



La revista de los
Ingenieros de Caminos,
Cañales y Puertos

3595 FEBRERO 2018

REVISTA DE
OBRAS PÚBLICAS

ROP

COYUNTURA

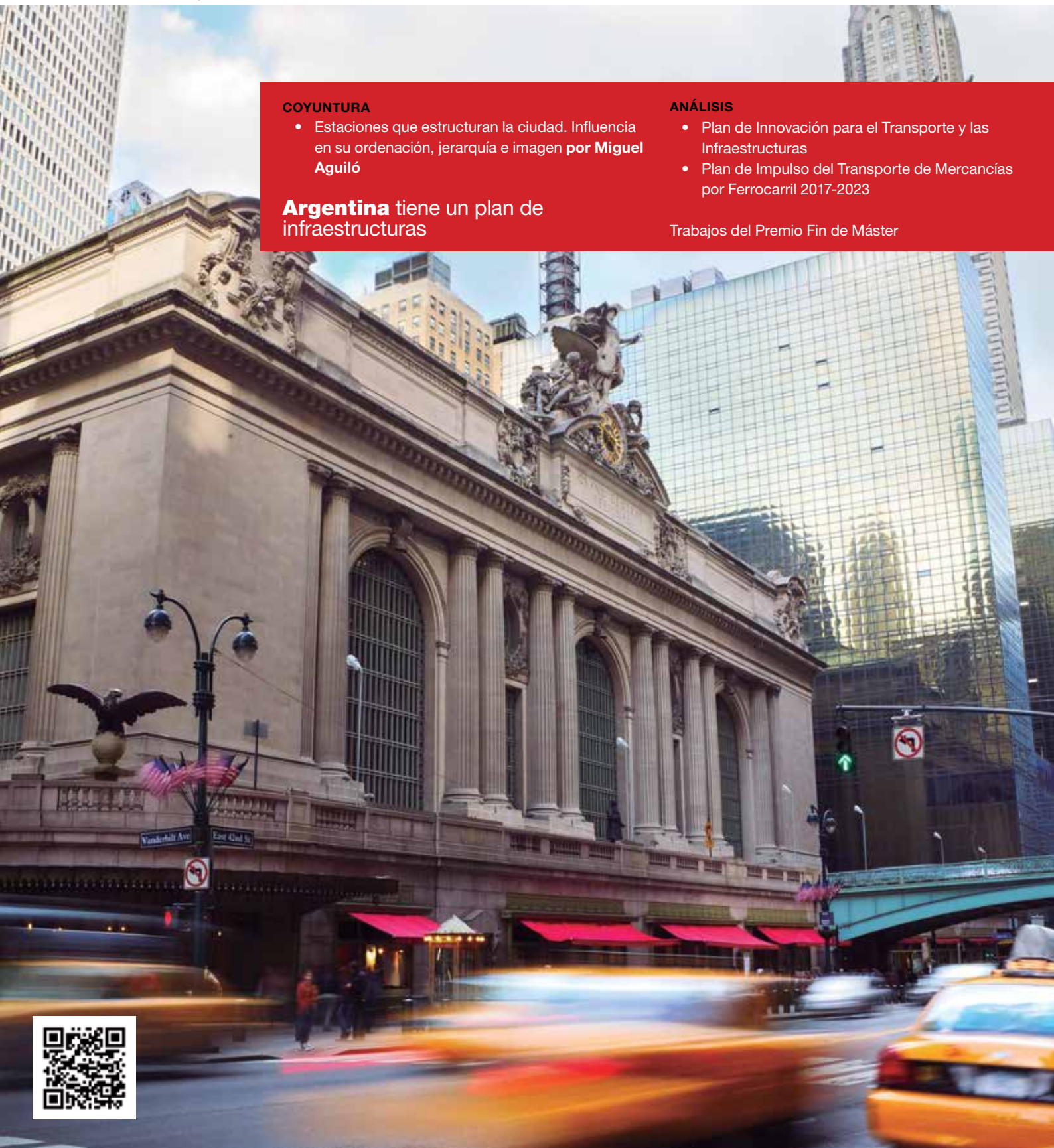
- Estaciones que estructuran la ciudad. Influencia en su ordenación, jerarquía e imagen **por Miguel Aguiló**

