

Grandes obras de ingeniería. Su proyecto y construcción



Jesús Gómez Hermoso

Doctor ingeniero de Caminos, Canales y Puertos / MBA.

Prof. titular en la Universidad Politécnica de Madrid.

Jefe Dpto. en SSTT de FCC Construcción

Resumen

En este artículo se realiza, en primer lugar, un breve repaso de los principales aspectos que afectan a los grandes proyectos de ingeniería: retos técnicos, coordinación entre empresas e instituciones, dificultades económicas y financieras, necesidad de investigación sobre proyectos singulares, nuevos procesos constructivos, contratos internacionales y colaboración entre diferentes ámbitos e, incluso, culturas de trabajo distintas. En segundo lugar se lleva a cabo un repaso sobre diversas áreas de actuación de la ingeniería civil en estos proyectos: puertos, túneles, puentes, edificios, obras hidráulicas, autopistas y ferrocarriles.

Palabras clave

Ingeniería civil, construcción, procedimientos de construcción, investigación, desarrollo e innovación, licitación y contratación, financiación, puerto, túnel, puente, edificio, obras hidráulicas, autopistas, ferrocarril

Abstract

This paper show a brief review to principal aspects of great engineering projects: technical challenges, companies and institutions coordination, economic and financial difficulties, research about singular projects, new construction methods, international contracts and collaboration among different areas and different work cultures. At second we review several civil engineering areas in this great projects: harbors, tunnels, bridges, buildings, hydraulic works, highways and railroads.

Keywords

Civil engineering, construction, construction methods, research and development, innovation, tendering and contracting, financing, harbor, tunnel, bridge, building, hydraulic work, highway, railroad

1. Introducción

Las grandes obras de ingeniería no son algo nuevo de nuestra época. Sería muy pretencioso querer apuntar a ello. No debemos olvidar las culturas que nos han precedido y las realizaciones que nos han dejado, desde los albores de las culturas del medio oriente, la griega, la romana, las culturas orientales, el mundo árabe, la edad media occidental y el renacimiento, las culturas americanas precolombinas, el desarrollo industrial occidental desde la época de la Ilustración, hasta llegar a las grandes realizaciones de los dos últimos siglos. Por tanto, grandes obras de ingeniería se han promovido y construido desde hace varios milenios. Sin embargo, las actuales tienen algunas singularidades fundamentales en su desarrollo.

La tan debatida globalización tiene una influencia trascendental en la ingeniería. Las posibilidades a que ella da lugar no estaban presentes en el pasado, donde los proyectos tenían un marcado carácter local. Las pirámides egipcias eran un gran proyecto de ingeniería, pero eran egipcias, sin comunicación con otras

culturas. Sí hubo otras pirámides, en la cultura china o en las precolombinas, pero desconectadas de aquéllas. A medida que el hombre ha viajado y conocido otras culturas, ha avanzado en su conocimiento y en su mutua comunicación y transmisión de ideas. Un ejemplo de ello fue el avance en la construcción de grandes templos, las catedrales románicas y góticas, que consiguieron grandes avances gracias a la comunicación entre los viajeros por toda Europa; el tratamiento del agua, con la transmisión de conocimientos entre el mundo árabe y occidental, o los aprendizajes obtenidos en el Canal de Suez para intentar atacar el de Panamá, aunque finalmente fueran otras personas y otros métodos los que consiguieron finalizarlo.

En la actualidad, los grandes proyectos de ingeniería exigen, fundamentalmente, tres requisitos: grandes conocimientos técnicos, gran capacidad de gestión y gran capacidad financiera. Los primeros son necesarios para conseguir llevar a cabo complejos proyectos y, también, para optimizar la tercera. Los grandes conocimientos técnicos han de ser aportados por

técnicos de diversos ámbitos con profunda formación y gran experiencia, integrados en equipos de empresas de ingeniería o de empresas constructoras. La capacidad financiera, en función del tipo de contrato y del ámbito de actuación, puede aportarla la promotora de la actuación o la empresa constructora; en términos de contratos internacionales, por el cliente o por el contratista. La gran capacidad de gestión, ha de involucrar a todos los agentes intervinientes, desde el cliente y sus representantes hasta el contratista y todas aquellas empresas con él relacionadas.

Por otra parte, las actuaciones de las instituciones involucradas en estos proyectos (públicas o empresas privadas), pueden suponer el desarrollo de un estudio previo, de un proyecto, de una construcción, de la combinación de estas dos últimas (proyecto y obra), de éstas más la operación, es decir, asumir el ciclo completo de proyecto, construcción y explotación, llegando así a un régimen concesional. Todo ello supone una compleja amalgama de relaciones e intereses que han de ser oportunamente regulados.

