JOSÉ JAVIER DÍEZ RONCERO
Y ANTONIO PAPELL
(Coordinadores)

LA INGENIERÍA DE CAMINOS Y LA INTERNACIONALIZACIÓN DE LAS OBRAS PÚBLICAS EN ESPAÑA

Edición conmemorativa del 200 aniversario
del fallecimiento de Agustín
de Betancourt

Fundación
Ingenieros de Caminos,
Canales y Puertos

Queda prohibida, salvo excepciones previstas en la ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra sin contar con la autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual (arts. 270 y siguientes del Código Penal). El Centro Español de Derechos Reprográficos (www.cedro.org) vela por el respeto de los citados derechos. Diríjase a este organismo si necesita fotocopiar algún fragmento de esta obra.

La Fundación Caminos se ajusta a lo establecido por la legislación vigente sobre los derechos de autor de las imágenes aquí reproducidas. Si se detecta algún error u omisión, el propietario de los derechos o su representante pueden dirigirse a la Fundación Caminos.

© De los textos: de cada texto su autor

© 2024, Fundación Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos
C/Almagro, 42. Madrid-28010

ISBN: 978-84-128328-1-5

Depósito Legal: M-4611-2024

Producción editorial : Ediciones Doce Calles S.L.

Impreso en España / *Printed in Spain*

ÍNDICE

PRESENTACIÓN 9
José Ángel Carrillo Muñoz

I. ESCORZO DE LA INGENIERÍA EN LA EDAD MODERNA (1453-1789). ANTECEDENTES DE AGUSTÍN DE BETANCOURT, FUNDADOR DE LA INGENIERÍA CIVIL EN ESPAÑA Y RUSIA
Dolores Romero Ruiz

1. Introducción... 13
2. Ingenieros, conquistadores y marinos españoles. La expansión oceánica y la construcción del espacio Atlántico y Pacífico.. 17
3. La expansión de aragoneses y castellanos por el Mediterráneo Occidental a finales de la Edad Media 32
4. El dominio de la ingeniería en el Mediterráneo español.. 35
5. La formación de los ingenieros hasta la apertura de la Escuela de Ingenieros de Caminos y Canales fundada por Agustín de Betancourt. 61
   5.1.La formación de los ingenieros en los siglos XVI-XVII... 61
   5.2. La formación de los ingenieros en el siglo XVIII.. 66
6. Bibliografía. 73

II. LA HERENCIA DE BETANCOURT. LA CONTRIBUCIÓN DE LA OBRAS PÚBLICAS Y DE LA INGENIERÍA DE CAMINOS A LA MODERNIZACIÓN DE ESPAÑA EN EL SIGLO XIX. DE LA GUERRA DE LA INDEPENDENCIA A LA RESTAURACIÓN (1874)
Antonio Papell

1. Introducción... 77
2. Etapa de Fernando VIII... 86
3. Etapa de Isabel II. 114
4. El siglo de los ferrocarriles 122
5. El agua, bien común.. 127
6. Canales de navegación, abastecimientos y riego 128
7. La ingeniería portuaria... 132
8. Urbanismo 134

9. La organización administrativa de la obras públicas en 1867 136
10. Ingeniería en el periodo revolucionario. El Sexenio Democrático (168-1874) 139
11. Arranque de la Restauración 151
12. Bibliografía 159

III. CRECIMIENTO Y APERTURA EXTERIOR DE LA INGENIERÍA CIVIL ESPAÑOLA, DE LA DEMOCRACIA A LA CRISIS 161
Jorge Bernabéu
1. Carreteras, el desarrollo de una red de alta capacidad 164
2. Ferrocarriles, la Red Europea de la Alta Velocidad 171
3. Puentes y estructuras, sofisticación tecnológica y expresión formal 176
4. Los debates del agua y la nueva estrategia energética 187
5. Modernización de los puertos y regeneración de las playas 192
6. Urbanismo, transporte público y deterioro de la costa 197
7. Bibliografía 202

IV. LA INTERNACIONALIZACIÓN DE LA INGENIERÍA Y LA OBRAS PÚBLICAS EN EL SIGLO XX, EN PARALELO CON EL PROCESO DE GLOBALIZACIÓN
José Javier Díez Roncero y Antonio Papell (coordinadores)
1. La visión de SEOPAN 203
2. La visión de TECNIBERIA 208
3. La visión de ANCI 211
4. Las grandes empresas exportadoras 214
4.1. AGBAR 214
4.2. ACCIONA 219
4.3. ACS 229
4.4. AYESA 237
4.5. COPASA 242
4.6. FCC 248
4.7. FERROVIAL 254
4.8. GRUPO PUENTES 261
4.9. IDOM 267
4.10. OHLA 273
4.11. SACYR 279
4.12. SENER 292
4.13. TYPSA 300

III

Crecimiento y apertura exterior de la ingeniería civil española, de la democracia a la crisis

Jorge Bernabéu Larena

En el periodo que abarca desde la transición democrática a la crisis económica mundial de 2008 se construye más que nunca. La ingeniería civil española adquiere una extraordinaria capacidad tecnológica y constructiva fundamentada en el proyecto y ejecución de un gran número y diversidad de obras. El crecimiento y las competencias obtenidas por ingenierías y constructoras impulsan una actividad internacional que se consolida como una realidad permanente.

Se analiza en el texto la evolución específica de la ingeniería y construcción de los principales tipos de obras públicas, estructurándose en capítulos de carreteras, ferrocarriles, puentes y estructuras, obras hidráulicas y energía, urbanismo, puertos y playas.

Primeramente, se presentan los efectos que tienen en la ingeniería civil el tránsito a la democracia, la integración en Europa, la consideración medioambiental y las estrategias empresariales de crecimiento.

En 1978 se aprueba en referéndum la Constitución Española. Si la crisis del petróleo y el notable descenso en la inversión en obras públicas hacían pensar en años poco provechosos para la ingeniería civil, las innovaciones que introduce la Carta Magna resultan trascendentes en la configuración de las infraestructuras. La nueva Constitución mantiene las ordenaciones de provincia y municipio, pero añade la entidad de Comunidad Autónoma. Para estas tres administraciones, establece el principio de autonomía de gestión, que otorga competencias en los distintos niveles de planificación, proyecto, construcción y conservación de obras públicas, bajo el principio rector de un desarrollo territorial equilibrado y armónico.

La Constitución regula el reparto de competencias entre el Estado y las Comunidades Autónomas en materia de obras públicas en sus artículos 148 y 149:

Artículo 148

1. Las Comunidades Autónomas podrán asumir competencias en las siguientes materias:
4. Las obras públicas de interés de la Comunidad Autónoma en su propio territorio.
5. Los ferrocarriles y carreteras cuyo itinerario se desarrolle íntegramente en el territorio de la Comunidad Autónoma y, en los mismos términos, el transporte desarrollado por estos medios o por cable.

Artículo 149

1. El Estado tiene competencia exclusiva sobre las siguientes materias:
3. Relaciones internacionales.
21. Ferrocarriles y transportes terrestres que transcurran por el territorio de más de una Comunidad Autónoma.
24. Obras públicas de interés general o cuya realización afecte a más de una Comunidad Autónoma

En la nueva organización territorial, la red de vías de comunicación queda configurada en los tres niveles mencionados:

- Red Nacional, con titularidad y dependencia del Estado.
- Red Regional, con titularidad y dependencia de las Comunidades Autónomas.
- Red Provincial, con titularidad y dependencia de las Diputaciones.

El traspaso de competencias no resulta inmediato, sino que surge de un intenso debate político y social. El texto constitucional supone la base de negociación sobre la que desarrollar distintas interpretaciones, discutir ambigüedades o extraer polisemias. De la discusión, quedaría por asentar conceptos como «interés general» o «itinerario», entre otros.

Como los gobiernos de las Comunidades eran desiguales en tanto a sus competencias, el debate se prolongaría más de lo deseable. Cataluña, Navarra, Galicia o el País Vasco defendían sus singularidades específicas. Urgía redefinir los tres niveles de redes para que cada órgano administrativo asumiera sus competencias. Sin embargo, los conflictos se prolongarían y repercutirían tanto en la redacción de los proyectos como en la marcha de las obras.

Al mismo tiempo, España solicitó en 1977 su ingreso en la Comunidad Europea, entonces constituida por nueve estados miembros, y su adhesión fue aceptada en marzo de 1985. En 1986 se produjo la adscripción de España y Portugal. Junto con Grecia, se pasó a hablar de «los doce». El Tratado de Maastricht en 1992 introduciría nuevas formas de cooperación entre los gobiernos de los Estados miembros, a partir de las cuales se crearía la Unión Europea (UE).

En mayo de 1986 la bandera europea, un círculo de doce estrellas doradas sobre fondo azul, se izó por primera vez a los sones del himno europeo, la *Oda a la Alegría* de Beethoven. En España se asumía el desafío de alcanzar el nivel de Europa, concepto todavía confuso que aún se percibía lejano.

En esta convergencia europea nuestras obras públicas debían asumir un papel protagonista, para lo que se contaría con los fondos FEDER, financiadores de las infraestructuras. Entre sus objetivos se encontraba propiciar el desarrollo de las regiones más desfavorecidas, contribuyendo así a la reducción de los desequilibrios regionales. Tales fondos estructurales serían reforzados a partir de 1992 con los llamados fondos de cohesión. La trascendencia de esta política europea de solidaridad en las obras públicas españolas fue indudable.

La aportación de los Fondos europeos a las obras públicas deja paso a una reflexión profunda sobre nuevas fórmulas de financiación de infraestructuras, y supone un impulso para las autopistas de peaje.

A finales de los noventa, los Fondos europeos aportaban más de un 30% de la financiación total de la obra civil en España. En las negociaciones que dieron origen al Tratado de Maastricht se previó la creación de un nuevo instrumento de financiación comunitario, el Fondo de Cohesión, que pudiese proporcionar ayudas para financiar proyectos en los cuatro países más desfavorecidos de la Unión: Irlanda, Grecia, Portugal y España, esta última receptora de más del 50% de las asignaciones.

De relevancia por su sensibilidad ecológica resulta el Informe de 1987 de la Comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo, el Informe Brudtland, al afirmar que la actividad humana debe desarrollarse de manera sostenible para todo el planeta en el camino hacia el futuro. Se definió como «desarrollo sostenible» a el que satisface las necesidades del presente sin poner en peligro las futuras.

Desde entonces comenzaron a realizarse estudios de impacto ambiental (EIA) en las obras públicas de nuestra geografía. En los noventa la evaluación de impacto se fijó como práctica habitual durante el proceso de aprobación de los proyectos tanto a nivel estatal como de las comunicades autónomas.

En 1996, el Gobierno de José María Aznar definió como cartera independiente el Ministerio de Medio Ambiente, cuya primera titular sería Isabel Tocino. En su segunda legislatura serían ministros Jaume Matas y Elvira Rodríguez. Más tarde, el nuevo Gobierno socialista mantendría la tradición femenina de la cartera otorgando su titularidad a Cristina Narbona. La nueva sensibilidad no sólo precisa la autonomía de una cartera propia, sino que debe cambiar los paradigmas de sobre los que se asienta la tradición constructiva precedente.

A la mayor presencia de la mujer en las nuevas generaciones de las escuelas de Caminos se añade el valor que la profesión otorga al valor del medio ambiente. Con objeto de distinguir las obras mejor integradas en el entorno y más respetuosas con el medio, el Colegio de Ingenieros de Caminos convocó en 1998 la primera edición del Premio Acueducto de Segovia. De este modo, los aspectos medioambientales dejan de ser algo puramente anecdótico para convertirse en foco de atención prioritaria por parte de la sociedad.

A partir de 1995, el Ministerio de obras Públicas destina el 1% del presupuesto de sus obras a financiar trabajos de carácter cultural. El llamado «1% Cultural» derivó de la entrada en vigor, en junio de 1985, de la Ley de Patrimonio Histórico Español y del decreto de desarrollo parcial de la misma. Ambas normativas obligaban a que al menos el 1% del presupuesto de toda obra pública financiada, total o parcialmente por el Estado, cuyo importe superara los 660.000 euros, se destinara a financiar trabajos de conservación o enriquecimiento del patrimonio histórico español así como de la creatividad artística, preferentemente en la propia obra o en sus inmediaciones.

En el marco global, con los objetivos de la convergencia europea, España se enfrentaba al reto político y empresarial de definir una estrategia global a medio y largo plazo. Los cambios en que entró la industria de la construcción afectaron a diferentes aspectos del proceso y también a los agentes que lo integraban. Algunos cambios fueron tan importantes como el de la dinámica empresarial

ligada a la apertura de mercados y a la estrategia de crecimiento y concentración de las compañías.

El sector de la construcción pasó a vivir la época de mayor diversificación, internacionalización y expansión, también supuso un proceso de concentración empresarial en grandes grupos. Si a comienzos de los 90 las constructoras nacionales suscribían acuerdos de colaboración internacional entre ellas o con constructoras extranjeras, no tardaron en reforzar sus posiciones mediante la adquisición de marcas locales en los países en que se intentaba competir como mejor fórmula para posicionarse con éxito en el mercado exterior. Las adquisiciones, compras y fusiones de compañías se sucedieron en un trepidante juego estratégico. A la creación del grupo FCC, conformado mediante absorción de Fomento de obras y Construcciones (Focsa) por Construcciones y Contratas en 1993, se sumaron las uniones sucesivas de Ocisa y Padrós, Obrascón y Elsan, Entrecanales y Cubiertas, OCP y Auxini, Laín y Pacsa, Huarte y Obrascón, entre otras. En 1997, de la fusión de OCP y Ginés Navarro surgió ACS, el grupo presidido por Florentino Pérez, que demostraría más adelante su voracidad de crecimiento absorbiendo a Dragados y convirtiéndose en el primer grupo de construcción español y segundo a nivel europeo.

