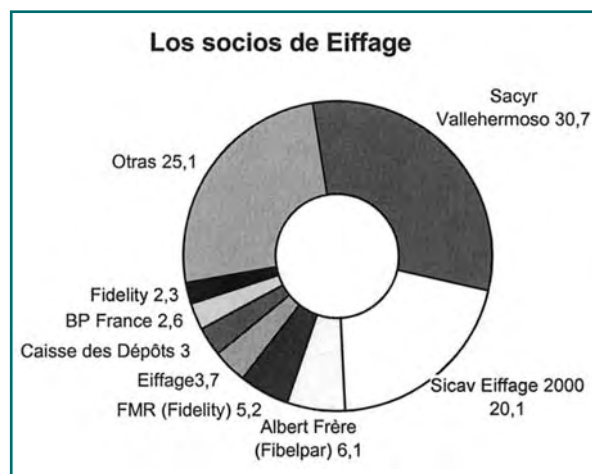
Sacyr Vallehermoso ha pasado a ser el primer accionista en la empresa gala Eiffage, tras adquirir un 20,7 % adicional por 1.234 millones. Sumando al 10% que ya tenía, controla ahora el 30,7% de las acciones y el 31,8% de los derechos de voto. El coste total ha sido de 166 M€ para convertirse en el primer propietario de la sexta constructora europea, tras superar a los empleados accionistas, con el 20%. Se trata de la mayor inversión de la compañía en su corta historia, desde que nació en 2003 de la fusión entre Sacyr y Vallehermoso. Protagoniza, además la segunda compra en Francia por parte de una empresa española de infraestructuras, después de que la concesionaria Abertis adquiriera en diciembre el tercer grupo de autopistas galo Sanef, por el que Sacyr pudo sin éxito.

Con esta operación, el grupo español se queda a las puertas del límite que le obligaría a lanzar una oferta pública de adquisición (opa), establecido en el 33%.

Abrió negocios nuevos en Francia como el de las autopistas, más rentable que el de la construcción, entra en los planes de Sacyr. Algo factible ahora que controla el 31% en Eiffage, accionista principal de la autopista Paris-Rhin-Rhône (APRR). En paralelo, planea entrar en el área de patrimonio inmobiliario con una nueva filial en la que incluirá la torre de oficinas de París comprada recientemente al Deutsche Bank por 600 millones.

Con Eiffage como bisagra, a Sacyr se le abre una dimensión más europea de la que tiene actualmente para compras futuras. De momento en Francia, accede a la carambola de dos

adquisiciones y una venta pendiente que tiene la constructora gala. La más atractiva es la integración del segundo grupo de autopistas y el tercero de Europa, Autoroutes Paris-Rhin-Rhône (APRR), que se adjudicó Eiffage junto con el grupo australiano Macquarie (socio de Ferrovial) en diciembre pasado. Éste puede ser el verdadero blanco de Sacyr, que optó sin éxito a la privatización del tercer grupo Sanef. El grupo español busca cre-



cer al máximo en el negocio de concesiones. Y tiene una oportunidad de oro en APRR, ya que Macquarie sólo se ha comprometido a estar dos años en el accionariado. Sacyr toma posiciones ahora y puede suplirle llegado el momento. Aunque requerirá una inversión de gran calado. Además APRR, la constructora gala es uno de los

candidatos favorecidos a hacerse con la empresa de ingeniería de electricidad Amec Spie, filial francesa del grupo británico, que planea resolver la venta a mediados de año. Supone una inversión de unos 700 millones, que Eiffage financiará con una tercera operación pendiente: la enajenación del 17% que tiene en la concesionaria de autopistas Cofiroute, una adquisición con posible atractivo para Sacyr. ♦

El Proyecto ferroviario de OHL en Turquía se ampliará un 44%

El proyecto ferroviario que el Grupo OHL está desarrollando en Turquía del corredor Ankara-Estambul, se ha ampliado un 44%, hasta alcanzar los 743 M€, debido a la modificación que el Gobierno turco ha aprobado para convertir el proyecto en una línea de Alta Velocidad de doble vía y con un trazado totalmente nuevo.