Una de las vías que se está siguiendo en las últimas décadas en esta regulación es el conjunto de contratos establecidos por la FIDIC (Federation International des Ingenieurs – Conseil, Federación Internacional de Ingenieros Consultores) que, fundada en 1913, es en 1957 cuando comienza la redacción de contratos tipo para regular las relaciones y los intereses de las partes involucradas en estos procesos. De esta forma y a modo de un muy breve resumen, actualmente puede disponerse del denominado “libro rojo” para las actuaciones en las que el diseño del proyecto es responsabilidad del cliente, el “libro amarillo” para aquellas obras en las que también el diseño del proyecto es responsabilidad del contratista (siempre lo es la construcción), el “libro plata” para las actuaciones denominadas “llave en mano” y el “libro oro” para los contratos de “construcción y operación”. Como es fácil alcanzar, en estos grandes contratos internacionales, además de los técnicos, son fundamentales los jurídicos, en cuyas manos se encuentran importantes decisiones e, incluso, sentencias, con grandes repercusiones económicas.

Otro aspecto que ha de tenerse presente en estos grandes proyectos es su carácter singular. Nunca son repetición de uno anterior. En el mejor de los casos, son del mismo tipo, pero con especificaciones y circunstancias particulares y, normalmente, muy distintas. Es decir, que siempre suponen una actuación de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i). Tanto los terrenos sobre los que se apoyan las construcciones, los materiales en

ellas empleados, los procesos constructivos desarrollados o los sistemas de explotación y mantenimiento planteados son distintos a realizaciones anteriores. Por tanto, requieren un esfuerzo por investigar e innovar, lo que hace recomendable una fructífera colaboración de empresas e instituciones (universidades u otros centros de investigación) que potencie a ambas.

La complejidad de estos proyectos requiere también, en muchos casos, de la necesaria asociación entre empresas de países distintos, incluso de culturas inicialmente diferentes. Esto obliga a un esfuerzo adicional para llevar a cabo un esfuerzo unitario en la misma línea de actuación y con unos objetivos parcialmente comunes y parcialmente propios de cada agente. Estas asociaciones pueden convertir en compañeros de viaje a empresas de ingeniería, empresas constructoras o unas y otras de diferentes países, ámbitos técnicos y hábitos de actuación.

2. La ingeniería y construcción españolas en el mundo

Y tras el breve, muy breve, repaso del punto anterior a una serie de aspectos que afectan a las actuaciones en grandes proyectos internacionales, ¿dónde se encuentran las empresas españolas? La respuesta es sencilla y evidente: en muy buena situación, liderando una parte importante de las más significativas obras que se están llevando a cabo actualmente en el mundo; y ello, en gran medida, gracias a la experiencia adquirida en las últimas décadas en los proyectos llevados a cabo en España.

Analizando datos cuantitativos, se puede afirmar que las seis principales empresas constructoras españolas (ACS, Ferrovial, Acciona, FCC, OHL y Sacyr) se encuentran entre las veintiséis constructoras europeas más importantes, situándose cuatro de ellas entre las doce primeras y una en la permanente disputa por el primer puesto [1]. Y entre las quince principales empresas concesionarias en el ámbito mundial, seis son españolas [1].

La crisis económica que estamos viviendo desde 2007, la denominada por algunos economistas como “la Gran Recesión”, ha obligado a estas empresas españolas a ampliar su campo de actuación desde su origen en el propio territorio al resto del mundo. De esta forma, mientras que en el año 2004 la facturación en el exterior de las seis principales empresas constructoras se encontraba entre el 10,7 % y el 37,0 % del total, en el año 2004 ha llegado a situarse entre el 44,1 % la que menos hasta el 84 % la que más [2].

A su vez, la distribución geográfica es muy amplia, abarcando el continente americano, tanto Norte, como Centro y Sur, Eu-