El reto era el mundo. Y no sólo para las grandes constructoras, las ingenierías, empresas consultoras y las constructoras medianas tenían al comienzo de siglo la internacionalización como su principal objetivo. Lograr un porcentaje significativo de su cifra de negocios en el exterior, abrir nuevos mercados, diversificarse, crecer hasta una escala suficiente para poder abordar obras y proyectos internacionales relevantes.

La apertura exterior de la ingeniería civil española no tardó en ser una realidad. Las empresas españolas abarcaban proyectos y obras de todo tipo, en todas sus etapas –planificación, proyecto, construcción, operación, concesión, rehabilitación, mantenimiento– y en todo el mundo.

1. CARRETERAS, EL DESARROLLO DE UNA RED DE ALTA CAPACIDAD

Hasta comienzos de los años 80, la carretera, en lugar de aprovechar su potencialidad como instrumento de la ordenación del territorio, estimulando el desarrollo y la actividad productiva, se había limitado en muchos casos a seguir el crecimiento del parque automovilístico, dando lugar a unas zonas muy desarrolladas, localizadas básicamente en el área mediterránea hasta el eje del Ebro por el interior, el cual no cesaba de demandar nuevas y costosas inversiones. El turismo exigía buenas comunicaciones.

A partir de 1982, con el gobierno del PSOE y el ingeniero Enrique Balaguer al frente de la Dirección General de Carreteras, se elabora una planificación a largo plazo, a la vez que se establecen los criterios que desarrollarían las transferencias de carreteras a las Comunidades Autónomas. En la consecución y eficaz articulación de dichos objetivos, el Plan General de Carreteras, propuso cuatro programas de actuación:

1. Autovías. Con casi todas las características propias de las autopistas, pero sin peaje.
2. Acondicionamiento de la Red (ARCE). Supondría la modernización y mejora de los trazados en los principales itinerarios no incluidos en el programa de autovías, así como la supresión de travesías conflictivas en poblaciones de menos de 50.000 habitantes.
3. Reposición y conservación (RECO). Su campo de actuación sería el resto de las

carreteras no incluidas en los apartados anteriores; en total, más de 8.000 kilómetros. Para aumentar la seguridad vial, incidía en la pavimentación y la señalización.

4. Actuaciones en medio urbano (ACTUR). Garantizaría las condiciones de servicio de las carreteras a su paso por poblaciones de más de 50.000 habitantes, mejorando los accesos a las mismas, así como a puertos y aeropuertos.

El Plan Nacional de Carreteras afectaba a 20.000 kilómetros de la Red del Estado con un presupuesto inicial de 800.000 millones de pesetas. El programa ARCE, con 6.635 km, modernizaría los principales itinerarios de larga distancia, no incluidos en el programa de Autovías. La velocidad de proyecto era de 80 km/h y su sección transversal a 7/10, 7 metros de calzada, con un carril por sentido, y arcenes de 1,50 metros. Por su parte, el programa RECO, con 7.333 kilómetros, adoptaba los valores de proyecto de velocidades de 60 km/h y sección transversal a 7/9, con arcenes de 1 metro.

El programa de Variantes, con más de 200 actuaciones, tuvo mucha repercusión por lo que significó de alivio a numerosos pueblos grandes constantemente atascados, como Aranda de Duero, Navalcarnero o Alcalá de Henares. Aranjuez, la variante más cara del Ministerio de Obras Públicas (MOPU), inaugurada en 1988, supuso la supresión de uno de los puntos negros más conocidos de las carreteras españolas. En su trazado se tuvo especial atención para no dañar la vega donde se reproduce una variedad de mariposa única en España.

El primer mandato socialista manifestó su desacuerdo con la construcción y explotación de autopistas mediante el sistema concesional, a pesar de que el Plan Nacional de Autopistas fuera una de las actuaciones más importantes de la Administración española en los setenta. De esta forma, las autopistas de peaje no llegarían a constituir una malla cerrada, ya que en los años ochenta se abandonaría el programa.

No corrían buenos tiempos para el régimen concesional; sin apoyo político las tarifas eran caras (más aún que las francesas o las italianas), su escaso aprovechamiento implicaba graves problemas económicos y a las cargas financieras de las sociedades concesionarias se sumaban las disminuciones de ingresos producidas por los tráficos reales, inferiores a los previstos en el momento de las concesiones. Sin embargo, resultaba indudable que se circulaba bien por ellas, ya que en general contaban con menos tráfico y menos vehículos pesados. Los últimos tramos de autopista de peaje construidos entre 1981 y 1985 fueron la terminación del itinerario de Bilbao a Zaragoza, unos 12 kilómetros de la autopista de Burgos a Malzaga, con los que la ciudad de Burgos quedaba unida a la autopista anterior, el tramo de Pontevedra Sur a Vigo, de la autopista del Atlántico, y el tramo de Jeresa a Ondara que cierra la autopista entre Valencia y Alicante. Destaca también el tramo de Campomanes a León en la autopista del Noroeste, con el puente atirantado sobre el embalse de Barrios de Luna de 440 metros de luz, récord mundial en su momento.

Así, el Plan de Autopistas fue sustituido por el Programa de Autovías del Plan General de Carreteras. Según la nueva ley, las autovías eran carreteras que, sin reunir todos los requisitos de las autopistas, tienen calzadas separadas para cada sentido de circulación y limitación de accesos a las propiedades colindantes. A diferencia de las autopistas, las autovías podían tener cruces al mismo nivel, peligros evidentes para el tráfico.

Vista de pájaro del puente Carlos Fernández Casado sobre el embalse de Barrios de Luna, en la provincia de León. Proyecto de Javier Manterola, 1984.

El objetivo era que, al término del Programa de Autovías, no hubiera ningún paso a nivel y que las características técnicas de esta red fueran, prácticamente, las mismas de las autopistas, aunque sin precisar de control de accesos.

En las primeras autovías se comprobó que, aunque en teoría debían ser más económicas que las autopistas, la diferencia de costes fue mínima. Ello se debió a numerosas controversias que derivaron en constantes modificaciones en accesos, cruces, cerramientos, etc. A modo de ejemplo: si el kilómetro de autovía contaba con un presupuesto de 90 millones de pesetas, al final su coste real podía aumentar hasta los 160 millones (refiriéndonos aquí a autovías construidas en zonas sin grandes dificultades orográficas). El 30% de las autovías proyectadas no utilizaba la carretera antigua. El coste total lo asumía el Estado, sin recuperar nada, puesto que la explotación de las autovías se hacía en régimen de libre peaje. En total, se ejecutaron 3.250 kilómetros de autovías, incluidas las que aprovecharon la antigua calzada.

Una vez negociadas las transferencias de carreteras a las Comunidades Autónomas, en paralelo a las actuaciones desarrolladas en la Red de Interés General del Estado, las Comunidades redactaron e impulsaron sus correspondientes planes regionales, de acuerdo a sus propios objetivos territoriales, económicos y sociales.

Los juegos olímpicos de Barcelona y la Exposición Universal de Sevilla situarían a España en el punto de mira de gran parte del mundo. Antes de la inauguración de ambos actos multitudinarios se dieron años de planificación, organización, y ejecución, a todos los niveles, comenzando por las comunicaciones, para que todo estuviera a punto. España recibiría a millones de visitantes deseosos de presenciar uno u otro acontecimiento y de acercarse a nuestra cultura. Ante la previsión de un aumento considerable del tráfico en carretera, sobre todo en las ciudades protagonistas del 92,

el Ministerio de obras Públicas aunó esfuerzos con los gobiernos autonómicos y municipales.

Se emprendieron necesarias reformas viales de acceso a las dos ciudades y se mejoraron las autovías y carreteras de las regiones de Cataluña y Andalucía. La intervención fue mayor en Andalucía, puesto que Cataluña ya contaba con autopistas. Los accesos fueron sensiblemente mejorados, sobre todo en lo referente a las necesidades del tráfico reales que los eventos requerirían.

Al Plan de Autovías se añadieron nuevas actuaciones que no estaban contempladas de antemano, pero que no por ello dejaban de ser importantes: las rondas de circunvalación de Córdoba, Málaga, Valladolid, el cinturón litoral de Barcelona y, en Madrid, el Nudo Sur que enlaza la carretera de Andalucía con la M-30. Este último se consideraba el proyecto de infraestructura viaria más importante de la capital, mientras que para el cierre Norte se propuso en forma de autopista, aunque finalmente resultarían unos grandes bulevares que su autor, José Antonio Fernández Ordóñez, llamó Avenida de la Ilustración.

El Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente incorporó dos nuevas ideas a su estrategia, decisivas para el desarrollo empresarial del país. En primer lugar, para el control de calidad de las obras contrató los trabajos de asistencia técnica a empresas especializadas, favoreciendo el desarrollo de las empresas consultoras de ingeniería civil. Por otra parte, para la conservación de la nueva red se aprobaron e iniciaron los contratos de mantenimiento integral, también encargados a empresas especializadas. De este modo nacía un nuevo elenco de empresas de servicios integrales para las infraestructuras. En paralelo, el proyecto y construcción de dichas infraestructuras propiciaría en la Administración la formación de equipos gestores y técnicos perfectamente cualificados, con un considerable potencial para nuevas inversiones en el país.

Junto con la apuesta de inversión en infraestructuras viaria, se optó también por apoyar la investigación y el desarrollo tecnológico en materia de carreteras. Como fruto de este impulso resultó la creación del Centro de Estudios de Carreteras que, dirigido por José Luis Elvira, inició los estudios de firmes a escala real en la pista de ensayos, instalación que durante años fue referencia obligada del sector. Es innegable que esta década de construcción febril facilitó el desarrollo y la puesta al día de las constructoras españolas. Así, se introdujeron nuevas tecnologías avanzadas en el campo de la construcción. Todo ello favorecía la integración de nuestro país en los mercados internacionales, así como la competitividad de nuestra economía. Nuestras empresas estaban listas para saltar al panorama internacional.

A comienzos de los 90, la carretera era la estrella de las inversiones del MOPU, por encima de otros sectores. Los capítulos del Primer Plan General de carreteras se completaron con el Segundo, 1992-2000, en el que quedaron previstos los tramos:

- La Ruta de la Plata: Algeciras-León, pasando por Sevilla, Badajoz, Cáceres, Salamanca, Zamora y León.
- Hacia Francia por Somport, desde Valencia por Teruel y Zaragoza. Además un tramo entre Teruel y Ciudad Real para conectar con las nacionales III y IV.
- El camino de Santiago, por Burgos, León y Astorga.
- El eje Norte-Sur, Burgos-Santander y Bailén-Motril.

- El corredor del Mediterráneo: Málaga-Adra.
- Los accesos a Galicia: Benavente-Coruña y Benavente-orense.

A su vez, el Plan Director de Infraestructuras 1993-2007 tuvo un carácter de plan estratégico y global. Planteó una política de infraestructuras como instrumento de una estrategia de competitividad territorial, incorporando la protección de medio ambiente y la mejora de la calidad de las infraestructuras como criterios determinantes en la orientación de las inversiones frente a las políticas tradicionales, dirigidas al incremento de la capacidad de los sistemas de infraestructuras. Parecía un primer intento de planificación integrada. Aunque se le puede achacar una falta de programación de actuaciones concretas, suscitó un amplio debate al que se incorporaron los aspectos económicos y financieros, asunto recurrente al que prestaremos atención más adelante.

El continuo discurrir de inauguraciones de tramos, conexiones, variantes y rondas, fue ampliamente publicitado y empleado como instrumento político por las distintas administraciones. En el caso de la administración central, a las inauguraciones a cargo de los Ministros de obras Públicas Sáenz de Cosculluela y Josep Borrell, se sucedieron las de los Ministros de Fomento Arias Salgado y, ya en el año 2000 ,del ingeniero de caminos Álvarez Cascos. Por citar algunas, en los primeros años 90, se inauguraron las variantes de Alicante en la A-7, de Tembleque en la autovía de Andalucía, de Soria, de Navas en Asturias, de Huesca, de Palencia y la primera fase de la circunvalación de Valencia, conocida popularmente como el «By-pass». Se abrían también, entre otros, numerosos tramos de las autovías gallegas del Noroeste y de las Rías Bajas, de la autovía Zaragoza-Huesca, y la ampliación de un tercer carril en el «By-pass» de Valencia.

Las mayores tensiones se produjeron en el País Vasco. Sobre la autovía de Leizarán entre Guipuzkoa y Navarra, aprobada en 1990 por la diputación guipuzcoana, pesó la amenaza de ETA, que en varios comunicados amenazaba a las empresas y técnicos que intervenían en la construcción. Las obras sufrieron además la presión y las movilizaciones de una organización popular apoyada por HB y conocida como «coordinadora anti-autovía». Las amenazas se vieron tristemente cumplidas con el asesinato en 1991 del ingeniero de caminos José Casañ. A pesar de ello, la firmeza venció al terror y la autovía fue puesta en servicio en 1995. En otro punto geográfico, el cierre en 1996 de la autovía de Extremadura, en la que destacó el tramo Almaraz Este-Jaraicejo Sur que incluía el viaducto sobre el Tajo y los túneles de Miravete, tuvo importantes consecuencias socioeconómicas en el territorio y culminó el proyecto de comunicación de Extremadura con el resto de España, al tiempo que facilitaba la conexión de esta región con Portugal.