El proyecto inicial de este contrato internacional, adjudicado al Grupo OHL a finales del año 2000, consistía básicamente en duplicar la vía existente en el tramo Inönü-Esenkent, de la línea Ankara-Estambul, y modernizarla para alcanzar velocidades de 200 km/h.

La aprobación definitiva se produjo a finales del año pasado y con ella el presupuesto del

contrato se ha incrementado un 44,1%, hasta alcanzar un importe total de 743,4 millones. El consorcio adjudicatario del contrato liderado por el Grupo OHL (OHL, 45%, y Agrupación Guinovart Ohsa, 10%) tiene como socio a la empresa turca Alarko (45%).

El tramo en ejecución por OHL, Inönü-Esenkent, tiene una longitud de 236 km y es el

único en construcción de los seis en los que se han dividido los 450 km de la línea entre Ankara y Estambul. Tras este incremento del presupuesto, la obra que lidera el grupo español será financiada finalmente al 60% por Cofides y el ICO, organismos públicos dependientes de los ministerios españoles de Industria y Economía. ♦

ACTIVIDAD EXTERIOR

FCC compra la tercera gestora de aguas checa

FCC ha adquirido recientemente por un importe de 248M€, la empresa de gestión de aguas checa Severomoravské Vodovody a Kanalizace Ostrava (SnVAK), primera empresa del sureste checo y tercera del país.

Con la operación, persigue tomar posiciones en Europa del Este. Fue también el objetivo de la adquisición de la compañía austriaca de servicios medioambientales, Afball Service AGF (ASA), que anunció a finales del año pasado y cerró en marzo por 224 millones. ASA opera en la gestión de residuos de varios países del centro y este de Europa.

Con la empresa de gestión de agua checa, FCC busca acceder a los nuevos concursos para privatizar la gestión del agua que preparan los ayuntamientos checos. Pero también de Polonia y Eslovaquia, países lindantes con Moravia y Silesia, la zona de influencia de SmVAK.

La adquirida, que tras pertenecer a Suez Anglian Water cayó en manos de un fondo de inversión, distribuye agua a 1,2 millones de habitantes y es propietaria de 6.000 kilómetros de redes de agua, 42 estaciones de agua potable y 62 de aguas residuales.

Los 248 millones que cuesta SmVAK engordarán un 62% la deuda del tercer grupo constructor y de servicios, que en diciembre tenía 403 millones en esta partida. ♦

ACS Y CINTRA, adjudicatarias de una autopista en Grecia

La Autopista Ionian Road, la mayor del plan de autopistas griego, lanzado hace cuatro años, ha sido preadjudicada al consorcio ACS-Cintra con las griegas GEK y Ter-na.

El consorcio de Cintra y Dragados ha presentado la oferta más baja frente a sus competidores, entre los que no había ningún otro grupo español. Tendrán que construir y ampliar una autopista de 382 kilómetros que conectará el este y el centro del país, según los datos que hizo públicos el Ministerio de Obras Públicas griego.

La vía tendrá que estar lista en 72 meses y a cambio, los ganadores del contrato podrán explotarla durante 30 años. ACS, que cuando se inició el proyecto hace años



pujaba por otra vía, al fusionarse con Dragados tuvo que elegir proyecto y escogió Ionian Road.

El ministerio desveló también que el proyecto de autopista entre Corinto y Kalamata irá a parar al consorcio formado por la griega Hellenic Technodomiki, en consorcio con la primera constructora italiana Impregilo y la cuarta griega Pantechniki. Han presentado también la

oferta más baja, por 1.000 millones de euros.

Según las cifras iniciales aún quedan otras cuatro autopistas con una inversión de 2.500 millones ahora que Grecia ha impulsado de nuevo el plan tras dejarlo en el olvido por los Juegos Olímpicos. Cintra y Dragados también en tándem, Acciona y el consorcio de FCC y Sacyr están precalificadas para presentar ofertas (ver gráfico).