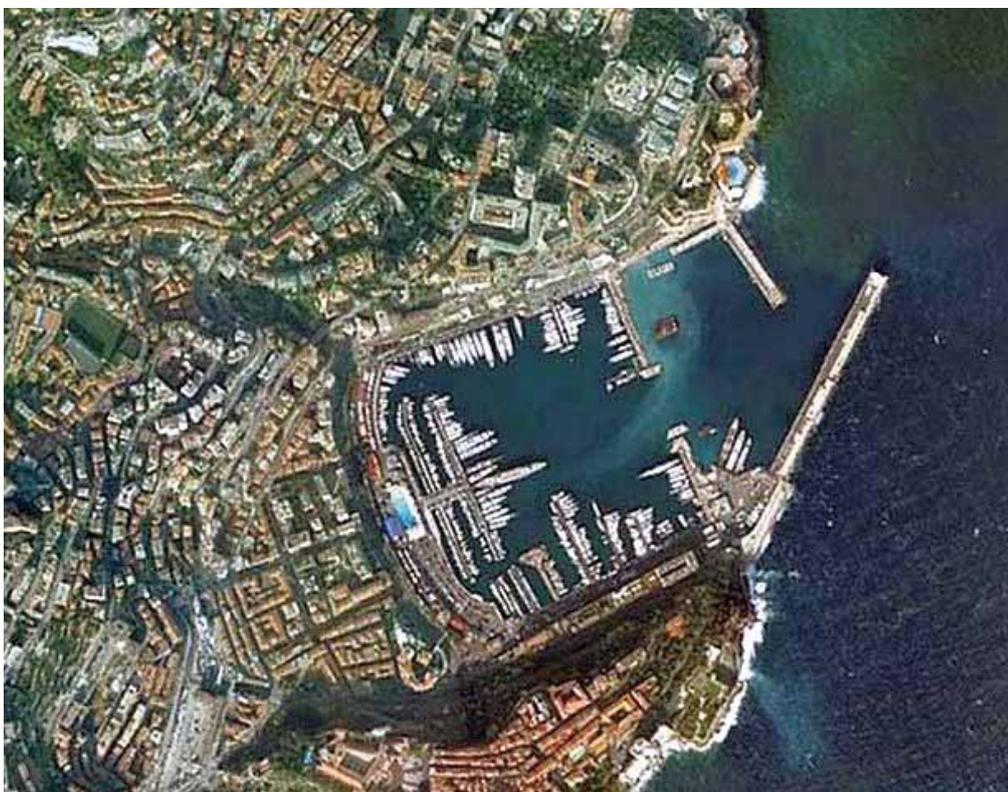


Fig. 1. Dique de Mónaco

ropa, Oriente Medio y Australia. También hay actuaciones en el continente africano y en la parte oriental de Asia, pero son menos numerosas. En este sentido, hay que destacar como grandes mercados los países emergentes, con unos importantes programas de infraestructuras en América Latina [3]; pero sin olvidar la importancia del primer mundo, ya que tanto en el Reino Unido [4] como en Estados Unidos y Canadá se están llevando a cabo importantes actuaciones y el comienzo de programas muy ambiciosos tanto para incorporar nuevas e importantes infraestructuras como para modernizar las ejecutadas hace ya varias décadas.

Los campos de actuación, siguiendo la experiencia acumulada dentro de España, están siendo la infraestructura del transporte (autopistas, ferrocarriles, canales, túneles, puentes, puertos, aeropuertos, etc.), gestión integral del agua (captación, presas, distribución y depuración) e infraestructuras energéticas (solar, eólica, hidráulica, térmicas, ciclos combinados, etc.). En unas ocasiones actuando de forma aislada y en otras, la mayoría, formando UTE con otras empresas españolas o extranjeras, tanto de ingeniería como de construcción.

Esta actuación internacional está suponiendo un reto para adaptarse a normativas técnicas internacionales o específicas del país donde se desarrollan los proyectos, así como la convivencia con los aspectos legislativos también de cobertura internacional y/o propios del país o países donde se realiza el trabajo, debiendo someterse en numerosas ocasiones a tribunales de arbitraje específicos para el proyecto. También está suponiendo la necesaria adaptación al trabajo desarrollado junto a instituciones y empresas con una cultura y forma de actuar muy distintos.

3. Obras marítimas

Desde hace décadas las empresas españolas están desarrollando grandes obras marítimas, especialmente portuarias. Ya a caballo entre los siglos XX y XXI dos empresas españolas (ACS y FCC) desarrollaron la prefabricación, el traslado y el montaje del Dique de Mónaco [5] [6] [7] que, con una longitud de 350 m, constituía una de las obras portuarias de mayor envergadura realizadas en el ámbito internacional (figura 1).

Desde los años 90 del pasado siglo se han construido en España más de 30 km de diques en talud y de cajones. Esto ha

posibilitado la investigación y el avance de diversas técnicas, tanto en elementos componentes de los primeros (tetrápodos, cubípodos, etc.), como en la fabricación, traslado y ubicación en su posición definitiva de los cajones de hormigón armado [8]. Una muestra de esta última técnica es la ampliación del puerto de Acu (Brasil), donde FCC ha desarrollado los cajones con una primera fabricación en España para su posterior traslado, y la fabricación de la segunda parte de ellos en el propio país donde se ubica la obra.

El crecimiento del intercambio comercial entre diversas áreas del mundo, así como las ventajas que supone el transporte marítimo, hace esperar que las actuaciones en la ampliación de áreas portuarias o la creación de otras nuevas, incremente el número de proyectos en este campo de la ingeniería.

4. Obras subterráneas

Los trabajos bajo tierra comprenden una serie de actuaciones muy variadas en la ingeniería civil. Desde los túneles carreteros, ferroviarios o a modo de acueductos enterrados, hasta las grandes cavernas que recogen centrales energéticas, todos ellos suponen una actuación en la que, partiendo de los conocimientos y experiencias anteriores, es preciso enfrentarse a un terreno que siempre es nuevo. Por tanto, siempre va a requerir

una investigación que desarrollará variantes de técnicas ya conocidas o requerirá la creación de otras nuevas.