Destacan también las infraestructuras viales de Cantabria, de gran trascendencia en la región, encerrada en sí misma hasta entonces como consecuencia de sus deficientes comunicaciones con el exterior. La inauguración en marzo de 1995 del tramo Treto-Hoznayo y Castro Urdiales-Colindres, producía por fin la unión por autovía entre Bilbao y Santander. Y en febrero de 1996 se ponía en servicio el tramo Novellana-Cadavedo de la carretera nacional N-632 de Ribadesella a Luarca, reconocido con el premio Puente de Alcántara. En palabras del jurado, la obra destacaba por «la elevada calidad técnica del proceso constructivo utilizado en los diferentes viaductos y

especialmente el avance en voladizo del arco de la Regenta». Se destacaba igualmente la importancia económica y social de la obra como eslabón esencial en la reestructuración territorial de Asturias y del conjunto de la Cornisa Cantábrica. La calidad de los métodos utilizados y la cuidada pulcritud con la que se lograba su integración en el paisaje asturiano, hacían de la obra un ejemplo de actuación en un territorio de complicada topografía que dio como resultado una carretera de gran belleza, tanto por su propio trazado como por el disfrute del paisaje circundante que el tránsito por la misma provocaba al viajero.

Otra obra relevante, la conexión con Francia que uniría la N-330 española con N-134 francesa, estaba incluida en el Plan de Infraestructuras de la Unión Europea por su relevancia al superar la barrera pirenaica entre los dos países. Con el túnel de Somport se dotaría de una tercera vía importante de comunicación, constituyendo un itinerario alternativo a los pasos actuales y contribuyendo a una mayor permeabilización de los Pirineos. Hasta entonces, el tráfico se produciría todavía por los pasos de Irún y la Junquera, en los dos extremos de la cordillera pirenaica. El túnel de 8.608 m de longitud, 5.759 m en territorio español y 2.849 m en la vertiente francesa, sería el más largo de España. Las medidas de seguridad proyectadas incluían 9 galerías de evacuación, 8 de ellas están conectadas con el paso del ferrocarril, 86 nichos de incendio, 11 refugios, 9 galerías de retorno, y 5 apartaderos, además de un circuito cerrado de televisión con cámaras a cada 100 metros. En enero de 1994 comenzaron las obras de construcción del túnel de Somport, que hasta entonces había sufrido diversos retrasos. El convenio entre Francia y España se había pospuesto varias veces y había sufrido un fuerte frenazo también debido a las alegaciones sobre los impactos medioambientales ante la Comunidad Europea que bloquearon los 1.800 millones de pesetas de la CE para la financiación del túnel. julio de 1997 se finalizaban las excavaciones y se producía el encuentro subterráneo entre ambos lados.

De gran trascendencia resultó el cierre de la autovía Madrid-Valencia. Inaugurado en julio de 1998 el tramo entre Almansa-Valencia, la apertura total de la autovía quedaba pendiente de un único tramo, el de Minglanilla-Caudete de las Fuentes. Esta conexión había sido siempre objeto de polémica y de dificultades. En uno de sus primeros números, hacía casi 150 años, la RoP dedicaba muchas de sus páginas a describir los problemas surgidos en la entonces carretera Madrid-Valencia en el famoso «paso de las Cabrillas» en las inmediaciones del río Cabriel, por los mismos parajes que, más de un siglo después, dieron origen a grandes controversias. Rechazado el primer trazado por cuestiones medioambientales y enfrentamientos políticos, se trazó una solución que se alejaba de las Hoces del Cabriel, pero pasaba sobre el embalse de Contreras. Tras sucesivas modificaciones de proyecto por parte de la constructora, ACS-Firmecivil, el puente que debería salvar el embalse se dejó para el final. En octubre de 1997 el adjudicatario advirtió que, dado que la finalización de las obras estaba prevista para noviembre de 1998, el suministro de acero para el puente no se podía satisfacer ese plazo. Con esta premisa, se optó por aprovechar el material de un puente sobre el río Sil y su adaptación a la obra de Contreras, pese a que las características de las brechas eran distintas y el vano central, de 170 m, exigió la ejecución de cimentaciones sumergidas en el embalse.

Puente de la A3 sobre el embalse de Contreras, Julio Martínez Calzón.

Finalizado el viaducto, con proyecto de Julio Martínez Calzón, en noviembre de 1998 Valencia se convertía por fin en la ciudad costera mejor comunicada con la capital.

En el año 2000, con el difícil paso de Piedrafita en la Madrid-A Coruña, se completaba la red radial de Autovías que preveía unir con la capital las seis grandes ciudades más alejadas en el primer Plan de Carreteras (1981-1991).

También las costas españolas estaban ya a nuestro alcance; la carretera costera se había transformado en autopista. Era posible acceder fácilmente a cualquier punto geográfico: la autovía del Cantábrico avanzaba hacia Asturias, la de la costa de Galicia estaba finalizada; en Andalucía el coto de Doñana se había salvado, pero el resto de la costa andaluza, hasta Carboneras, en el límite de Murcia, se encontraba casi cerrado. Y, completada ya la Autopista A-7 con las últimas variantes, alguna que popularizó el famoso «semáforo de Europa», el último que pasaban los vehículos antes de entrar en la red europea, la Autovía del Mediterráneo unía ya a todas las ciudades costeras con el resto de Europa.

En la primera edición del Premio Acueducto de Segovia, el Colegio de Ingenieros de Caminos destacó el tratamiento ambiental del tramo Sagunto-Soneja de la autovía de Aragón, perteneciente a la Demarcación de Carreteras del Estado de Valencia y construido por FCC. En la ejecución del firme se hizo la elección de una capa de rodadura con aglomerado poroso (PA-12), utilizándose

una mezcla con el máximo número de huecos posibles para mejorar las condiciones de rodadura, disminuyendo el impacto sonoro. Para la selección de las especies vegetales a reproducir e introducir en el entorno se tuvieron en cuenta factores como el poder germinativo, la resistencia al estrés de plantación, la producción de biomasa y la forma, el cromatismo o la riqueza florística.

El Congreso Mundial de la Carretera de París de 2007 se celebró con el lema «La elección del desarrollo sostenible». Con la crisis económica, la incipiente sensibilidad ambiental del sector y la capacidad profesional de empresas y administraciones no exime a las carreteras de sus propias contradicciones. En el estallido de la crisis económica, el automóvil, protagonista de los espacios publicitarios, sigue superando sus niveles de potencia y sus números de ventas, y se muestra aún reticente a introducir nuevas soluciones tecnológicas en sus motores.

El desafío de la carretera es replantear su realidad, adaptándose a nuevos modos de uso y movilidad que no contribuyan al desequilibrio ambiental del planeta.

2. FERROCARRILES, LA RED EUROPEA DE LA ALTA VELOCIDAD

Al empezar la década de los 80 *Renfe* no había conseguido eliminar los factores que incidían en la mala imagen que tenía el ferrocarril. Entre ellos, la falta de enlaces interregionales que obligaban el paso necesariamente por Madrid, una oferta demasiado rígida que imposibilitaba crear el hábito de usar el tren, un material vetusto,

AVE Madrid - Málaga pasando por Adamuz.

Viaducto de Sant Boi en la Línea de Alta Velocidad entre Tarragona y Barcelona, Juan Sobrino, 2007.

y una puntualidad bastante deficiente. Su déficit ascendía a 64 000 millones de pesetas.

Se inició un plan para beneficiar a los usuarios con la implantación del servicio «Inter-city», la creación de corredores o ejes -Madrid-Valencia, Madrid-Zaragoza- con 4 trenes diarios en cada sentido, o la remodelación de 21 relaciones de cercanías en torno a siete núcleos: Madrid, Barcelona, Valencia, Murcia, Asturias, Burgos-Vitoria-Bilbao y Córdoba-Sevilla-Málaga-Cádiz. Cinco empresas nacionales, CAF, MACoSA, General Eléctrica Española, Maquinista Terrestre y Marítima, y Westinghouse Ibérica, se comprometieron en el diseño de un prototipo de tren especial para el traslado de masas de viajeros en distancias cortas, es decir, diseñar un prototipo de tren de cercanías, con una óptima relación peso-potencia para alcanzar buenos rendimientos en aceleración y frenada.

El plan de actuación de *Renfe*, sin embargo, siguió con intervenciones puntuales que la ciudadanía apenas apreciaba; electrificación de tramos, mantenimiento de vía o renovación, como hacía Agromán entre Redondela y Santiago, elimina pasos a nivel, etc. Todo seguía aparentemente igual. En un mundo en el que la tecnología avanzaba tanto, no se acababa de ver, como comenta F. Benjumea, una política coherente que definiera el campo de actuación del ferrocarril frente a la aviación y la carretera.

Un acontecimiento muy popular cambiaría las tornas, el Mundial de Fútbol de 1982 en Sevilla. Ante la previsión de una avalancha de aficionados, la estación de Plaza de Armas se había quedado pequeña, por no mencionar el estrangulamiento en Despeñaperros que sufrían los trenes, condicionando todo el tráfico ferroviario.

Renfe tenía motivos para empezar a calentar motores, los cuales se verían reforzados ense-

guida dadas las novedades excepcionales de los Juegos Olímpicos en Barcelona y una Exposición Universal en Sevilla.

Lo que había comenzado siendo unos tanteos para resolver un problema acuciante, el tramo Brazatortas-Córdoba para evitar Despeñaperros, siguió ampliando sus aspiraciones. Primero, por el lado de Madrid, planteando el desdoblamiento de vía en algunos tramos, después, casi sobre la marcha, comenzó a vislumbrarse la posibilidad de hacer un trazado completamente nuevo. Una nueva línea desde Madrid a Sevilla que podría, incluso, ancho internacional. El Ministro José Barrionuevo lo asumió rápidamente, y así comenzaba la gesta de la Alta Velocidad en España.

En 1980 se había presentado el Plan General de Ferrocarriles con una inversión a 12 años. Para superar la infraestructura radial, incluía nuevas líneas: la terminación del Santander-Mediterráneo, potenciando el eje Cantábrico-Mediterráneo, el eje Brazatortas-Córdoba como nuevo acceso a Andalucía, y el de Linares-Albacete que la unía con Levante. Se potencia además la 2ª clase, las literas nocturnas y trenes diésel autopropulsados, se adecuan las terminales de viajeros, medidas de seguridad (pasos a nivel, frenado automático), renovación de más de 5 000 km de vía, adquisición de 1 351 locomotoras eléctricas, 170 diésel y 180 trenes diésel autopropulsados, pero la mayor novedad fue el impulso dado a las cercanías. El Libro Blanco del transporte, en 1979, contemplaba por primera vez, la puesta en marcha de una política integrada, con un decidido impulso a los transportes colectivos como medio de ahorro energético, intensificando las líneas electrificadas que se alimentan de energía nacional, para limitar el consumo de derivados del petróleo. Se termina la electrificación de la línea Linares-Almería, se renueva la vía en la provincia de Cáceres, se eliminan pasos a nivel en la línea de Madrid a Badajoz, se establece la doble vía entre Asturias y León salvando Pajares, y entre León-La Robla, se realizan ensayos con geotextiles para aumentar la capacidad portante de la plataforma debido al mejor reparto de las cargas. En la ciudad, se conecta con los ferrocarriles metropolitanos, se establecen aparcamientos de disuasión y cambio modal, y se remodelan estaciones.

En 1986, *Renfe* impulsó el Plan de Modernización de Estaciones con una inversión de 3.000 millones de pesetas para mejorar 250 de sus 676 estaciones. Por entonces, la opinión del usuario era demoledora: «sucias, mal acondicionadas, sin asientos, incómodas, frías, viejas, anticuadas y mal organizadas». Además de mejorar su imagen, los ferrocarriles valoraron su patrimonio, en un año que se creaba precisamente y con su apoyo, la Asociación Española del Patrimonio Industrial y de la Obra Pública.

El Plan de Cercanías de Madrid que el Ayuntamiento con suscribió con *Renfe*, se definió técnicamente en consonancia con el Plan General de Madrid. Se estructuró sobre los ejes de penetración que formaban los principales corredores:

- Madrid-Colmenar Viejo
- Madrid-Guadalajara
- Madrid-Aranjuez
- Madrid-Parla-Fuenlabrada
- Madrid-Villalba
- Aluche-Móstoles

Se estudió el billete combinado Metro-Bus-Tren Cercanías, y las líneas de Parla y Fuenlabrada se prolongan hasta Atocha. Nacía así la hoy tristemente famosa estación de cercanías que no se inauguró hasta el 27 de julio de 1988, y también se remodeló la estación de Príncipe Pío confluencia de dos estaciones de Metro y una de Cercanías.

Más adelante se perfiló el Plan de Transporte Ferroviario (PTF) elaborado por el Ministerio de Transporte, Turismo y Comunicación dirigido por Abel Caballero. Tres serían los objetivos principales:

- Dedicar el ferrocarril al transporte de viajeros en tramos de alta velocidad;
- Especializar el transporte de mercancías bajo la idea de entrega a plazo fijo;
- Perfeccionar el sistema de cercanías.

El mayor reto sería construir un ferrocarril de alta velocidad entre distancias medias, considerándose al principio de una forma un tanto tímida para velocidades medias de 120-160 km/h, aunque pronto se empezarían a plantear los 200-220 km/h.

A comienzos de los 90 la red ferroviaria española seguía anticuada y técnicamente obsoleta. Desde *Renfe* se advertía que el 50 por 100 de la Red había superado su vida útil. El Plan de Transporte Ferroviario resultó carente de ambición. Apenas aprobado quedó invalidado por la implantación acelerada del Tren de Alta Velocidad y el cambio del ancho de vía para acomodarse al ancho europeo. Fueron decisiones acertadas, de alcance histórico, aunque tal vez precipitadas. Lo que resultaba evidente es que la modernización de la red ferroviaria era una necesidad urgente que precisaba de un importante esfuerzo inversor.

La red europea de Alta Velocidad comenzaba a tomar forma. Europa puso en servicio los primeros tramos de alta velocidad ferroviaria: en 1988 el FS italiano entre Roma y Florencia, en 1989 el TGV Atlantique francés entre París y Le Mans y en 1991 los tramos alemanes de Hannover-Warzburg y Manheim-Stütthart.