Plan de autopistas en Grecia		
En millones de euros		
Los grupos españoles precalificados para pujar		
Proyecto: Ionian Road Cintra (Ferrovia) + Dragados Concesiones (ACS) + GEK 1.400	Proyecto: Urban Roads in Attica Cintra (Ferrovia) + Dragados Concesiones (ACS) + GEK 338	CSA Raches-Kleidi Mota + Acciona + Banco Espíritu Santo + Michaniki + Themeliodomi 461
Central Greece Highway (CSC Scarfia-Panagia) Cintra (Ferrovia) + Dragados Concesiones 582	CSB Corinthos-Patra/Pirgos/Tsakona Cintra (Ferrovia) + Dragados Concesiones (ACS) + GEK Mota + Acciona + B.Espíritu Santo + Michaniki + Themeliodimi 1.133	Proyecto: Corinto-Tripolis-Kalamata Mota + Acciona + B. Espíritu Santo + Michaniki + Themeliodomi; FCC + Somague + Sacyr + Prodeftifi + Empedos + Attikat 1.000

Refuerzo y Conexión de líneas eléctricas en Marruecos

La empresa nacional de electricidad de Marruecos, Office National de L'électricité (ONE) ha adjudicado a instalaciones Inabensa, S.A., la "Ejecución del refuerzo de las líneas a 400 kv de la red nacional, y de la conexión de las líneas 400 y 225 kv a las subestaciones de Mediouna y Oualili". El proyecto, que será ejecutado bajo la modalidad de llave en mano en un plazo de 18 meses, contempla el suministro, obra civil, replanteo, izado, entrada a subestaciones, tendido, pruebas y puesta en marcha de:

Conexión de la L-225 kv Toulal-Douyet a la subestación 400/225 kv de Oualili (16 kilómetros) y conexión L-225 kv Toulal-Fouarat a la subestación 400/225 kv de Qualili (20 kilómetros).

Conexión de la L-400 kv Melloussa Zemmour a la subestación 400/225 kv de Qualili ladosur (31 kilómetros) Conexión de la L-400 kv doble circuito Zemmour Mediouna de 135 kilómetros.

Conexión L-225 kv Tif Mellil-Jorf a la subestación 400/225 kv de Mediouna (4kilómetros); conexión L-225 kv Mohammedia-Ouland Haddou a la subestación 400/225 kv de Mediouna ejecución de la línea kv Tif Mellil-Mediouna (16 kilómetros).

El contrato incluye los suministros de:

7.300 toneladas de torres
20.000 aisladores y herrajes.

Además la misma empresa española está finalizando "La construcción y el refuerzo de líneas de 225 kv" y "La construcción de la línea de 225 kv de doble circuito Chichaoua-Agadir", también en Marruecos. ♦

Homenaje en el Puente Romano de Alcántara a su constructor: Julio Cayo Lacer

Bajo la Presidencia del Consejero de Cultura de la Junta de Extremadura D. Francisco Muñoz Ramírez y de su Director General de Patrimonio D. Francisco Pérez, la Real Academia de Ingeniería ha tributado un Homenaje a la figura de Cayo Julio Lacer, constructor del Puente de Alcántara en el XIX Centenario del citado Puente.

El Miembro de Número de la Real Academia de la Historia, D. Fernando

Díaz Esteban., describió el contexto histórico en que se inscribió la construcción del Puente y las sucesivas efemérides que han rodeado al mismo a lo largo de la historia entre el Año 105 y el siglo XIX en que se llevaron a cabo las últimas obras importantes en el mismo.

D. Leonardo Fernández Troyano, Ingeniero de Caminos, Canales, y Puertos, tras hacer una descripción del Puente desde el punto de vista ingenieril se refirió tanto a los problemas arquitectónicos que la obra conlleva como a los aspectos estéticos con sus seis arcos y sus cinco pilares.

D. Emanuel Maranhã Das Neves, Ingeniero, Presidente de la Academia de Ingeniería Portuguesa, hizo una especial referencia a los cimientos del Puente con sus estribos artificiales.

El Acto Académico se desarrolló, bajo la presidencia de D. Pere Brunet -Directivo de la Real Academia de Ingeniería - en presencia no sólo de los Miembros de la citada procedentes del amplio abanico de territorios de la Península Ibérica, sino también de expertos vinculados a la temática de los puentes y sus



aledaños -en este caso el templo y el arco honorífico- que siguieron con gran interés el desarrollo de este Acto que tuvo lugar en el Convento de San Benito de Alcántara.