La importante ampliación de infraestructuras del transporte que se ha llevado a cabo en España en las últimas décadas, ha permitido a las empresas en ellas involucradas adquirir la experiencia necesaria para poder actuar en el ámbito internacional. Así, actualmente se pueden citar construcciones de túneles por parte de Acciona en Australia [9], de Ferrovial en Gran Bretaña [10], de ACS en Estados Unidos o Perú, o de FCC en este país, en Oriente Medio o en Panamá (figura 2).

Los métodos constructivos, algunos muy influenciados por los suelos y las técnicas locales, suponen una tarea de investigación permanente. Procedimientos más extrapolables, como pueden ser los derivados de las máquinas tuneladoras, también suponen un trabajo de optimización de materiales y de elementos prefabricados aplicados en la construcción de la sección [11] [12] y que constituyen el anillo de dovelas, así como de las propias máquinas de excavación (diámetros, cabezas, potencias, etc.).

Muy importante en este tipo de obras es su afcción al entorno más próximo, sobre todo en zonas urbanas. En éstas,

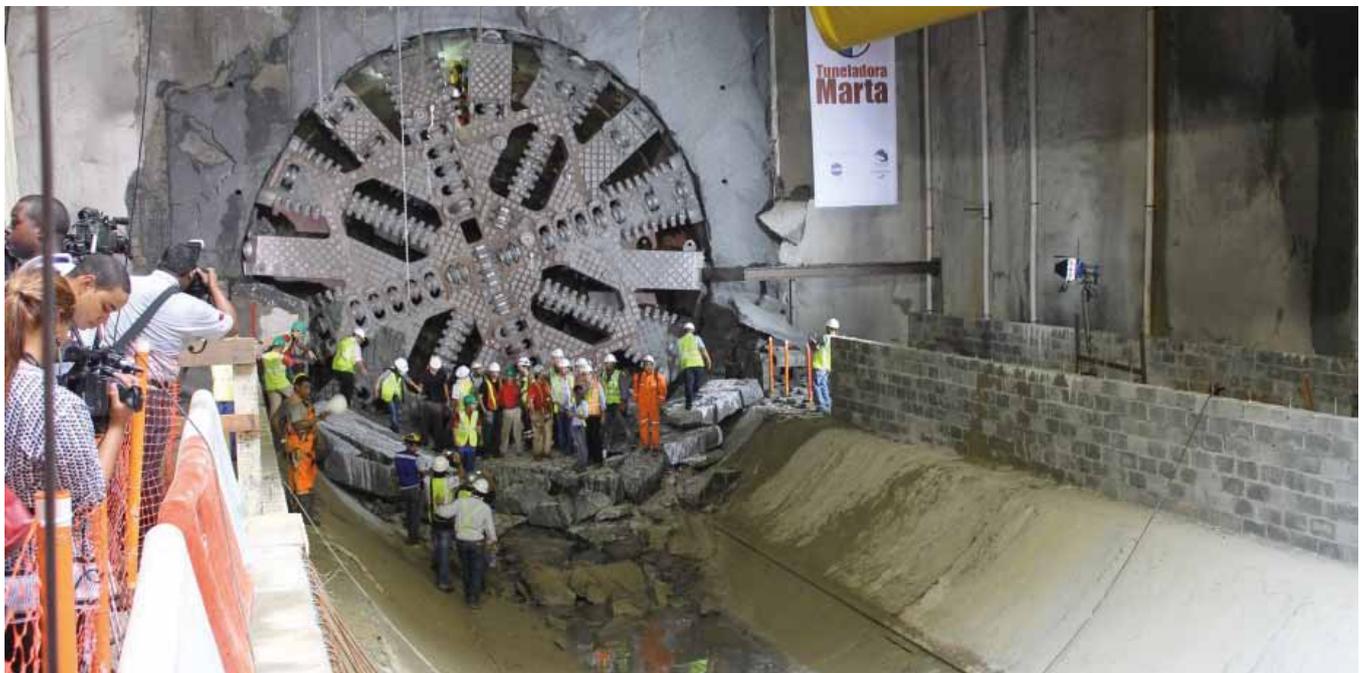


Fig. 2. Túnel del Metro de Panamá

las construcciones subterráneas suponen una acción sobre la cimentación de los edificios u otras infraestructuras que se encuentran sobre ellas, así como sobre sus posibles movimientos. Esto requiere un estudio profundo de los efectos que puedan producirse y de las actuaciones que deban llevarse a cabo para suprimirlos o minimizar sus consecuencias hasta niveles insignificantes.

5. Puentes

Entre los grandes proyectos internacionales los puentes tienen un lugar preferente. Desde el punto de vista ingenieril casi siempre suponen un reto técnico vinculado a la dimensión de la obra (grandes luces o alturas de pilas), su ubicación en zonas de sismicidad elevada (Peloponeso, Turquía, California, Chile, Extremo Oriente, etc.), su dificultad constructiva y los problemas derivados de la financiación de presupuestos elevados. Desde el punto de vista de la población suelen representar un hito en la unión de continentes, el cruce de estrechos, el paso sobre ríos, rías, bahías o estuarios significativos o su ubicación en zonas urbanas de gran impacto social.