En 1990 un TGV francés de ensayos alcanzó los 515,3 km/h batiendo el anterior récord del mundo de velocidad, los 406,9 km/h del ICE alemán. Se alimentaba el orgullo francés por sus récords de velocidad iniciado en 1955 con los 331 km/h tirados por dos locomotoras eléctricas. La ilusión de recorrer Europa sin bajarse de un tren chocaba con la realidad de las fuertes inversiones que la infraestructura precisaba.

En España, los 308 km del tramo Getafe-Córdoba fueron a comienzos de la década la mayor obra civil realizada en España. El AVE Madrid-Sevilla consumió más de la mitad de la inversión en ferrocarril hasta su inauguración en 1992, dando servicio a la exposición universal de Sevilla y uniendo ambas ciudades y sus nuevas estaciones. En Madrid la remodelación de la estación de Atocha liberó la marquesina histórica de 1892 de sus vías férreas para emplearla como invernadero de un artificioso jardín tropical. Mientras el AVE llegaba a Puerta de Atocha a una gran sala hipóstila, de carácter vertical y abierto, proyecto del arquitecto Rafael Moneo, Sevilla recibía a sus viajeros en la nueva estación de Santa Justa, espaciosa y de marcada horizontalidad, firmada por los sevillanos Cruz y Ortiz.

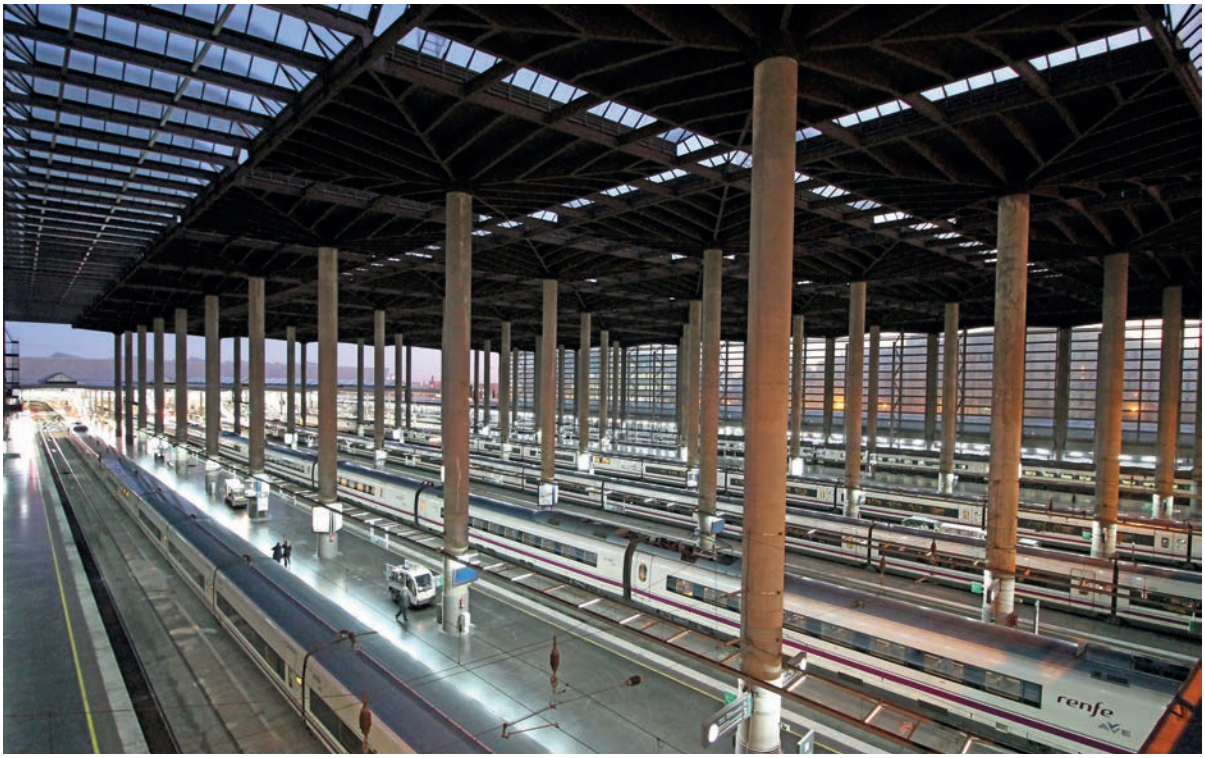
El AVE sería el símbolo del futuro y del nuevo protagonismo del ferrocarril. Acaparó un exceso de atención junto con el esfuerzo inversor, dejando en segundo plano la ampliación, renovación y mantenimiento de líneas convencionales y la labor extensa y continuada de supresión de pasos a nivel, puesta de actualidad cada vez que se producía un accidente. El término «alta velocidad» aplicado a magnitudes de 300 km/h se completaba con el de «velocidad alta» para los 200-220 km/h. Así, en 1995, las prioridades de obras Públicas en materia ferroviaria se completaban con dos líneas de velocidad alta: la adaptación y duplicación de la vía de los 381 km del corredor mediterráneo entre Barcelona

y Valencia, conocido hoy como «Euromed», y la línea que unía Madrid con Valencia y Alicante, sobre la que circularían los primeros «Altaria».

Si las altas velocidades renovaban los mercados del transporte de viajeros y suponían un nuevo impulso a las estrategias de uso del transporte público, en las mercancías el llamado transporte combinado alcanzaba «una participación significativa en el tráfico terrestre europeo, como técnica de transporte de contenedores que puede utilizar varios medios: marítimo, ferrocarril, carretera.»

Por otra parte, la necesidad de aumentar la velocidad comercial del transporte ferroviario exigió una profundización y mejora de los conocimientos en un gran número de campos: el comportamiento de la vía, en especial su calidad geométrica, aspecto ligado directamente al concepto de tolerancia; los mecanismos de deterioro de la capa de balasto bajo la acción de las cargas de tráfico; el comportamiento de la vía en placa, entre otros. Las exigencias geométricas de los trazados precisaban túneles y puentes para ajustar la traza al territorio. Los túneles presentaban nuevos condicionantes aerodinámicos y nuevos criterios de dimensionamiento, mientras los puentes debían responder a las fuertes solicitaciones ferrroviarias y a las limitaciones deformativas que el tren exigía, a la vez que se planteaban problemas dinámicos y de interacción vía estructura.

El desafío técnico no era el único, en paralelo se debía resolver la financiación y la gestión de las infraestructuras. En 1997 la aprobación por el gobierno del estatuto regulador del nuevo ente Gestor de Infraestructuras Ferroviarias (GIF) abría



Viaducto de Sant Boi en la Línea de Alta Velocidad entre Tarragona y Barcelona, Juan Sobrino, 2007.

la puerta a la entrada del capital privado en el transporte ferroviario y a la fragmentación de la empresa pública, aunque el AVE Madrid-Barcelona no consiguió atraer inversión privada a la construcción de la infraestructura. El coste de la construcción planteaba enormes dificultades a los inversores a la hora de recuperar el dinero a través de un canon. Así, la construcción de la obra civil de la línea se financió con cargo al Estado, mediante aportaciones de los Presupuestos o mediante endeudamiento del propio GIF.

A inicios del siglo XXI una gran parte de la infraestructura del AVE Madrid-Barcelona-frontera francesa estaba construida o pendiente de licitación. La red de Alta Velocidad Española preveía su continuidad y estaban en estudio los corredores de Levante (que conectaría Madrid con Valencia, Alicante, Castellón y Murcia y se extendería hasta Almería), Andalucía (que conectaría Córdoba-Sevilla con Málaga, Jaén, Granada, Cádiz y Huelva), Noroeste (que uniría Navarra y La Rioja desde Barcelona), Norte Noroeste (el eje Madrid-Valladolid conectaría con las capitales gallegas y Oviedo, Gijón, Burgos, Salamanca, Santander, Vitoria, Bilbao y San Sebastián) y la conexión con Portugal.

En Europa, los dos túneles gemelos de alta velocidad ferroviaria de 51 km de longitud del enlace fijo del Canal de la Mancha, el conocido Eurotunnel que unía París y Londres estaba en servicio desde 1994. Su solución, con dos galerías ferroviarias de circulación y una intermedia de servicio, para trenes pasantes ordinarios y trenes lanzadera para el transporte de vehículos carreteros por el sistema *roll-on, roll-off* sobre vagones especiales, serviría de modelo para los estudios del enlace fijo a través del estrecho de Gibraltar, en los que la alternativa subterránea parecía imponerse a la solución de puente.

El sueño de una red europea de trenes de Alta Velocidad empezaba a ser una realidad.

3. PUENTES Y ESTRUCTURAS, SOFISTICACIÓN TECNOLÓGICA Y EXPRESIÓN FORMAL

El uso generalizado de la informática así como el conocimiento de sus posibilidades de análisis y representación, ofrecieron un nuevo panorama de dominio en el proyecto de las estructuras. Las capacidades de discretización y de cálculo tuvieron implicaciones que trascenderían a la concepción de las obras. Se abordarían con una nueva libertad formal.

La transformación en el proyecto y construcción de estructuras vendría caracterizada por la confianza en el futuro y en las nuevas posibilidades tecnológicas. En construcción se producen mejoras de los materiales y también de los procedimientos de proyecto, de ejecución, de fabricación y de montaje. El hormigón sigue el proceso de desarrollo mejorando sus prestaciones y diversificando sus aplicaciones. Las mejoras se centran en la reducción de peso, aumento de la durabilidad, calidad de los acabados y de las características mecánicas. El empleo de los hormigones de alta resistencia se extiende cada día a nuevos campos de aplicación, considerándose que la relación precio/resistencia es la característica que mejor define las ventajas económicas. En las estructuras metálicas, el acero establece sus mejoras a partir de la investigación en el campo de las aleaciones. También se producen mejoras en el aislamiento térmico y acústico de los vidrios y se generaliza el uso de los materiales «composites», siendo el PVC el principal polímero que se utiliza en construcción.

Pero la incidencia de las nuevas tecnologías en estos procedimientos pasaría, en gran medida, por la incorporación de la informática. Su utilización se

produciría en todos los campos de actividad: programas de métodos matriciales y de elementos finitos de modelización de estructuras, programas de tratamiento de textos, representación CAD, Diseño Asistido por ordenador, Fabricación Asistida por ordenador, que permitía programar la maquinaria para obtener productos «hechos a medida», integración de procedimientos en el tratamiento informático, etc. La informática se incorporaría también a la fase de la obra, en la organización y seguimiento de los parámetros de tiempo, coste y calidad.

En paralelo, se producía una mayor integración en el marco internacional. Así lo ponían de manifiesto, por ejemplo, los intercambios formativos entre Escuelas y las nuevas normativas nacionales y europeas. El final de siglo XX fue un tiempo de reflexión sobre la formación y de puesta en cuestión de la necesidad de un mayor número de titulados. Ello venía motivado por el incremento del número de alumnos que finalizaban la carrera, el número creciente de escuelas repartidas por España y la anunciada llegada de otros profesionales del resto de países de Europa y de Iberoamérica. A la proliferación de escuelas se añadía la equivalencia del título con otros diplomas europeos. Se generalizaron los intercambios entre centros europeos mediante becas Erasmus y programas de Doble Titulación. En este sentido, en la Escuela de Madrid, J. L. Juan-Aracil recibía el premio Erasmus de la Comunidad Europea como reconocimiento a su labor impulsora de movilidad e intercambios en la formación de los ingenieros de caminos.

Se definió un amplio cuerpo normativo de ámbito europeo para el proyecto y la ejecución de estructuras resistentes de edificación e ingeniería civil, conocido como «Eurocódigos». De ellos se encargó el comité técnico núm. 250 del CEN, Comité Européen de Normalisation, instituido como tal en 1990, año a partir del cual se publicaron las primeras normas con carácter provisional, desarrollándose desde entonces un largo proceso de evaluaciones y comentarios.

Los «Eurocódigos» se ordenaron en diez grandes grupos temáticos: bases de cálculo, acciones en estructuras, estructuras de hormigón, estructuras de acero, estructuras mixtas acero-hormigón, estructuras de madera, estructuras de masonería, proyecto geotécnico, comportamiento sísmico y estructuras de aluminio. Cada uno de los grupos se dividía a su vez en distintas partes, constituyendo en conjunto un cuerpo normativo coherente, aunque poco compacto, que exigiría el manejo simultáneo de múltiples documentos. Siguiendo la tendencia internacional, en 1996 se publicaban en España la RPX-95 y la RPM-95 para el proyecto de puentes mixtos y metálicos y en 1999 la EHE, que unificaba los conceptos de hormigón en masa, armado o pretensado, bajo el nombre único de hormigón estructural. Adelantándose al ejercicio mental que supondría el cambio de moneda de la peseta al euro, las nuevas normas se adaptaban al sistema internacional de unidades y exigían habituarse a los N/mm^2 en lugar de los kp/cm^2 y a los kN en vez de toneladas.

La exposición universal de Sevilla y los juegos olímpicos de Barcelona del 92, supusieron un campo de ensayo con la realización de un gran número de puentes y estructuras, muchas de ellas con decidida voluntad de singularidad.