Finalmente todos los participantes se desplazaron al propio Puente en cuya plataforma la Real Academia de Ingeniería enterró una cápsula del tiempo que incluye una escultura del conocido especialista D. Nicomedes Díaz Piquero con un texto grabado en latín e insertada toda ella en una urna de acero inoxidable diseñada por el arquitecto D. Justo García Rubio.

Así se dejó constancia del momento histórico de esta conmemoración, habiéndose producido con este motivo las intervenciones institucionales de las Presidencias de las citadas Academias: D. Emmanuel Maranhã Das Neves, y D. Andrés Ripoll Muntaner, quedando clausurada la celebración por el Consejero de Cultura de la Junta de Extremadura, que agradeció a los participantes y ponentes este Acto que viene a enriquecer el Patrimonio Cultural de Extremadura. ♦

Acto de entrega de las distinciones colegiales 2006



El día 31 de mayo tuvo lugar en la sede nacional del Colegio, el acto de entrega de las Medallas de Honor y Medallas al Mérito profesional que concede el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

Medallas de Honor:

Joaquín Ayuso García
Ramiro Cercós Pérez
Juan Jódar Martínez
Luis Fernando del Rivero Asensio
Manuel Vizcaíno Alcalá

Medallas al Mérito Profesional

Antonio Aguado de Cea
José Barrau de los Reyes
José A. Baztán de Granada

Joaquín Delgado García
José Domínguez de Posada Rodríguez
Andrés Fuster Morera
Carlos Garau Sagristá
Juan Luis López Cardenete
José Luis Marín López-Otero
Jorge Mijangos Linaza
Antonio del Moral Sánchez
Fermín Navarrina Martínez
José Ramón Odriozola Chaves
Sebastián Rica Castedo
Rodolfo Vicente Bach
Francisco Javier Villalba Sánchez



■ **Socorro Fernández Larrea**, Ingeniera de Caminos, Canales y Puertos, ha sido nombrada Subdirectora General de la Constructora Copisa. Ha sido Directora General de Carreteras, Obras Hidráulicas y Transportes de la Junta de Castilla-La Mancha y delegada de Agromán y Ferrovial-Agromán en la misma Comunidad Autónoma.



■ **Juan López Agüi**, Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos y Licenciado en Ciencias Económicas, ha sido nombrado Presidente del Comité Europeo de Normalización (CEN). Desde 1990 es Director General

del IECA (Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones).



■ **José Luis Montesinos Domingo**, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, ha sido nombrado Presidente de Eductrade, compañía de servicios especializada en gestión y ejecución de proyectos. Actualmente es Director General de Constructora Hispánica.

■ **Luis María Arredondo Malo**, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, será el nuevo presidente de Urbis, empresa inmobiliaria en la que inicialmente ocupaba el cargo de Consejero Delegado.

Historia de los aeropuertos de Madrid



Desde los aeróstatos a los primeros aeroplanos de madera y tela, ininterrumpidamente los cielos de Madrid se han visto surcados por los diversos aparatos con que el hombre ha conseguido poner en práctica sus deseos de emular a las aves.

Pronto fue necesario disponer de unas instalaciones, en un principio precarias, que permitiesen realizar las operaciones de las aeronaves, y al tiempo, guarecerse de las inclemencias del tiempo a los viajeros. Se seleccionaron unos terrenos despejados y libres de obstáculos en el municipio de Barajas, y el 22 de abril de 1931 se abrió al tráfico el Aeropuerto de Madrid-Barajas. Desde entonces no ha dejado de desarrollarse, convirtiéndose en la puerta de España al exterior y aportando un valor indiscutible a la economía y la sociedad de la ciudad de Madrid. Recientemente acaba de inaugurarse al Terminal 4 que permitirá acoger un tráfico de casi el doble del actual, y que sin duda proporcionará a los usuarios unas instalaciones cómodas y acordes con la importancia de este Aeropuerto a nivel mundial.

El libro, en dos tomos, recoge todos los avatares, anécdotas y momentos importantes de estos 75 años de historia, todo ello narrado con amenidad e ilustrado con numerosas fotos, datos y gráficos que sin duda hará el deleite de todos los madrileños –ya que la historia de estas instalaciones está íntimamente unida a la de esta capital– y de todos los amantes de la aeronáutica en general. ♦