En España, a pesar de que los condicionantes geográficos han propiciado la construcción de números puentes, estos

no eran necesariamente de luces especialmente importantes (en el ámbito internacional) por la escasez de accidentes orográficos como los existentes en otros lugares (grandes ríos, grandes estuarios, estrechos sobre los que se ha construido, etc.). Sin embargo, contamos con construcciones muy importantes desarrolladas a lo largo de la historia, así como en el momento actual. Debemos subrayar la singularidad del puente de la Constitución de 1812, en Cádiz (figura 3), recientemente inaugurado, que se encuentra entre los puentes atirantados europeos de mayor luz, así como el Viaducto de Almonte [13], en construcción, que, con sus 384 m de luz, es el mayor arco de hormigón del mundo en un puente ferroviario.

Estas construcciones han permitido la participación de empresas de ingeniería y constructoras españolas en puentes como el Ting Kau en Hong Kong [14], el puente de Waterford en Irlanda [15], el puente Vidin-Calafat entre Rumanía y Bulgaria [16], el viaducto Gilberto Borja Navarrete en México [17], el puente Gerald Desmond en Estados Unidos, el de Mersey o el Firth of Forth en Gran Bretaña, o el Champlain en Canadá entre otros. También se está presente en grandes proyectos que se han lanzado, pero que se encuentran suspendidos por razones económicas, como el puente del estrecho de Messina en Italia [18].



Fig. 3. Puente de la Constitución de 1812, Cádiz (España)



Fig. 4. Terminal T-4 del Aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas

En el desarrollo técnico de los proyectos y los procesos constructivos de estas singulares obras están participando de manera protagonista los Servicios Técnicos de las empresas constructoras anteriormente citadas e importantes empresas consultoras de ingenierías españolas (Carlos Fernández Casado ingenieros, Torroja ingenieros consultores, Fhecor, Arenas y asociados, Ideam, etc.).

También el desarrollo de estos puentes está suponiendo una investigación permanente en métodos de cálculo, materiales o procesos constructivos y equipos auxiliares, lo que lleva a una continua colaboración con otras empresas del ámbito internacional y con universidades y centros de investigación españoles y de otros países.

Al igual que ocurre con las obras marítimas, los puentes singulares se encuentran como nexo de unión en vías de comunicación de un gran valor estratégico en el ámbito internacional y, por tanto, con un claro protagonismo en el desarrollo humano a nivel global en el presente y el futuro.

6. Edificación

Los grandes proyectos internacionales en el ámbito de la edificación pueden estar ligados a actividades que podríamos denominar “diarias” (centros universitarios, centros comerciales,

nudos de comunicación ferroviaria o aeroportuaria, oficinas y servicios en general), o a actividades puntuales en el tiempo (grandes eventos deportivos, exposiciones universales, etc.).

En España hemos contado también con importantes actuaciones, como la ampliación de los aeropuertos de Madrid-Barajas [19] [20] [21] [22] (figura 4) y del Prat en Barcelona, estaciones ferroviarias, remodelación y creación de nuevos estadios deportivos [23], edificios de gran altura como los situados en la denominada “Cuatro Torres Business Area” [24] [25] [26] [27] (figura 5), la Exposición Universal de Sevilla, la Exposición de Zaragoza 2008 o ciudades empresariales como la del Banco de Santander en Madrid.

Todo ello ha llevado a la participación en el exterior en ámbitos como la ciudad universitaria de Riad, centros hospitalarios en Panamá, estadios para el Campeonato Mundial de Fútbol de 2014 [28] y los Juegos Olímpicos de 2016 en Brasil o edificios en las instalaciones europeas del CERN. En ellos han participado, además de las empresas constructoras o empresas consultoras especialistas citadas anteriormente, empresas consultoras generalistas como Typsa, Sener, Inypsa o Técnicas Reunidas, entre otras englobadas en Tecniberia y que están aportando los conocimientos de la ingeniería española en el ámbito internacional.



Fig. 5. Cuatro Torres Business Area, Madrid (España)

Especial importancia está teniendo, y es algo creciente, la participación en proyectos energéticos en esta época en que los dirigentes mundiales son cada vez más conscientes de los problemas climáticos que pueden generarse con un crecimiento económico basado en unas emisiones contaminantes descontroladas. Ello potenciará en los años próximos las actuaciones en proyectos y desarrollos de instalaciones energéticas renovables (hidráulica, eólica, solar, geotérmica, etc.). Y en este

campo hay empresas españolas con un importante papel que desempeñar.