Sevilla, además de la urbanización del recinto ferial y de las variadas arquitecturas de sus pabellones, estrenó una colección de nuevos puentes. A los puentes de finales de los 80, el basculante y el puente de La Cartuja, se añadieron el puente atirantado del Centenario, proyecto de Fernández

Ordóñez y Martínez Calzón, que resolvía el tablero con elementos prefabricados y ofrecía un cuidado artesonado en su vista inferior, o el arco azul del Cachorro, proyectado por Manzanares Japón, que como recuerdan los sevillanos «se construyó el puente antes que el río». Los dos puentes de mayor impacto simbólico para la Expo y para la ciudad de Sevilla fueron el arco de la Barqueta y el puente del Alamillo. El primero, según proyecto de Arenas y Pantaleón, optaba por una tipología clásica de arco atirantado por el tablero para salvar un vano de 170 m de luz. Su potente imagen visual se lograba con un arco único de plano central que se abría en ambos extremos, descomponiéndose en sendos pares de pies inclinados que liberaban el gálibo de paso y abrazaban al tablero. Como material estructural para el arco se optó por el acero frente al hormigón, debido a lo favorable de su ligereza y al reducido plazo de ejecución, planteándose un proceso constructivo basado en el giro y flotación. El arco, sus pies inclinados y las péndolas ofrecían una imagen sugerente y fácilmente legible y respondían a un claro esquema resistente. En contraste, el puente del Alamillo, con proyecto de Santiago Calatrava, se planteó como un objeto escultórico de composición formalista e intención expresiva de sus elementos estructurales. De la gran pila inclinada de 142 m altura partían 13 parejas de cables paralelos hacia el tablero de 200 m de luz, configurando en conjunto una gran arpa, telón de fondo de la Exposición Universal.

Puente del Alamillo en Sevilla, Santiago Calatrava, 1992.

Puente de la Barqueta en Sevilla, Juan José Arenas, Marcos Pantaleón, 1992.

Por su parte Barcelona había vivido una profunda transformación urbana con motivo de los Juegos olímpicos de 1992 que le otorgó una nueva imagen de la ciudad, moderna y progresista, a nivel nacional e internacional. Los cinturones de circunvalación y la redes de colectores, que permitieron alejar de la ciudad los riesgos de inundaciones producidas por los temporales mediterráneos, se completaron con la recuperación de una importante superficie para asomarse al mar y ampliar sus playas. Al lado del mar, en la nueva avenida Icaria, dos nuevos edificios en altura se erguían verticales sobre la línea de horizonte: la torre de Mapfre de 157 m de altura y la torre del hotel Ars, de 154 m. Entre ellas, el pez de Barcelona, una escultura de Franck Gehry.

En el anillo olímpico de Montjuic, destacaba el Palau Sant Jordi, un edificio de marcado carácter multifuncional que podía albergar todo tipo de eventos, desde la final olímpica de baloncesto entre el «dream team» americano y la selección española, hasta competiciones de motocross, conciertos, espectáculos sobre hielo e, incluso, competiciones de windsuf. Y si en la ciudad de Sevilla comparábamos dos puentes, en Barcelona dos nuevas torres de comunicaciones levantarían su silueta en la ciudad. La torre de Collserola, concebida por al arquitecto Norman Foster y con proyecto ejecutivo español de Manuel Julia, en la parte de hormigón y tirantes, y de Julio Martínez Calzón en la estructura metálica así como en el proceso constructivo . Con una altura de 288 m, la torre se alejaba de la tipología convencional de fuste cónico pretensado y planteaba una nueva tipología estructural en la que el sistema portante estaba arriostrado al terreno mediante cables, recordando a las antenas flexibles atirantadas de comunicaciones. Se planteó un muy atractivo proceso constructivo por elevación completa de la estructura metálica del edificio y doble telescopado del mástil superior. Aunque con una altura mucho menor, los 135 m de la torre de Montjuic suponían un contraste a la «high tech» británica de Collserola y otorgaba de nuevo protagonismo a su proyectista, el ingeniero y arquitecto Santiago Calatrava. Con una inclinación de 17º con respecto a la vertical, que coincidía con el ángulo

Torre de Collserola, Norman Foster, Manuel Julia, Julio Martínez Calzón, 1992.

del solsticio de verano de la ciudad, la torre insistía en la aspiración metafórica y vocación escultórica de su autor.

Se había suscitado un debate. No existía congreso, simposium o publicación técnica que no dedicara atención a la estética de la obra de ingeniería. Las estructuras singulares asumían una función simbólica en los entornos urbanos, con una creciente relevancia mediática y social. Lo formal, las nuevas formas estructurales era un tema de actualidad y de atención preferente en el sector de la construcción. Arquitectos, escultores y diseñadores participaban de realizaciones hasta entonces reservadas al ingeniero civil. Calatrava, Foster, Piano, Rogers, Grimshaw, Zaha Haid, Koolhas, Miralles, proyectaban y construían puentes, pasarelas, torres, cubiertas... En junio de 1997 se inauguraba en París la exposición *l'Art de l'Ingénieur*, en el centro de arte contemporáneo Georges Pompidou. En los espacios expositivos del edificio, obra clave de la «high tech», bajo sus tubos de instalaciones, sus cables y sus piezas de fundición, se dispusieron planos, maquetas y autores en una atractiva propuesta expositiva que trataba de unir tecnología y arte. Se ponía de manifiesto la atención internacional al valor estético de las obras de ingeniería.

El aparato crítico del ingeniero civil resultaba a todas luces insuficiente para responder a los nuevos planteamientos. Algunos ingenieros reivindicaban la «verdad estructural» como punto de referencia. Señalaba Juan José Arenas: «Tal como nos enseña la obra de los grandes ingenieros, la belleza de una construcción desnuda, como es un puente, en absoluto puede quedar separada de su esencia funcional y resistente, siendo las formas depuradas al máximo donde, por el contrario, nace. En el caso concreto de los puentes, parece que sus formas han de ser el resultado de una

búsqueda rigurosa de la mejor verdad estructural en el sentido de valores auténticos de resistencia, eficiencia, economía y durabilidad, y rechazando de plano cualquier frivolidad de apariencia superficial no acompasada a esa realidad estructural».

La inquietud estética e intelectual de José Antonio Fernández Ordóñez contribuyó a la divulgación de una reflexión profunda sobre los valores estéticos de las obras ingeniería. En su discurso de ingreso en la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando abordaba nítidamente el tema: «Uno de los requisitos fundamentales que exige nuestro trabajo de ingenieros es la reflexión continua sobre la relación dialéctica, contradictoria y misteriosa, entre utilidad y belleza, ya que en nuestro quehacer diario se presenta de continuo el problema, en apariencia irresoluble, de conciliar la funcionalidad exigida con la belleza de las obras.» Desde la cátedra de arte y estética de la Escuela de Madrid transmitió a las futuras generaciones una sensibilidad especial para entender la profesión. Superando visiones reduccionistas, propuso una nueva mirada a las obras públicas como medio de «apropiación poética de la naturaleza». Con evidente lucidez, Fernández Ordóñez sugería que, ante la ausencia de recetas para garantizar la belleza, la obra de ingeniería no era completa en sí misma, tomada aisladamente, sino sólo dentro de un conjunto de relaciones naturales y sociales que trascendían su unidad concreta.

Pero las realizaciones avanzaron más rápido que el aparato crítico de la profesión. La seducción de las nuevas libertades formales era inevitable. Así, por ejemplo, la obra de Santiago Calatrava, y sus puentes en particular, desearon compatibilizar arquitectura e ingeniería con una confesada vocación escultórica ofreciendo una nueva y fascinante aproximación formal. Sus estructuras, blancas y luminosas, combinaban acero, vidrio y hormigón en un ceremonial tecnológico que se aproximaba, de hecho, al terreno de la escultura. Estructuralmente, a sus realizaciones se les podía achacar una magnificación de problemas modestos para ser resuelta mediante un alarde tecnológico. Pero, sin duda, Calatrava ha sido producto de su tiempo, capaz de ofrecer imágenes de impacto que se convierten en símbolos, responsables, en algunos casos, de la recuperación física y anímica de las ciudades donde se sitúan. En su obra definía un lenguaje propio que tuvo su reconocimiento en una fructífera carrera e innumerables menciones honoríficas, entre ellas, el premio Príncipe de Asturias de las Artes en el año 1999.

Con una aproximación diferente, Javier Manterola parte de una reflexión crítica de la situación de los puentes y de la posición del ingeniero estructural. Culminado un proceso de definición y optimización tipológica, se sitúa en una búsqueda de nuevos caminos, ampliando los planteamientos clásicos y sin perder la referencia del legado estructural recibido. Señala Miguel Aguiló en el libro dedicado a Manterola editado por la Fundación Esteyco en 2004: «Su exhaustiva búsqueda de las nuevas posibilidades de expresión formal de lo resistente, ofrecidas por los nuevos conocimientos y herramientas de cálculo, se apoya en un examen sistemático de los tipos estructurales. Entra en ellos y exprime sus detalles hasta que le es posible cuestionar el todo y producir un nuevo diseño innovador.» Su trayectoria profesional sería reconocida con el Premio Nacional de Ingeniería Civil en el año 2001. Los puentes de Manterola superan las premisas implícitas de los tipos e incorporan como estrategias de proyecto la asimetría, la planta curva, los alzados inclinados, el quiebro o lo redundante, que ya no son inconvenientes, sino acicates en la búsqueda de nuevas soluciones. Así tenemos, la pasarela del Voluntaria-

Pasarela del Voluntariado en Zaragoza, Javier Manterola, 2008.

do sobre el Ebro para la expo de Zaragoza en 2008. Una planta curva con atirantamiento a un lado y un mástil inclinado, que aprovecha el acoplamiento entre torsión y flexión generando un abanico de tirantes espacial asimétrico con recorrido visual muy dinámico.

Además de estas aproximaciones de autor, un rápido repaso a algunas de las realizaciones del cambio de siglo nos permite entrever una evolución hacia una mayor sofisticación de las estructuras. Surge un renovado interés por las soluciones en arco y casi podría afirmarse que los arcos le arrebataron al puente atirantado su estatus de «tipología estructural del momento». También se recuperó la celosía y se utilizó para ensayar nuevas posibilidades formales. Se abordaron soluciones más heterodoxas motivadas por una voluntad de expresividad de las obras.

Si la década de los 90 comenzaba con la puesta en servicio del viaducto de Cruzul, un puente de dovelas prefabricadas que supuso la introducción en España de la prefabricación conjugada, empleo de resinas epoxi en juntas, llaves múltiples de cortante y anclaje de los cables en el interior de la dovela, poco después se ensayaba el pretensado exterior en el puente de Fontejau sobre el río Ter en Gerona . España incorporaba las soluciones europeas de pretensado y prefabricación.

Entre los puentes atirantados, destaca la inauguración en enero de 1995 del puente de Normandía en la autopista francesa de Calais a Biarritz, en el nuevo acceso al puerto de Le Havre. Sus pilas en A con el fuste superior recogiendo el doble plano de atirantamiento y su vano central de 856 m supusieron la culminación del desarrollo tipológico del puente atirantado. En el

ámbito internacional tienen también relevancia los puentes de Ting-Kau en Hong Kong y el puente de Øresund, entre Copenhage y Malmö, ambos con importante aportación de la ingeniería española. El primero con la participación de Entrecubiertas y Canales en su construcción. El segundo con la construcción de los vanos de acceso de 140 m de luz, en tramos completos, en la factoría de Dragados de Puerto Real, para ser remolcados por barco desde Cádiz hasta el estrecho de Øresund. Entre los puentes atirantados construidos en territorio nacional destacan el viaducto de la ría de Asón, inaugurado en 1990, apenas unos meses antes del fallecimiento de Florencio del Pozo Frutos, el puente sobre el río Lérez en Pontevedra, el Puente Real de Badajoz, y el viaducto de La Arena, de Juan José Arenas, que resolvía elegantemente vanos continuos y un trazado en planta de doble curvatura con un único plano de atirantamiento central. Los 540 m de luz del espectacular puente atirantado sobre la bahía de Cádiz de Javier Manterola, empezado a construir en 2008, lo convertirían en el de mayor vano de España.

Como anunciamos, el arco se presentaba como uno de los pocos campos del diseño estructural todavía abiertos a la creatividad del proyectista, admitiendo una rica potencialidad de formas estructurales, procedimientos de análisis y procesos constructivos aún por desarrollar plenamente. Esa posibilidad se vio plenamente confirmada en múltiples realizaciones: el arco atirantado mixto pintado de blanco de Tamaraceite en Las Palmas de Gran Canaria, proyectado por la oficina técnica de Torroja, el arco mixto de acero corten y tablero superior diseñado por Pérez Fadón, el arco del Tablate de Javier Rui-Wamba, los arcos de Juan José Arenas, como el arco de la Regenta, en el que «el valle del río Cabo por su dimensión, su forma, su profundidad y su ubicación, entre la sierra y la mar llevaba a la mano a dibujar un arco» y la fecunda y atractiva línea de trabajo del estudio de Carlos Fernández Casado, S. L. bajo dirección de Javier Manterola y Leonardo Fernández Troyano.

El puente mixto se generaliza en España en la década de los 90, con la contribución de la norma RPX-95, además del interés de proyectistas y constructores. Contamos desde entonces con puentes proyectados por Esteyco, como el enlace de viario de nudo de la Trinidad en Barcelona, del estudio de Carlos Fernández Casado, S. L.; el puente de Ventas y el puente de los Franceses, ambos en Madrid, y otras realizaciones de Ideam, Fhecor y Apia XXI. Con proyecto de Fernández Ordóñez y Martínez Calzón, el pórtico del puente del Arenal en Córdoba de 1993, heredero de sus anteriores realizaciones, se transforma en el cuarto puente del Urumea en San Sebastián. Ejemplo este último de búsqueda extrema de simplicidad frente al formalismo dominante, al plantear un dintel sutil que salva 80 m de luz en un único salto; fue inaugurado en el 2000, poco después del fallecimiento de Fernández Ordóñez.