Argentina tiene un plan de infraestructuras

ANÁLISIS

- Plan de Innovación para el Transporte y las Infraestructuras
- Plan de Impulso del Transporte de Mercancías por Ferrocarril 2017-2023

Trabajos del Premio Fin de Máster







EDITORIAL

Este número ordinario de la Revista de Obras Públicas se abre con dos informes redactados por sendas Comisiones Técnicas del Colegio de Ingenieros de Caminos, sobre los planes en materia de infraestructuras que fueron presentados en noviembre pasado por el ministro de Fomento, Íñigo de la Serna. Uno de ellos hace referencia al Plan de Innovación para el Transporte y las Infraestructuras, y el otro al Plan de Impulso para el Transporte de Mercancías por Ferrocarril 2017-2023. En ambos casos, el Colegio pretende respaldar de este modo, con el lógico sentido crítico de la opinión experta, unas iniciativas plausibles, que el propio Departamento ha divulgado para someterlas a la consideración de la opinión pública.

También en este ejemplar, Miguel Aguiló, presidente del Comité Editorial de esta revista, publica un trabajo titulado “Estaciones que estructuran la ciudad. Influencia en su ordenación, jerarquía e imagen”. Aguiló acaba de publicar una magna obra sobre la ciudad de Londres (cuya reseña también encontrará el lector en este ejemplar), en la que la red subterránea de transportes conforma y define mediante sus estaciones el anillo que delimita el centro urbano; esta observación, unida a las que el autor efectúa en otras ciudades como Berlín y Nueva York, configura el artículo, que es una aportación relevante al análisis urbanístico.

El interés del Colegio en colaborar con el mundo de la ingeniería civil iberoamericana se plasma en la publicación de un nuevo artículo procedente de aquel continente, obra esta

vez de autores cubanos: Eduardo R. Álvarez, Eduardo Beira y Pedro Manuel Cabrera firman “Influencia del sismo en los costos directos de cimentaciones superficiales aisladas en la ciudad de Santiago de Cuba”.

Publicamos asimismo dos artículos de los ganadores del Concurso Nacional de Proyectos Fin de Máster de ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, en la categoría de proyecto más innovador (premio y accésit). Elena Calcerrada escribe el trabajo “Sistemas de drenaje sostenibles (SuDS). Próximos pasos en España y su aplicación en la urbanización La Canyada (Paterna)”. Luciano Sanz, por su parte, publica “Diseño de las protecciones frente a la socavación en las cimentaciones tipo monopilote de los aerogeneradores eólicos marinos”. En próximos números de la ROP publicaremos otros artículos ganadores y finalistas del referido premio.

Por último, este ejemplar de la ROP incluye un reportaje titulado “Argentina tiene un plan de infraestructuras” sobre las nuevas oportunidades de negocio en el país iberoamericano, con mención del papel desempeñado por el Colegio de Ingenieros de Caminos en dicha nación, así como de empresas españolas allí afincadas. Reportaje que concluye con una amplia entrevista al embajador de España, Javier Sandomingo.

Antonio Papell
Director de la ROP

SUMARIO

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS Nº 3595
FEBRERO 2018. AÑO 165. FUNDADA EN 1853

Consejo de Administración

Presidente

Miguel Aguiló Alonso

Vocales

Juan A. Santamera
José Polimón
Vicent Esteban
Tomás Sancho
José Javier Díez Roncero
Francisco Martín Carrasco
Benjamín Suárez
José Luis Moura Berodía
Mª del Camino Blázquez Blanco

Comité Editorial

Pepa Cassinello Plaza
Vicente Esteban Chapapriá
Jesús Gómez Hermoso
Conchita Lucas Serrano
Antonio Serrano Rodríguez

Edita

Colegio de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos
Calle Almagro 42
28010 - Madrid