7. Obras hidráulicas

Los grandes proyectos de obras hidráulicas abarcan desde la captación, almacenamiento, distribución y depuración del agua (es decir, lo que se denomina la gestión del ciclo del agua) hasta las vías de comunicación hídricas, como son los canales.



Fig. 6. Tercer juego de esclusas del Canal de Panamá

Entre los del primer grupo tienen especial trascendencia la construcción de presas, con su doble función de retenedoras de agua para su mejor gestión (reducción de avenidas, control de riego de grandes superficies agrícolas o suministro de agua potable a comunidades) y de generación de energía hidráulica. Esta última, como hemos comentado en párrafos anteriores, será de gran trascendencia en un mundo que ha visto la necesidad de potenciar las energías renovables, tomando el relevo de las derivadas de combustibles fósiles. Por tanto, ya sea por la necesidad de agua para el consumo directo humano o para esta generación de energía, es previsible que tengan una gran importancia en el futuro próximo este tipo de construcciones, en las que los conocimientos y experiencia de los técnicos y las empresas españolas tienen mucho que aportar.

Por lo que respecta a las vías de comunicación, convirtiéndose en auténticas infraestructuras del transporte, sobre todo naval, son los grandes canales y sus elementos auxiliares (esclusas fundamentalmente) los que toman el protagonismo. Actualmente es el Canal de Panamá [29] (figura 6), y su nuevo conjunto de esclusas en construcción por un consorcio liderado por Sacyr, quien tiene gran parte del protagonismo. Este tipo de construcciones viene exigido y condiciona el tráfico marítimo mundial, llegando a clasificar los barcos mercantes en función de su adaptación a las antiguas o a las nuevas esclusas.

La reducción de distancias para el transporte que suponen estos proyectos hidráulicos justifica económicamente el gran esfuerzo financiero que suponen. Por esta razón se está plan-

teando la apertura de otras grandes vías de comunicación en el mundo, entre las que destaca una segunda entre los océanos Atlántico y Pacífico en Centroamérica.

8. Autopistas

El notable incremento de kilómetros de autovías y autopistas que se han construido en España en las últimas décadas ha sido uno de los trampolines para la salida al exterior de nuestras empresas de ingeniería, constructoras y concesionarias. La experiencia adquirida, tanto en épocas pasadas como recientes, ya sea en los procesos puramente técnicos como en los relacionados con la gestión, con la intervención de números agentes, han posibilitado que las empresas españolas sean altamente competitivas en el ámbito internacional, participando tanto en obras situadas en países emergentes [30] [31], como en los del denominado primer mundo, con especial presencia en Estados Unidos (figura 7), Canadá [32] (figura 8), Gran Bretaña o Australia.

La amplitud de actuaciones que supone una obra lineal a lo largo de una distancia importante, da lugar a su incidencia en el medio ambiente, en la ordenación del territorio, en las necesarias expropiaciones y, lógicamente, en muchos aspectos técnicos que son susceptibles de plantear alternativas. Estas, que en contratos internacionales se encuentran muy limitadas por los del cliente con las consultoras de ingeniería que han desarrollado los estudios previos y el proyecto, admiten cada vez más en la etapa de licitación el planteamiento de nuevas soluciones tanto de diseño como de procesos constructivos.



Fig. 7. Autopista LBJ
(Estados Unidos)



**Fig. 8. Nouvelle autoroute A-30,
Quebec (Canadá)**

Es en estos campos donde las empresas españolas resultan altamente competitivas, permitiendo también la investigación de singulares soluciones en colaboración con instituciones internacionales o propias del país donde se ubica la infraestructura.

9. Ferrocarril

Cuando se escribe sobre grandes proyectos internacionales de ferrocarril, lo primero que viene a la mente del lector, sobre todo del lector español, es el tren de alta velocidad, nuestro AVE (el TGV francés, el “tren bala” japonés, etc.). Los proyectos llevados a cabo en las últimas décadas en España nos han llevado a ser el segundo país del mundo en kilómetros de tren de alta velocidad construidos y los primeros en número de kilómetros por habitante. Esto, que algunos agentes sociales han interpretado como una inversión innecesaria, supone actualmente una rápida y cómoda conexión entre muchas ciudades españolas y que las empresas que han participado en todo este proceso, tanto públicas como privadas, sean actuales líderes mundiales en esta especialidad de la ingeniería civil.

Esta tecnología, que comenzó en países del extremo Oriente (Japón) y europeos (Francia), se está extendiendo posteriormente a otros países de estos mismos ámbitos (China en Oriente y Alemania y Gran Bretaña en Europa), así como de otros como Medio Oriente o Estados Unidos. Empresas españolas

son protagonistas del AVE Medina – La Meca (OHL, Ineco, ...) [33] (figura 9) y de los primeros pasos de este medio de transporte en Norteamérica.

Otras tecnologías se están abriendo paso en el transporte terrestre de pasajeros, a las que habrá que estar atentos y en las que habrá que estar presentes, pero, de momento, contamos con conocimientos y experiencia positiva en el más veloz medio terrestre para el transporte de personas entre grandes ciudades, de las que se espera, a su vez, que, en 2050, acojan al 50 % de la población mundial.