El cambio de siglo se caracterizó también por la recuperación de los dinteles en celosía. Ésta ofrecía nuevas posibilidades de competitividad, soluciones formales variadas y diafanidad del dintel, a la vez que un nuevo campo de investigación e innovación. Podían construirse celosías verticales o inclinadas, secciones triangulares o celosías espaciales. Destacan nuevamente las realizaciones de Javier Manterola y el equipo de Carlos Fernández Casado, S.L. , entre ellas, el puente de Euskalduna en Bilbao, cuya estructura refleja la búsqueda de una nueva aproximación dialéctica entre forma y

Puente Euskalduna sobre la ría de Bilbao, en Vizcaya, proyecto de Javier Manterola, 1997.

estructura. La descomposición de flexión y torsión determinan la sección en Z del tablero de planta curva. El dintel, mixto y pretensado, presenta además una novedosa sección transversal constituida por una triangulación superior horizontal que hacía de cubierta del paseo peatonal. La celosía principal inclinada separa acera y calzada, y se empotra en la parte inferior en una gran viga cajón con potentes voladizos laterales.

En el ámbito de la arquitectura, más permeable a las modas y a la impronta de autor, se produjo una revolución formal más espectacular. La postmodernidad dio paso a la deconstrucción y el informalismo en un ambiente de confianza, hedonismo y búsqueda de provocación y sorpresa. Se concretó formalmente en volúmenes inclinados, estructuras torcidas, edificios que parecían haber sufrido un terremoto, formas bulbosas, suelos que se convertían en fachadas y en techos, paredes curvas, referencias orgánicas y volúmenes gratuitos y azarosos. Aunque no abordamos sus planteamientos conceptuales, sí repasamos brevemente algunas de sus soluciones estructurales: las torre Picasso, las torres de

Puerta de Europa —conocidas como torres Kio— en Madrid y el museo Guggenheim de Bilbao.

Con sus 157 m de altura, la torre Picasso de Minoru Yamasaki, quien también proyectó las desaparecidas torres gemelas de Nueva York, presenta una tipología estructural propia de los años 70. Durante su proceso constructivo estandarizado incorporó como novedad un hormigón ligero de resistencia característica de 225 kg/cm^2 y densidad de 1.750 kg/m^3. El edificio con su recubrimiento de fachada se transformó en un elegante prisma blanco coronado por un sutil capitel curvo superior. Por su parte, los 115 m de altura de las dos torres de Kio en la plaza de Castilla de Madrid, de Philip Johnson y John Burgee, tuvieron mayor trascendencia en la arquitectura internacional al presentar una inclinación de 15 grados respecto a la vertical. La solución estructural se limita a un esquema a gran escala de bielas y tirantes compensado con macizos traseros de cimentación como contrapesos. Quedó demostrado que se podían resolver inclinaciones caprichosas, incluso en edificios altos, con costes relativamente moderados.

La construcción más influyente fue el museo Guggenheim de Bilbao, inaugurado en 1997. El proyecto de Frank O. Gehry, construido por Ferrovial con la estructura metálica de URSSA y arquitectura ejecutiva y dirección de obra de IDOM, acaparó desde sus primeros planteamientos una inusitada atención internacional. Sus volúmenes curvilíneos revestidos de piedra, titanio y cristal de inmediato se convirtieron en fascinantes símbolos de la renovación sociocultural de la ciudad de bilbaína. La insólita estructura del edificio vasco, concebida por el estudio americano de Skidmore, Owins & Merril, se planteó como grandes paredes de celosías triangulares que se adaptaban para definir la superficie de los volúmenes maquetados por el arquitecto y procesados por el programa Catia. Configuró un conjunto espacial muy hermoso, aunque oculto, que liberaba el interior del recinto y definió la disposición del cerramiento a la vez que dotaba de rigidez al conjunto. Se trata de una solución estructural versátil y elegante, acorde con la apuesta técnica y presupuestaria del proyecto, y con una concepción espacial heredera de los planteamientos resistentes de la edificación en altura. El museo Guggeheim demostraría que cualquier forma era resoluble.

Sin embargo, caber señalar que la estructura más representativa del sistema de organización económica global sigue siendo la construcción

Museo Guggenheim en construcción, Frank O. Gehry, SOM, IDOM, 1997.

Vista desde el norte del paseo de la Castellana y sus rascacielos: Cuatro Torres Business Area en primer plano, tras ellas las dos torres inclinadas de Puerta de Europa, al fondo Torre Picasso.

en altura. El rascacielos es icono del capitalismo y, como tal, se extiende por el mundo imponiendo su lógica, acompaña a la economía mundial en su carrera incesante en busca de nuevos mercados. A partir de los 90, Asia se incorpora a la carrera de los edificios en altura, con la mayor concentración de rascacielos y récords en altura.

En España también los rascacielos se elevan como nuevos protagonistas de la silueta urbana del siglo XXI. En Barcelona, el perfil de la torre Agbar, de Jean Nouvel, se levanta en el encuentro de La Diagonal con la plaza de Las Glorias. Benidorm acoge una concentración notable de rascacielos para hoteles y residencias. En Madrid se encuentran los cuatro edificios más altos de España, las Cuatro Torres, de sur a norte: Torre Cepsa, 248 m de altura, Foster+Partners, Halvorson and Partners; Torre PwC, 236 m, C. Rubio, E. Álvarez-Sala, MC-2 Julio Martínez Calzón; Torre de Cristal, 249 m, César Pelli, J. I. Viñals, ACS; Torre Espacio, 224 m, Pei Cobb Freed & Partners, MC-2 Julio Martínez Calzón. Su inauguración en 2008 puso de manifiesto la correlación de fuerzas entre los ciclos inmobiliarios y los económicos. A lo largo

de la historia los récords de altura de los rascacielos suelen coincidir con debacles económicas. La crisis del 2008 coincide con la inauguración del nuevo récord mundial de 828 metros de la Torre Burj Khalifa en Dubai y, en nuestro territorio, con la culminación de las Cuatro Torres.

4. LOS DEBATES DEL AGUA Y LA NUEVA ESTRATEGIA ENERGÉTICA

El agua también tuvo su protagonismo en el debate político. La climatología de la época, marcada por un importante periodo de sequía entre los años 1988-1995 interrumpido bruscamente por las lluvias e inundaciones de los años 1995/96 y 1996/97, condicionaría junto con el cambio político el desarrollo de la planificación hidrológica.

El proceso permanente de regulación de recursos se concentró en la búsqueda de la eficiencia en la explotación al servicio de la demanda, las exigencias ambientales, la producción hidroeléctrica y el control de las avenidas. En la concepción de las obras hidráulicas se incorporaron factores ambientales y ecológicos. Al prestar mayor importancia a la gestión de recursos, disminuyó la ejecución de las grandes obras. En la mejora de la operación de los sistemas se incluyó el ahorro así como la reutilización y la utilización conjunta de aguas subterráneas y superficiales. Se pasó de confiar casi exclusivamente en las grandes obras de ingeniería, a dar cada vez mayor importancia a los aspectos de gestión de los recursos. Se empleó el concepto «economía del agua» como un nuevo campo de la actividad económica.

Después de más de una década de diálogo en torno a los planes hidrológicos, a principios de los 90 se puso en marcha la redacción de un Plan Hidrológico Nacional, ambicioso y con vocación de larga duración. En palabras del Director General de obras Hidráulicas: «la administración del agua, en su triple perspectiva de bien económico, social y ambiental, constituye uno de los retos más comprometidos que tiene planteados nuestra moderna sociedad». En la primavera de 1993, el gobierno, a iniciativa del ministro de Obras Públicas Josep Borrell, remitió al Consejo Nacional del Agua el anteproyecto del Plan Hidrológico Nacional, el cual supondría la puesta en marcha de la iniciativa más ambiciosa para una mejor gestión del agua y del dominio público hidráulico.

Sin embargo, el Plan Hidrológico Nacional sufrió no pocos embates. Congreso y Senado resolvieron que antes de ser tramitado deberían aprobarse tanto el plan Nacional de Regadíos como los Planes Hidrológicos de Cuencas. Durante un duro periodo de sequía el Plan se fue retrasando, hasta noviembre de 1995, mientras se siguió trabajando en el Plan Nacional de Regadíos y desarrollándose los Planes Hidrológicos de Cuenca que mejorarían notablemente la utilización de las aguas subterráneas.

En palabras de los profesionales urgía «un gran pacto nacional capaz de superar los celos y egoísmos territoriales, así como una mejor administración de los recursos existentes». Para tal fin se crearía el «Foro del Agua», a iniciativa de cuyo presidente, José María Fluxá, se publicó el «Libro blanco de las aguas subterráneas», con dieciséis relevantes programas de actuación.

Los cambios de gobierno en 1996 intentaron paralizar el proyecto de Plan Hidrológico Nacional, aunque dada la necesidad acuciante el nuevo partido iniciaría de inmediato la redacción de otro nuevo plan en el que, como en su predecesor, se incluía el Trasvase del Ebro, originalmente ideado por Lorenzo Pardo. No tardó en presentarse la Reforma de la

Ley de Aguas, con voluntad de reactivar el parón que se había producido en la gestión hidráulica.

En primer lugar, al haberse aprobado tres Planes Hidrológicos de Cuenca (Tajo, Segura y Júcar), ya se podía poner en marcha la nueva planificación hidrológica. En segundo lugar quedaban autorizadas las transferencias de recursos; se establecía un «Mercado del Agua» en el cual los titulares de concesiones podrían cederla mediante contrato, con un precio de mutuo acuerdo y especial protección del medio ambiente. Por último se favorecía la incorporación de la iniciativa privada a todo el proceso.

La situación favorable del ciclo húmedo calmó los ánimos y permitió trabajar con mayor tranquilidad, de tal forma que en 1998 se aprobó para su remisión al Parlamento el Plan General de Regadíos y el propio Plan Hidráulico Nacional. Con el gobierno de Aragón a la cabeza, se sucedieron las protestas de todo tipo de colectivos y se anunció un recurso ante el Tribunal Constitucional, el cual se simultaneó con la creación de un grupo «antitrasvase» y la convocatoria de importantes manifestaciones en Zaragoza.

Aunque el Plan Hidrológico Nacional se aprobó en junio de 2001, el nuevo cambio de gobierno de 2004 derogaría la Ley del Trasvase, y anunció otro Plan basado en la desalación del agua del mar, con la instalación de hasta 35 plantas para tal fin. De nuevo quedó postergado un Plan Hidrológico mediante un pacto nacional.

Para la gestión de las cuencas, el SAIH (Sistema Automático de Información Hidrológica) que inició su andadura en el año 1983 se hará extensivo a todo el territorio nacional. Una red de captación de datos hidrológicos distribuida en cada una de las cuencas hidrográficas transmite en tiempo real a un centro de proceso de toda la información. La idoneidad de este sistema para desempeñar su cometido quedó confirmada tanto en las situaciones de avenidas –reduciendo los riesgos de inundación y minimizando los daños-, como en épocas de sequías –posibilitando el ahorro del agua-. En palabras del ministro, el SAIH

> constituye una infraestructura hidráulica peculiar –puente entre los dos elementos infraestructura/gestión de la política hidráulica-, pues no pretende, al menos en forma directa, actuar sobre el agua sino sobre las infraestructuras que la regulan, derivan, depuran, conducen o evacuan. Por eso, el SAIH transciende su papel de inversión para constituirse en elemento estructurante de la gestión de las cuencas, mediante el ejercicio de sus funciones de información en tiempo real, su papel de apoyo técnico en la toma y aplicación de decisiones y, finalmente, su configuración como elemento de control de las disponibilidades y flujo del recurso.

Sin embargo, no todo fue política y gestión. En 1990, siguiendo el ritmo satisfactorio de los años previos, aún había setenta presas en construcción. La oposición debida a la nueva sensibilidad medioambiental reduciría drásticamente el número y la importancia de las mismas, aunque al mismo tiempo aumentaría su mantenimiento y sostenibilidad.

Por entonces entró en servicio la presa de La Serena, construida sobre la cuenca del río Zújar, en la provincia de Badajoz. Con una capacidad hidráulica de 3.230 m^3 fue en su momento la de mayor capacidad de nuestro país, y la segunda de Europa.

Las primeras presas HCR, de hormigón compactado con rodillo, que se construyeron en España a mediados de los 80, tuvieron su continuidad en los noventa con presas como las de Cenza, Urdalur en Navarra, Sierra Brava en la cuenca del Guadiana, Rialb sobre el río Segre y la del Val, al pie del Moncayo, en la provincia de Zaragoza.

Presa de Castro de la Cogotas, Rafael López, 1992.

En la tipología de presas bóveda destacan dos realizaciones del ingeniero Rafael López, que significaron un gran paso adelante en la adaptabilidad de dichas estructuras para presas cerradas anchas o disimétricas: la de Castro de la Cogotas, sobre el río Adaja, y la del Pontón Alto, sobre el río Eresma, entre la Granja y Segovia.

Por su parte, la nueva presa de Tous II, de materiales sueltos, incorporaría una parte de su estructura anterior. Alcanzó los 135 metros de altura, 65 más que la anterior, y una capacidad de embalse de 700 hm^3.

En la cuenca del Guadiana Menor se pusieron en servicio tres presas con similar tratamiento de diseño, construidas bajo la dirección de Joaquín Delgado García; la presa de San Clemente (1992), la presa de Francisco Abellán (1997) y la presa de Portillo (1999).

Después del largo conflicto ambiental suscitado por la construcción de la presa de Itoiz, en Navarra, que llegó a los tribunales y a la Comisión Europea, en 1999 la justicia autorizó su llenado. La presa de gravedad, construida entre 1993 y 1999, tenía con 122 metros de altura y se completaba con un aliviadero de superficie de labio fijo y bordes curvados.

En 2011 comenzó la construcción del Canal de Navarra, que conduciría las aguas del río Irati a las zonas central y meridional de la provincia. El proyecto original contemplaba para el canal un recorrido de 177 km entre el Embalse de Itoiz y la localidad de Ablitas. Las dos administraciones

Presa de Tous, 1994.

promotoras acordaron hacerse cargo de la financiación de la ejecución de la obra, creando una sociedad pública llamada Canal de Navarra S. A. (CANASA) participada al 60% por el Gobierno de España (Patrimonio del Estado) y al 40% por el Gobierno de Navarra. A su vez, la sociedad pública «Riegos del Canal de Navarra, S. A.» gestiona el aprovechamiento del canal.