Foto de portada

Grand Central Station
de Nueva York

Foto de interior de portada

Obelisco en la avenida 9 de Julio
de Buenos Aires

La revista decana de la
prensa española no diaria

Director

Antonio Papell

Redactora jefe

Paula Muñoz

Diseño

Julián Ortega

Maquetación y edición

Diana Prieto

Fotografía

Juan Carlos Gárgoles

Publicidad

Almagro, 42 - 4ª Plta.
28010 Madrid
T. 913 081 988
rop@ciccp.es

Imprime

Gráficas 82

Depósito legal

M-156-1958

ISSN

0034-8619

ISSN electrónico

1695-4408

ROP en internet

<http://ropdigital.ciccp.es>

Suscripciones

[http://ropdigital.ciccp.es/
suscripcion.php](http://ropdigital.ciccp.es/suscripcion.php)
suscripcionesrop@ciccp.es
T. 91 308 19 88

Análisis

COLABORACIÓN DEL COLEGIO CON EL MINISTERIO DE FOMENTO

8 PLAN DE INNOVACIÓN
PARA EL TRANSPORTE Y
LAS INFRAESTRUCTURAS

12 PLAN DE IMPULSO
DEL TRANSPORTE DE
MERCANCÍAS POR
FERROCARRIL 2017-2023

Parte I

COYUNTURA

24 ESTACIONES QUE
ESTRUCTURAN LA CIUDAD
MIGUEL AGUILÓ

Parte II **CIENCIA Y TÉCNICA**

- 42 **INFLUENCIA DEL SISMO EN
LOS COSTOS DIRECTOS
DE CIMENTACIONES
SUPERFICIALES AISLADAS
EN LA CIUDAD DE
SANTIAGO DE CUBA**

EDUARDO R. ÁLVAREZ, EDUARDO BEIRA Y
PEDRO MANUEL CABRERA

CONCURSO NACIONAL PROYECTOS FIN DE MÁSTER DE LA INGENIERÍA DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

- 55 **SISTEMAS DE DRENAJE
SOSTENIBLES (SUDS)**

ELENA CALCERRADA

- 62 **DISEÑO DE LAS
PROTECCIONES FRENTE
A LA SOCAVACIÓN EN
LAS CIMENTACIONES
TIPO MONOPILOTE DE
LOS AEROGENERADORES
EÓLICOS MARINOS**

LUCIANO SANZ

Parte III **INTERNACIONAL, PROFESIÓN Y EMPLEO**

- 72 **ARGENTINA**
PAULA MUÑOZ RODRÍGUEZ

- 84 **Libros**
**ENTRE LA ARQUITECTURA
Y LA INGENIERÍA 6+6**

LA PRAGMÁTICA CONSTRUCCIÓN DE LONDRES

Colaboración del Colegio con el Ministerio de Fomento

El Colegio de Ingenieros de Caminos ha elaborado una serie de informes que ha hecho llegar al ministro de Fomento, Íñigo de la Serna, sobre los planes en materia de infraestructuras que fueron presentados en noviembre pasado.

Reproducimos a continuación los que hacen referencia al Plan de Innovación para el Transporte y las Infraestructuras y al plan para impulsar el transporte de mercancías por ferrocarril.