10. Conclusiones y futuro

Tras el análisis generalista y presentación de los aspectos más representativos de los grandes proyectos internacionales de ingeniería civil, así como los comentarios realizados sobre algunos de los principales campos de actuación de ésta, se pueden alcanzar las siguientes conclusiones:

1. Los grandes proyectos han sido, son y serán. El deseo de los seres humanos de satisfacer sus necesidades de alimentación, residencia (vivienda, lugares de trabajo y de ocio), transporte y comunicaciones, exigiendo, a su vez, un incremento en su calidad y eficacia, nos llevan a la previsión de un crecimiento en estas actividades.

2. Para desarrollar estos grandes proyectos es fundamental contar con tres aspectos básicos:

- a. Grandes conocimientos y experiencia técnicos.
- b. Gran experiencia en la gestión de este tipo de actuaciones.
- c. Gran capacidad económica y financiera.

Los dos primeros los podrán aportar las empresas consultoras de ingeniería, las empresas constructoras de grandes infraestructuras y las empresas concesionarias con amplia experiencia. El tercero se encuentra, normalmente, en el ámbito de los Estados, las Instituciones económicas internacionales y los grandes grupos financieros privados.

3. Cada uno de estos grandes proyectos supone un reto y la necesidad de una constante investigación, desarrollo e innovación. En todos aparecen circunstancias y exigencias que, aunque parcialmente conocidas por otras experiencias anteriores, suponen un cambio en los estudios previos, en el desarrollo del proyecto, en el diseño y puesta en obra de los materiales y en los procesos constructivos necesarios para llevar a cabo la ejecución. Todo ello lleva a una colaboración entre consultoras de ingeniería, servicios técnicos de empresas constructoras y centros universitarios y de investigación, tanto en el ámbito local como en el internacional.

4. Los grandes proyectos necesitan, normalmente, la colaboración de varias empresas, ya sea por el volumen o por la necesaria especialización en los diversos campos de actuación que se encuentran involucrados. Estas empresas e instituciones suelen tener su origen en países distintos, incluso culturas diferentes, y hábitos de actuación y normativa técnica dispar. Todo ello lleva a un esfuerzo adicional para el buen fin del proyecto, pero también es una fuente de aprendizaje y crecimiento profesional y empresarial.

5. Desde el punto de vista personal y profesional, para el desarrollo de estas grandes actuaciones son precisos técnicos especialistas en los diferentes campos, técnicos generalistas que sean capaces de coordinar los proyectos, gestores de la planificación técnica y económica de las obras y jurídicos capaces de interpretar los contratos que regulan las relaciones entre las partes. Por tanto, será fundamental asumir la necesidad de colaboración entre múltiples visiones y puntos de vista sobre la tarea a llevar a cabo.

De todo esto se puede esperar que el futuro será complejo, fuera de las denominadas “situaciones de confort”, pero lleno de oportunidades y retos técnicos y económicos, tanto personales, como empresariales e institucionales. **ROP**