Por entonces en China se trabajaba a otra escala. Las noticias de la construcción de la presa de las Tres Gargantas sobre el río Yangtze causaban asombro, no sólo por la magnitud del embalse, 39.900 hm^3 que permitirían la instalación de turbinas con una potencia total de 18.200 MW, sino sobre todo por su trascendencia social: implicaba el desalojo y reasentamiento de un millón de personas.

Volviendo a nuestro territorio, además de las presas, el encauzamiento del río Segura desde la Contraparada (Murcia) hasta Guadamar del Segura (Alicante) y la recuperación de los sotos del río, eliminaría los riesgos en personas y haciendas de su entorno, tan castigada por el fenómeno de la «gota fría».

A lo largo de la década, el sector energético se experimentó una verdadera revolución. La crisis del Golfo, la crisis bélica provocada por la invasión de Kuwait en 1991, obligaron a replantear el grave problema estructural que para nuestro país significaba la desproporcionada dependencia energética de recursos foráneos. En 1989 España basaba el 54% de sus recursos energéticos en el petróleo.

El Plan Energético Nacional 1991-2000 pretendía una mejora de eficacia y una planificación flexible que garantizara la diversificación y el autoabastecimiento, con inversiones moderadas.

Presa de Otioz, 1999.

Siguiendo las recomendaciones de la CEE, se acordó una menor participación del petróleo, se mantuvo la del carbón y aumentaron la electricidad y el gas natura. Al cesar toda previsión referida a la energía nuclear, desde entonces ninguna nueva central nuclear entraría en funcionamiento.

En octubre de 1993 se puso en servicio el gasoducto de 26" Lacq-Calahorra, que uniría la red española con la europea a través de Francia para que recibiríamos gas procedente de Noruega.

El nuevo clima de relaciones políticas entre Marruecos y Argelia, posibilitó que el gasoducto Magreb-Europa se convirtiera en proyecto firme. Transportaría gas natural desde los yacimientos del Sahara Argelino, a través de Marruecos y del Estrecho de Gibraltar, hasta la península y, desde aquí, a otros países europeos. Las mayores dificultades técnicas del proyecto se darían en el cruce del Estrecho, fueron un desafío para su construcción, debido a las excepcionales condiciones hidrodinámicas y de entorno. En diciembre de 1996 los Reyes de España inauguraron en Córdoba la puesta en servicio del gasoducto.

En el campo de las energías renovables, el primer hito fue el mayor generador eólico de Europa, en cabo Vilano, en la costa coruñesa de Camariñas. El AWEG-60, un aerogenerador de 1,2 megavatios de potencia con tres palas de 30, desde entonces forma parte del paisaje de Costa da Morte.

Con los años se iría incrementado de forma notable nuestra capacidad de aprovechamiento eólico, con cerca de 500 aerogeneradores instalados a finales de 1994, superando los 70 MW de potencia total disponible. La madurez alcanzada quedaba reflejada en la creciente tecnología propia y en el número cada vez mayor de empresas relacionadas

Canal de Navarra, 2001-2012.

con el sector. Diez años después, la potencia generada mediante energía eólica alcanzaría los 8.200 MW. Tarifa, Canarias y la costa gallega son las tres áreas con regímenes de viento privilegiados para la explotación eólica. Además de la continua puesta en marcha de proyectos, la energía eólica ocuparía un lugar destacado en el Plan Energético Nacional, síntoma de la apuesta por las energías renovables como alternativa de futuro, aunada al compromiso de conservar el medio ambiente.

La Comisión Europea publicó el Libro Blanco de las Energías Renovables en 1997. La contribución de las energías renovables en España a la producción de electricidad supondría el 20% de la producción eléctrica nacional. De la misma, un 70% correspondía a generación hidroeléctrica y el 30% restante procedía de pequeñas minihidráulicas, biomasa, residuos sólidos, energía eólica y energía solar.

Los motivos argumentados para el fomento de dichas energías variarían con los tiempos. De considerarse exclusivas herramientas para el autoabastecimiento y el ahorro de combustibles fósiles, se pasó a una alta valoración de su reducido impacto ambiental y al positivo desarrollo tecnológico que, a través de programas I+D, fomentaba.

5. MODERNIZACIÓN DE PUERTOS Y REGENERACIÓN DE PLAYAS

Con el imparable crecimiento tanto del tonelaje de los barcos como del tráfico de mercancías, los volúmenes económicos de facturación y de necesidad de inversión en infraestructura que precisaban los puertos españoles, hacían necesaria una estructura desburocratizada en la gestión. Los puertos reclamaban nuevas dotaciones de instalaciones y de comunicaciones para reforzar su competitividad internacional.

Para tal fin, en 1992 se crearon las Autoridades Portuarias, englobadas en Puertos del Estado, un ente público dependiente del Ministerio, encargado de la ejecución de la política portuaria del gobierno, así como de la coordinación y control de eficiencia del sistema portuario.

Evolución del puerto de Valencia, 1946-2010.

Se establecieron 27 Autoridades Portuarias que gestionaban 53 puertos de interés general, quedando excluidos los puertos deportivos, pesqueros y militares.

Las principales inversiones del periodo se dieron en los puertos de Bilbao, Valencia y Barcelona. La ampliación del puerto de Bilbao hacia el Abra exterior se completó con una estación de mercancías ferroviarias, nuevos accesos viarios y ferroviarios, con lo que se convertiría en una terminal plenamente intermodal con vocación de convertirse en la principal Zona de Actividades Logísticas del Arco Atlántico. La ampliación del puerto se simultaneó con el proyecto de recuperación de *Bilbao Ría 2000*, la cual supuso una transformación de los terrenos portuarios y los diques de los antiguos astilleros, completamente degradados en un paseo fluvial flanqueado por el museo Guggenheim y el Palacio de Euskalduna, y comunicado por nuevos puentes y pasarelas.

Vista aérea del puerto de Valencia, 2022.

Entre 1980 y 2006, el puerto de Valencia creció de forma espectacular. Renovó el anticuado diseño del puerto en dientes de sierra, formados por estrechos muelles y dársenas. La ampliación quedaba enmarcaba entre el viejo y el nuevo cauce del Turia, y comprendía una nueva dársena protegida por un dique de abrigo de 3 km, el nuevo muelle Príncipe Felipe y una explanada ganada al mar de 160 ha. Las obras, realizadas por Dragados, lo convirtieron en el puerto de referencia del Mediterráneo occidental, ejemplo de dinamismo y eficacia en la gestión.

Desde su aprobación en 1990 el Plan Director del Puerto de Barcelona guió una etapa expansiva en la que se abordaron un buen número de proyectos clave. Las obras del Port Vell crearon nuevas áreas lúdicas y comerciales -Maremagnum, Acuarium, Imax, Palau del Marrodeadas de grandes espacios y áreas de recreo. La transformación del muelle de Barcelona, con la construcción del edificio sede del Word Trade Center y de las Estaciones Marítimas de pasajeros, establecieron la frontera terrestre. La frontera marítima quedaría marcada por la nueva bocana y el puente basculante de doble hoja entre los muelles de Poniente y Adosado, proyecto de Juan José Arenas. A ello se añadió el Plan del Delta del Llobregat, que planteó todos aquellos proyectos necesarios para la configuración de una Plataforma Logística apoyada en el Puerto de Barcelona y el aeropuerto del Prat. Dicha Plataforma vendría a significar un núcleo de actividad económica con potencial para apoyar la integración del área de Barcelona con los mercados europeos y para impulsar la integración del territorio español. Al mismo tiempo, las ampliaciones y nuevas pistas de los aeropuertos españoles no podían dejar de mirar de reojo a los grandes aeropuertos asiáticos inaugurados en la década: el aeropuerto de Kansai sobre una isla artificial en la bahía de Osaka, en Japón, o el nuevo aeropuerto de Chek Lap Kok en Hong Kong.

En el campo experimental, para el estudio a escala de los efectos de las olas en las costas españolas y la predicción de la evolución de los litorales, se construyó en el laboratorio de ingeniería marítima de la Universidad Politécnica de Cataluña un canal de 100 m de longitud, 3 de ancho y 5 de profundidad, junto con un generador de oleaje tipo cuña, único en el mundo a esta escala.

Otra realización de interés fue la prolongación del Muelle de Poniente en el puerto de Palma de Mallorca. La obra comprendió la ejecución de siete cajones flotantes de hormigón que fueron fabricados en Cartagena y remolcados hasta Palma de Mallorca, lo que supuso una travesía de 250 millas. Durante el remolque del segundo de los cajones se produjeron vientos de fuerza 6 y olas de 3,5 a 4,5 metros, que provocaron su hundimiento a 11 millas del puerto de destino. Afortunadamente, el remolque de los restantes cajones se produjo sin problemas. La realización parecía anticipar una obra mayor: el trasporte de los grandes cajones pretensados del dique flotante de Mónaco desde Algeciras en el año 2002.

Desde 1988 la Ley de Costas aspiraba a poner fin a un largo proceso de deterioro del litoral. Se trataba de una ley en la que confluían las competencias urbanísticas y de ordenación territorial de Comunidades Autónomas y Ayuntamientos, con objeto de corregir la devastación sistemática de la costa para su explotación turística. Las actuaciones en la costa del Plan Director de Infraestructuras pretendían corregir las situaciones pasadas, gestionar integralmente los recursos y plantear soluciones de recuperación.

Playa de la Zurriola y auditorios del Kursaal en San Sebastián.

Se acometieron numerosas actuaciones de regeneración de playas, acondicionamientos de frentes costeros y urbanización de paseos marítimos, entre las que la regeneración de los litorales canarios es un referente significativo. También se advirtió que la multiplicación de playas artificiales en los litorales rocosos españoles estaba causando un daño considerable a sus recursos biológicos, paisajísticos y recreativos. Era una llamada de atención, las playas artificiales, ese recurso para el acondicionamiento recreativo de la ribera, podían contribuir al deterioro ambiental.

La regeneración de la playa donostiarra de La Zurriola a mediados de los 90 fue ejemplo de atención de los aspectos medioambientales y cuidada actuación que definiría una nueva relación entre la ciudad y el mar. Los proyectos de Iribarren de 1935 y 1954 posibilitaron la formación de un depósito de arenas que configuró una pequeña playa interior. La ciudad había ocupado la antigua playa y la única forma de recuperarla era ganándola al mar, como fue la idea inicial de Iribarren. Para ello se construyó un dique curvo de escollera continuando el encauzamiento de la margen derecha del río Urumea, vertiéndose posteriormente 1 millón de metros cúbicos de arena de procedencia marina. La nueva playa conservaba el talud típico de playa del norte, con un carácter de playa abierta que permitía su uso deportivo. La obra se completó en 1999 con la construcción de un paseo marítimo rematando la costa y las dos rocas varadas de los auditorios del Kursaal, proyectadas por Rafael Moneo, constituyendo un conjunto muy hermoso con cierto carácter lírico en la que el nuevo paisaje

Dique de Levante en Málaga, 2001.

construido establecía una intensa relación con el entorno natural.

Los aumentos de calado en los puertos exigen alejarse progresivamente de la costa, lo cual requiere mayores longitudes y profundidades de los diques principales y grandes volúmenes de relleno para construir las explanadas adosadas. Con el nuevo siglo, en Málaga se completa el dique de Levante, un gran dique reflectante de planta parcialmente arqueada que funciona como muelle para cruceros en su parte interior. Su gran espaldón soportado por una serie de contrafuertes arqueados resulta característico.

Un buen ejemplo del gigantismo de las nuevas extensiones es el puerto del Musel en Gijón, ampliado para acoger graneleros de mayor tonelaje. La principal obra de abrigo es el dique de Torres, construido con bloques de mayor tonelaje según se aleja de la costa, que enlaza con una transición curva con el dique Norte, colocado perpendicularmente y con profundidades de hasta 30 m. Se construyó con cajones de hormigón de 52 m de eslora, 32 m de manga y un puntal de 32 m, cimentados sobre una banqueta.

Nuevo dique en el puerto del Musel en Gijón, 2008.

6. URBANISMO, TRANSPORTE PÚBLICO Y DETERIORO DE LA COSTA

La concentración en grandes núcleos caracterizó el desarrollo urbanístico de las últimas décadas del siglo XX e inicios del XXI. El crecimiento de las ciudades parecía no tener límite, se colmataban todos los territorios metropolitanos a la vez que se colonizaban nuevos espacios del extrarradio, incorporando las poblaciones vecinas a la gran urbe. Producto de un impulso global, España acogía nuevas formas de negocio, de ocio y de consumo, que fueron transformando no solo la fisonomía urbana sino también nuestro estilo de vida.

No deja de ser significativo que fue en esta época cuando se abrieron al público los primeros parques temáticos del territorio nacional: Port Aventura en Tarragona en 1995, Isla Mágica en Sevilla en 1997, que ocupaba los terrenos de la Exposición Universal, y Terra Mítica en Benidorm en el año 2000, a la vez que la Comunidad de Madrid y la empresa norteamericana Time Warner promovían un cuarto gran parque temático. Dichos parques temáticos ofrecían un mundo de ficción y decorados, concebido para la diversión y el consumo colectivo. Estos nuevos espacios de entretenimiento eran además indicadores de la transformación que vivía el país, incorporando en todo su territorio la oferta comercial de la sociedad global.