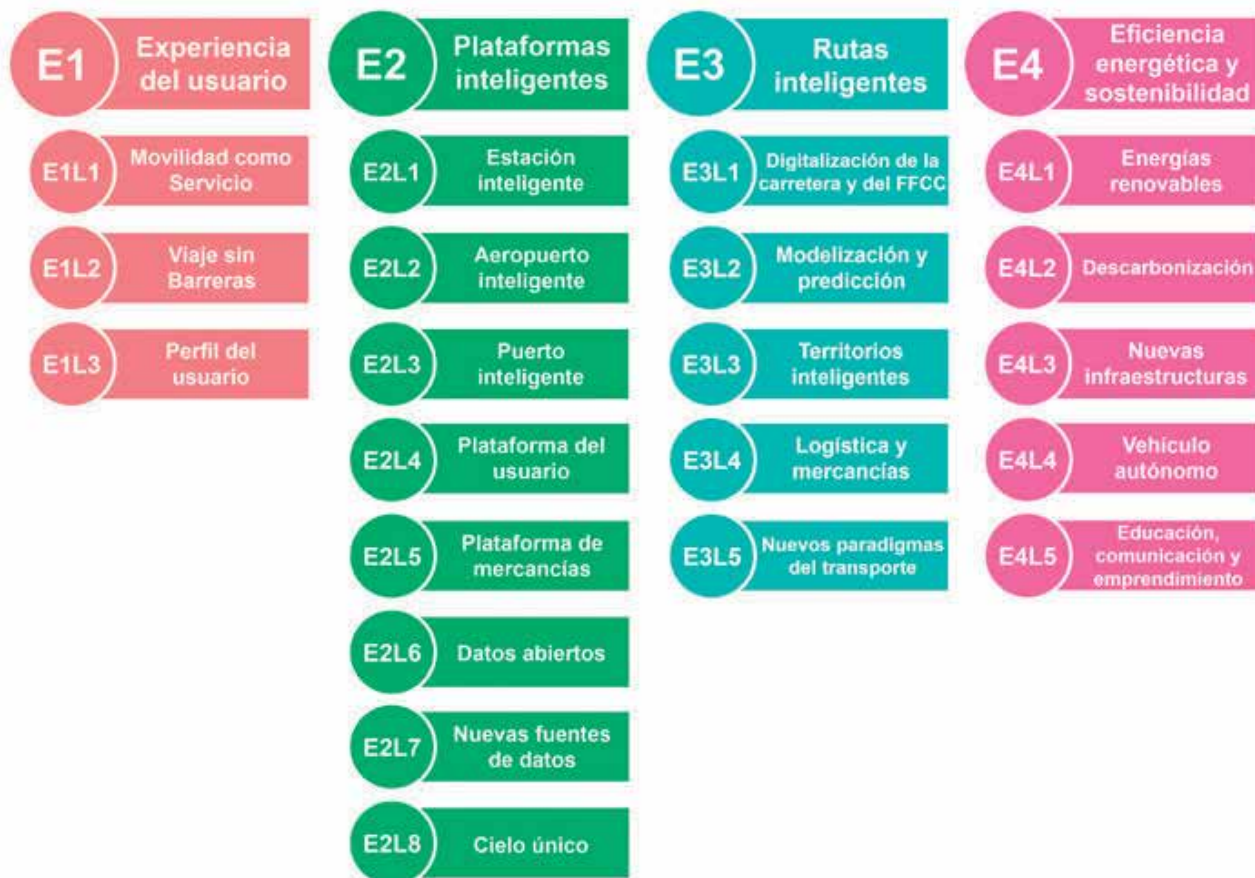
Plan de Innovación para el Transporte y las Infraestructuras

Enmarcado en la Estrategia Europa 2020 y en el Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación (actualmente en revisión), el Plan de Innovación para el Transporte y las Infraestructuras nace con el objetivo de integrar y coordinar las actividades de innovación del Grupo Fomento. Del mismo modo, pretende incentivar la innovación abierta y la colaboración con el sector privado y universidades.

La estrategia de innovación del Plan se construye alrededor de cuatro Dimensiones que marcarán el futuro del sector del transporte y las infraestructuras: digitalización, internet del futuro, intermodalidad y transformación energética.

A partir de este marco de referencia, se define una estructura de Ejes y Líneas estratégicas que engloba las principales tendencias del sector. La estrategia de innovación se concreta en 67 iniciativas que serán lanzadas en el periodo 2017-2020.





Esquema del Plan de Innovación

Plan de Impulso para el Transporte de Mercancías por Ferrocarril 2017-2023

Este plan recoge una serie de medidas orientadas a impulsar este modo de transporte. Entre las actuaciones previstas, destaca el apoyo al Plan de Gestión 2017-2019 elaborado por Renfe Mercancías (RM) para mejorar su eficiencia, así como la búsqueda de un socio estratégico para el operador público o la adquisición de nuevas locomotoras.