**Fig. 9. AVE Medina-La Meca
(Arabia Saudi)**

Referencias bibliográficas

- [1] “El mapa de la construcción en España”, Expansión, 28 julio 2015.
- [2] “El salto exterior de las constructoras”, Expansión, 20 mayo 2015.
- [3] “América Latina, gigante en obras”, Cinco Días, 8 septiembre 2014.
- [4] “Reino Unido. Un mercado en expansión”, Lavín de las Heras, E., Revista de Obras Públicas nº 3543, 2013.
- [5] “Proyecto del Dique de Mónaco”, Jaeger, J. M., Peset González, L. y Troya González, L., Hormigón y Acero nº 223 a 226, 2002.
- [6] “Ejecución del Dique (de Mónaco) en la dársena de Crinavis”, Patiño Cajide, M. e Illescas Villa, J. M., Hormigón y Acero nº 223 a 226, 2002.
- [7] “Conclusiones e innovaciones aplicadas (en el Dique de Mónaco)”, Barceló Llauguer, J., Troya González, L. y Peset González, L., Hormigón y Acero nº 223 a 226, 2002.
- [8] “Nuevos procedimientos en la construcción de cajones para obras marítimas”, Llago Acero, R., Rodríguez González, G. y Vera Gallego, J., Revista de Obras Públicas nº 3479, 2007.
- [9] “Los túneles carreteros de Legacy Way en Brisbane (Australia)”, Justa Cámara, Rolando, Revista de Obras Públicas nº 3570, 2015.
- [10] “El control de asientos: asumiendo el reto de la construcción subterránea en Londres”, Simic, D., Revista de Obras Públicas nº 3568, 2015.
- [11] “Fabricación de dovelas de túneles en posición horizontal con hormigones autocompactantes”, Cavalaro, S. H. P., Aguado de Cea, A. y Klein, N. S., Hormigón y Acero nº 257, 3 T 2010.
- [12] “Diseño óptimo de dovelas de hormigón reforzado con fibras para el revestimiento de túneles”, de la Fuente, A., Blanco, A., Pujadas, P. y Aguado, A., Hormigón y Acero nº 274, 4 T 2014.
- [13] “Puente arco de alta velocidad sobre el río Almonte”, Capellán Miguel, G., Revista de Obras Públicas nº 3562, 2015.
- [14] “Puente Ting Kau. Proyecto y construcción”, Ayala Luna, J. y Andrés Gil, J., Hormigón y Acero nº 203, 1 T 1997.
- [15] “El puente atirantado sobre el río Suir en Waterford”, Astiz, M. A., Manterola, J., Tarquis, F., Muñoz-Rojas, J., Santos, A., Blanco, L. y Fernández, S., Hormigón y Acero nº 262, 4 T 2011.
- [16] “Puente sobre el Danubio Vidin-Calafat (Bulgaria)”, Huerga, R., Revista de Obras Públicas nº 3570, 2015.
- [17] “Viaducto Gilberto Borja Navarrete”, Arribas Mazarrín, D., González Esteban, J. I., Pérez Casas, J. M. y Bernal Sahún, P., Hormigón y Acero nº 275, 2015 (1).
- [18] “Introducción al proyecto del puente de Messina”, Pérez Valencia, R., Hormigón y Acero nº 246, 4 T 2007.
- [19] “Concepción estructural, proyecto de construcción y asistencia técnica de las obras de hormigón estructural de los edificios e infraestructuras de la Nueva Área Terminal (Aeropuerto Madrid-Barajas)”, Corres Peiretti, H., Romo Martín, J., Pérez Caldentey, A. y Romero Rey, E., Hormigón y Acero nº 239, 1 T 2006.
- [20] “Estructura metálica y fachadas tensadas del nuevo Edificio Terminal (Aeropuerto Madrid-Barajas)”, Viñuela, L. y Martínez Salcedo, J., Hormigón y Acero nº 239, 1 T 2006.
- [21] “Relación entre el proyecto, la ingeniería de detalle de construcción y la ejecución del nuevo Edificio Terminal (Aeropuerto Madrid-Barajas)”, Gómez Hermoso, J., Hormigón y Acero nº 239, 1 T 2006.
- [22] “Nueva Terminal del Aeropuerto de Madrid-Barajas”, Hesse, J. M. y Asensio Almodóvar, F., Revista de Obras Públicas nº 3484, 2008.
- [23] “El proyecto de la estructura del Estadio Olímpico de Madrid. La adaptación y ampliación de una estructura existente a unos usos y condicionantes diferentes y flexibles”, Martínez Calzón, J., Gómez Navarro, M. y Schlaich, M., ROP nº 3502, 2009.
- [24] “Torre Espacio. Aspectos constructivos de ejecución de la estructura”, Aguirre Gallego, M., Hormigón y Acero nº 249, julio-septiembre 2008.
- [25] “Cimentación y estructura metálica y de hormigón de la Torre de Cristal. Un proceso constructivo de altura”, Viñals, J. I., Ruiz, A. y Peigneux, J. R., Hormigón y Acero nº 249, julio-septiembre 2008.
- [26] “Torre Sacyr-Vallehermoso. Ejecución de la estructura”, Sánchez, R. y Rodríguez, F. J., Hormigón y Acero nº 249, julio-septiembre 2008.
- [27] “Ejecución de la estructura Torre Caja Madrid”, Mateos, J. J. y Hernández, J. C., Hormigón y Acero nº 249, julio-septiembre 2008.
- [28] “Arena Corinthians, el gran estadio del Mundial de Brasil”, Corres, H., Soriano, J., Palerm, B. y Romero, E., Revista de Obras Públicas nº 3558, 2014.
- [29] “Construcción de la Ampliación del Canal de Panamá. Tercer juego de esclusas”, García Garrido, J. F., Revista de Obras Públicas nº 3516, 2010.
- [30] “Autopista Urbana Norte (México)”, Mesa, A., García, I., Moctezuma Hernández, V. y Rodríguez Cepeda, J., Revista de Obras Públicas nº 3570, 2015.
- [31] “Autopista Noi Bai-Lao Cai (Vietnam)”, de Bonifaz Barrio, F. J. y Martín-Sonseca García, C., Revista de Obras Públicas nº 3570, 2015.
- [32] “Nouvelle autoroute A-30, Quebec (Canadá)”, Ayala Luna, E. J. y Peset González, L., Revista de Obras Públicas nº 3570, 2015.
- [33] “Arena y viento: un bosquejo para el estudio de la acción eólica sobre las infraestructuras, con referencia al ferrocarril de alta velocidad Haramain, La Meca – Medina”, ROP nº 3537, 2012.