Los PAU, Programas de Actuación Urbanizadora, así como las promociones inmobiliarias y las nuevas urbanizaciones fueron colonizando las periferias urbanas en nuevos barrios ordenados alrededor de centros comerciales. El denominado *sprawl*, la extensión indefinida de las ciudades en forma de mancha de aceite, del que ya advertía Luis Fernández Galiano en el 2000 como esa «manera incontrolada de crecimiento urbano que destruye el entorno con la voracidad de su consumo de suelo y el despilfarro energético y la contaminación producida por la multiplicación de desplazamientos», exigía la creación de nuevas infraestructuras.

El transporte en las grandes ciudades se convertiría en uno de los principales problemas. Se hacía necesario resolver la comunicación de las extensas áreas metropolitanas y sus polos de actividad propiciando una buena distribución de la población, una localización productiva y terciaria y una infraestructura de transporte suficiente para atender, en buenas condiciones, la creciente demanda de movilidad. Todo ello en un escenario rápidamente cambiante debido al crecimiento de los núcleos urbanos. Se atacó en un doble frente. Por un lado, potenciando el efecto estructurante de la red en la planta de la ciudad, con las arterias radiales de acceso y cinturones de distribución de tráfico que condicionaban la expansión. Por otra parte, con el marco más global de una estrategia de transporte, considerando soluciones intermodales para diversificar la oferta: potenciando el transporte colectivo y ampliando redes e infraestructuras.

Entre la primera de las estrategias, resulta significativo el caso de la ciudad de Madrid. En 1997 se producía el cierre de la M-40, ofreciendo un anillo distribuidor de gran dimensión, con una longitud de más de 60 km de su eje principal. Comenzado a construir en 1987, en julio de 1990 se abría al tráfico el primer tramo. Era un hito importante en la labor de redistribución del tráfico rodado de penetración en la capital, que se quería compatible con una estrategia de transporte que apostaba por el transporte colectivo. Y mientras la M-40 se cerraba, estaba en construcción la M-45 y más allá la M-50. Por otra parte, las constantes demoras y los elevados tiempos de recorrido que se venían produciendo por el acceso a Madrid

a través de la N-VI, tantas veces remodelada y ampliada en un encadenado de intervenciones sucesivas, unido a su vez a los a los importantes desequilibrios de la demanda, hacían que los problemas de tráfico en el acceso fueran constantes. Ello originó la construcción de la calzada BUS-VAO y de su puesta en servicio en 1995 con un sistema automático de gestión. Desde su puesta en marcha, la calzada BUS-VAO fue aceptada positivamente por los usuarios y mantiene, aún hoy, un servicio de alta capacidad operativa.

Dentro de su casco urbano, Madrid aliviaba algunas de las zonas más congestionadas facilitando las salidas del núcleo urbano. Así, por ejemplo, en 1993 se abría el túnel de Cristo Rey y el paso inferior de María de Molina y en 1998 se ponían en servicio los pasos inferiores de Ríos Rosas e Islas Filipinas. Por otra parte, la rehabilitación de los cascos históricos de las ciudades se convirtió en una necesidad en el proceso de puesta al día de núcleos urbanos que venían sufriendo, durante años, un deterioro progresivo en sus infraestructuras y en sus edificaciones. Esta situación, tanto en barrios históricos como en la periferia, condujeron en algunos casos a situaciones de marginalidad y deterioro. Con un sentido de concepción integral del problema y participación de las Administraciones Públicas, en Madrid, por ejemplo, se iniciaron en 1994 una serie de actuaciones en las denominadas Áreas de Rehabilitación Preferente, que en 1998 dieron sus primeros resultados en los barrios de Lavapiés y Cañoroto.

El segundo pilar estratégico, quizás el más característico de la época, es la apuesta por la intermodalidad y por el transporte público. Es característico de las grandes ciudades la existencia de un número importante de usuarios que utilizan varios modos de transporte en el curso de un desplazamiento. Tradicionalmente, las ciudades habían contado con modos de desplazamiento diferentes que funcionaban con lógicas autónomas. La intermodalidad aportó básicamente la idea de que los diferentes modos de transporte deberían funcionar conjunta y coordinadamente al servicio de la movilidad de la ciudadanía. Ello suponía, por una parte, evitar duplicidades en la oferta y, sobre todo, establecer puntos de intercambio entre los diferentes modos de transporte público y con el transporte privado. Así, en el Plan de Infraestructuras 1993-2007 se definieron planes intermodales de transporte para las grandes áreas metropolitanas: Madrid, Barcelona, Valencia, Sevilla, Bilbao, Málaga, Zaragoza y Bahía de Cádiz.

En la estrategia intermodal el metro jugó un papel decisivo. Era el único medio de transporte público capaz de aportar capacidad sin afectar al tráfico urbano. Las estaciones se podían convertir en intercambiadores de transporte con otras líneas de metro, trenes de cercanías, autobuses urbanos, taxis o aparcamientos públicos. En los 90 se inauguró el metro de Bilbao y con el cambio de siglo se abordaron ambiciosos planes de ampliación en los de Barcelona, Valencia y Madrid.

El metro de Bilbao, se concibió como una Y formada por dos líneas principales: la línea 1, Plentzia-Basauri de 31 km de longitud, y la línea 2, Kabiezes Basauri de 20 km, con un tramo común San Inazio-Basauri. Se respondía así al desarrollo lineal de la ciudad, con un gran cuerpo central constituido por el municipio bilbaíno y dos largas extremidades que discurren por ambas márgenes de la ría. Comenzó su construcción en 1989, para ver la luz en noviembre de 1995 cuando el Lehendakari José Antonio Ardanza inauguró las 23 primeras estaciones de la línea 1. Con arquitectura del británico Norman Foster, el nuevo metro de Bilbao

Metro de Bilbao, Norman Foster, 1995.

ofrecía una potente unidad formal y una cuidada integración y nivel estético de todas sus instalaciones y sus detalles: desde los recubrimientos y las plataformas, hasta las barandillas, la señalética o el mobiliario. El metro llevaba la transformación urbana que vivía Bilbao, impulsada por el proyecto de Bilbao Ría 2000, al subsuelo, actuando sobre las mismas entrañas de la urbe y se ponía de manifiesto en el exterior en las marquesinas de acero y vidrio conocidas como «fosteritos».

Mientras en Valencia se acometía la ampliación de las líneas 3, 4 y 5, en Barcelona, la ampliación de la línea 2 del FMB se desarrollaba a lo largo de 9,1 km entre las estaciones de Paral.lel y La Pau. El primer tramo se inauguró en 1995 y el segundo en 1997. Los nuevos tramos de metro se caracterizaban por la supresión de las barreras arquitectónicas, la utilización de la vía en placa prefabricada en gran parte de la línea y la adopción de la catenaria rígida que requiería una menor exigencia de gálibo, y permitía un mantenimiento reducido y una renovación del hilo de contacto sin perder su geometría.

Pero las obras de mayor magnitud se realizaron en las ampliaciones del Metro de Madrid. Promovidas por Alberto Ruiz Gallardón desde la presidencia de la Comunidad de Madrid y bajo la dirección del ingeniero de caminos Manuel Melis, en el periodo 1995-1999 se realizaron 56 nuevos kilómetros, 38 de ellos en túnel, y 35 nuevas estaciones. Posteriormente, el plan 1999-2003 contemplaría añadir 58 nuevos kilómetros de líneas y otras 35 nuevas estaciones. La construcción de los túneles se realizó mediante tuneladoras de frente cerrado o mediante el Método Clásico de Madrid, el antiguo método Belga, utilizado ya desde la primera obra de la línea 1 en 1917. Los rendimientos alcanzados, verdaderamente excepcionales en el mundo, se debieron a la adecuada gestión y a la oportuna elección de los métodos constructivos. Se llegaron a popularizar los nombres de las seis máquinas tuneladoras EPB, de escudo de presión de tierras: «La Adelantada», «La Chata», «Almudena» y «Paloma», de 9,38 m de diámetro; «Cibeles» de 7,4 m y «Puerta del Sol» de 6,7 m. El plan 1995-1999 abarcó la prolongación

de la línea 1 hasta Congosto y la conexión con el antiguo fondo de saco de Miguel Hernández, la prolongación en dirección norte de la línea 4 con la puesta en servicio del nuevo tramo Mar de Cristal-Parque de Santa María, la implantación de una nueva estación en la línea 5 entre las estaciones de Aluche y Carabanchel, la prolongación a Valdezarza y Peñagrande de la línea 7 con cuatro nuevos tramos, la prolongación dela línea 8 asegurando la conexión con los recintos feriales en Campo de las Naciones y la llegada del metro al aeropuerto de Barajas, la ampliación de la línea 9 alcanzando los polígonos industriales de Arganda del Rey y Rivas-Vaciamadrid y la nueva línea 11 desde la Plaza Elíptica hasta Pan Bendito, extendiendo la red a los barrios más densamente poblados de la periferia. El nuevo plan de ampliación 1999-2003 incluía la ampliación de la línea 8 hasta Nuevos Ministerios, lo que permitiría conectar el aeropuerto de Barajas con el área central administrativa y de negocios de Madrid, la adecuación y prolongación de la línea 10 hasta Alcorcón y el conocido Metrosur, una nueva línea de metro circular y subterránea que vertebraría los núcleos urbanos de la primera y segunda coronas metropolitanas del suroeste de Madrid.

Durante el periodo 2003-2007 se realizó el plan de ampliación más ambicioso, con la prolongación de nueve de las trece líneas a la periferia de Madrid, la construcción de tres estaciones en tramos ya existentes y la construcción de tres líneas de Metro Ligero. Estas ampliaciones supusieron unos 80 nuevos kilómetros y 90 nuevas estaciones para la red de Metro.

La especulación urbanística mantenida durante todo el periodo y el irreversible deterioro de la costa lo sintetiza de manera certera Antonio Sarabia (Aguiló, 2012: p. 17):

> En el contexto de euforia producida por los mantenidos logros económicos, la desmesura de las decisiones de inversión privadas ha sido muy

Metro de Madrid, Estación de Puerta del Sur, MetroSur, 2003.

La Manga del Mar Menor.

> superior y menos planificada. Tanto la inversión residencial en viviendas y segundas residencias como la empresarial en capacidad productiva se han comportado de una manera más especulativa y con una nula atención a su sostenibilidad, demostrando una total ausencia de planificación.

Al lado de las cifras de viviendas, urbanizaciones, barrios enteros o polígonos industriales terminados y sin perspectivas de uso a medio plazo, los tan traídos aeropuertos sin aviones, autopistas sin tráfico o puertos sin mercancías no dejan de estar sobredimensionados, pero significan bastante menos en términos numéricos y económicos. Algunos de ellos son buena muestra de una cierta contaminación de la planificación oficial por intereses privados o influencias políticas locales. Y desde luego son menos excesivos en términos de ese lujo de materiales o detalles característico de muchos edificios institucionales y generador de grandes gastos de mantenimiento.

De todo lo acaecido, es necesario resaltar la gravedad del irreparable deterioro territorial y paisajístico de la costa española, especialmente la mediterránea pero también algunas zonas atlánticas. La presencia de los mencionados casos es un fenómeno de carácter local, desafortunado o dispendioso, pero de consecuencias menores y posible arreglo en el futuro. El destrozo de la práctica totalidad de la costa afecta a todo el país y supera cualquier posibilidad de respuesta actual o futura. En el pasado se ha puesto de manifiesto lo irreversible del consumo del suelo por la urbanización y no hay el menor indicio de posibles soluciones, ni siquiera puntuales, para arreglarlo.»

Recordemos que el detonante de la crisis financiera de 2008 fue el colapso de la burbuja inmobiliaria. Ejemplos tan sonados como el desastre ecológico y sistémico de La Manga del Mar Menor,

Playa del Algarrobico en el parque natural del Cabo de Gata-Níjar con el hotel ilegal.

resultado de un desarrollismo y presión especulativa mantenidos durante décadas; el triste caso de Mojácar, desfigurado por unas construcciones informes de aparcamientos, hoteles, bloques de apartamentos y villas falsamente vernáculas; o el hotel ilegal construido en la playa del Algarrobico en el parque natural del Cabo de Gata-Níjar, son solo una pequeña muestra del deterioro irreversible del litoral.

Parcialmente eclipsado por la crisis económica global, el cambio climático se anunciaba ya en el mundo y en la ingeniería civil como el principal reto a enfrentar como civilización o como planeta.

9. BIBLIOGRAFÍA

Aguiló, Miguel (2012): *Legado y proyección de lo construido en España*. ACS, Madrid.

Aguiló, Miguel (2013): *Qué significa construir. Claves conceptuales de la Ingeniería Civil*. Abada, Madrid.

Balaguer Camphius, Enrique; Izard Galindo, José Mª; ed. (2007): *Un siglo de caminos de España*. Asociación Técnica de Carreteras (ATC), Madrid.

Fernández-Galiano, Luis (2018): *Años alejandrinos (1993-2006). La edad del espectáculo, Tiempo de incertidumbre*. Arquitectura Viva, Madrid.

Fernández-Galiano, Luis (2021): *Las grandes esperanzas (1976-1992). Empeños sostenibles, Fracturas y ficciones*. Arquitectura Viva, Madrid.

López García, Mercedes; Bernabeu, Jorge (2005): *50 años construyendo el futuro, ingeniería e infraestructuras en España*. Constructora Hispánica, Madrid.

Negro Valdecantos, Vicente (2023): *Las ingenierías del mar. Reflexiones sobre sostenibilidad, medioambiente y cambio climático*. Catarata, Madrid.

Rubio, Andrés (2022): *España fea: el caos urbano, el mayor fracaso de la democracia*. Debate, Barcelona.

Tarragó, Salvador, ed. (2003): *Obras públicas en Cataluña*. Real Academia de Ingeniería et al., Barcelona.

Este libro de acabó de imprimir el 1 de febrero
de 2024, coincidiendo con el día
de nacimiento de Agustín
de Betancourt en 1758