Para impulsar el transporte de mercancías por ferrocarril, el Gobierno implantará, además, medidas de apoyo a la operación ferroviaria en coherencia con la normativa comunitaria y las prácticas que se realizan de forma similar en otros países de la Unión Europea. También apoyará el desarrollo de autopistas ferroviarias, para lo que ya ha iniciado el proceso de implantación.

El Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos y la Fundación Caminos brindan, así, una total colaboración con la estrategia del ministerio en sus políticas sobre cambio climático y su efecto en las infraestructuras; todo ello además como eje de su principal preocupación e interés por seguir prestando el mejor servicio a la sociedad y al conjunto de los ciudadanos.

Plan de Innovación para el Transporte y las Infraestructuras

Es positiva la intención del Plan y el compromiso del ministro

Resumen Ejecutivo

Dado que el procedimiento de aportación de sugerencias al PLAN DE INNOVACIÓN PARA EL TRANSPORTE Y LAS INFRAESTRUCTURAS no permite realizar puntualizaciones de carácter general, desde el Comité de Transportes del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, se desea hacer llegar las siguientes observaciones y sugerencias:

Observaciones al planteamiento del Plan

Es preciso destacar, como punto positivo, la intención del plan y el compromiso del Ministro a llevar a cabo un Plan de Innovación necesario.

Las empresas del Grupo Fomento no comparten los diferentes proyectos de innovación entre ellas, por lo que en ocasiones se desarrollan proyectos similares sin la coordinación necesaria; por ello, no se generan sinergias que favorezcan la innovación. Así, el hecho de que sean las empresas del Grupo Fomento quienes lideren el Plan de Innovación puede no ser la decisión óptima.

- Las empresas del Grupo Fomento tienen, en términos generales, limitada cultura innovadora, escasa colaboración con universidades, empresas, startups, etc., escasa comunicación abierta con las empresas del Grupo, limitado posicionamiento internacional, no se incorpora la innovación como herramienta para posicionar la imagen y la marca en mercados internacionales, etc. El Plan debería considerar esta circunstancia como uno de sus puntos de partida.

La subcontratación puede generar problemas

- Las empresas del Grupo Fomento no se han implicado lo suficiente en la elaboración del Plan, por lo que la generación de la estrategia de innovación podría mejorarse. En ocasiones la implicación de algunas empresas del Grupo Fomento no ha sido la esperada y parece que el equipo redactor ha sido el responsable de desarrollar ciertas Líneas de actuación sin un criterio unificado.
- No se ha tenido en cuenta a las principales asociaciones del sector como Tecniberia, Fidex, Seopan, ANCI, Plataformas Tecnológicas, etc.
- El Plan de Innovación debe estar estrechamente relacionado con un Plan de Internacionalización para que exista una correlación entre los esfuerzos a invertir y el proyecto a desarrollar. La reciente presentación del Plan de Internacionalización del Transportes y las Infraestructuras 2018-2020 es un buen momento para conseguir esta coordinación.
- El Ministerio de Fomento debe favorecer la adjudicación de contratos públicos a aquellas empresas que aporten ideas innovadoras y flexibilizar los contratos para que se permita su adopción en toda la vida útil del proyecto.
- Se debe poner en marcha de un Plan de promoción de España como plataforma global de negocios e inversiones en materia de innovación y el Gobierno debe promover sinergias innovadoras entre empresas españolas.
- Valorar la incentivación de la cultura de innovación de la empresa a través de deducciones fiscales, preferiblemente que con subvenciones.

Favorecer la firma de acuerdos comerciales y de inversiones a nivel internacional

Sugerencias de carácter general

- Las estrategias de actuación son, en ocasiones, muy generales y vagas en su definición, por lo que parece una visión de lo que se quiere conseguir más que un plan ejecutivo.
- No se ha hecho un estudio de identificación de los responsables de cada Eje y Línea de actuación, por lo que el proceso de cumplimiento de los objetivos no está bien definido desde el principio.
- No se han definido variables de referencia (Key Performance Indicators - KPIs) para comprobar el estado de avance de los proyectos, por lo que su seguimiento y control puede ser interpretado de forma no objetiva.
- De hecho, la definición del Plan lleva a pensar que será Ineco quien, a través de encomiendas se encargue de llevar a cabo muchas de las Líneas de Actuación del Plan de Innovación. Como Ineco no tiene capacidad para llevarlas a cabo, es más que probable que se subcontraten. La subcontratación de un contrato de encomienda puede generar problemas de transparencia en la adjudicación y perjudicar la competencia.
- Parece que Ineco será el encargado de coordinar y controlar el avance de cada Línea de Actuación y puesto que Ineco ha sido quien ha realizado el Plan de Innovación y no están definidos los KPIs para valorar el cumplimiento de las iniciativas, se puede esperar que el resultado no sea objetivo.
- Se sugiere potenciar que las empresas del Grupo Fomento participen activamente de la mano de empresas privadas,

Las velocidades de los vehículos pueden ser sugeridas por las infraestructuras

Mensajes en la vía

universidades, centros de investigación e innovación, etc. de forma que se conviertan en plataformas de investigación de tecnologías disruptivas en el ámbito de la movilidad, el transporte multimodal y las infraestructuras, centralizando el Estado de este modo su desarrollo.

- Esta plataforma de investigación podrá ofrecer servicios de asesoría y consultoría en materia de regulación técnica, jurídica y económico-financiera para ayudar a otras empresas españolas en su proceso de innovación.
- Se propone fomentar la participación conjunta de empresa españolas en ferias/congresos/jornadas de relevancia a nivel mundial de la mano del Gobierno/Ministerio/ICEX creando una imagen de Marca España potente, fiable e innovadora.
- Se sugiere elaborar un pipeline de proyectos de innovación a nivel mundial en el que las empresas españolas puedan participar conjuntamente y analizar la posibilidad de formar alianzas nacionales en proceso de licitación.
- Se propone favorecer la firma de acuerdos comerciales y de inversiones a nivel internacional que favorezcan el conocimiento nacional a través de proyectos innovadores en desarrollo o planificados.
- Se sugiere impulsar la participación de empresas y organismos españoles en los diferentes foros y organismos internacionales encargados de la normalización y estandarización técnica del transporte actual y de los futuros medios a desarrollar.

- Se sugiere involucrar a las principales asociaciones como Tecniberia, Fidex, Seopan, ANCI, Plataformas Tecnológicas, etc. y a entidades financieras en el desarrollo de tecnologías de innovación para fomentar su implantación empresarial.

- Llama la atención el hecho de que el Plan se haya elaborado exclusivamente desde el Grupo Fomento, sin coordinación con otras administraciones del Gobierno central y de las Comunidades Autónomas, Diputaciones Forales, Diputaciones Provinciales, Cabildos, Consells y Ayuntamientos. En esta misma línea, se echa en falta la participación de las empresas privadas y los centros de investigación, cuya implicación en la innovación ha sido muy destacable en los últimos años; la consideración de estos actores sería muy positiva para la consecución de los objetivos del Plan.

Sugerencias de carácter específico

- En diversos apartados cita en el concepto de Agentes interesados a las Administraciones Públicas y solo, en la página 145 en el apartado E4L2-2, a propósito del Plan Nacional de Infraestructura para el Vehículo Eléctrico y otros Vehículos con Energías Alternativas, cita a la Dirección General de Tráfico, cuando es a ésta, según el Decreto 1666/1960 por el artículo 1º, a quien corresponden las competencias en materia de vigilancia de la circulación, tráfico y transporte por las vías públicas y por el artículo 2º apartado i), las competencias de regular el tráfico en autopistas, carreteras y demás vías públicas, lo que evidencia una singular carencia.
- En particular, en el apartado DIGITALIZACIÓN DE LAS CARRETERAS Y DEL FERROCARRIL, cuando cita las múltiples aplicaciones directas en la gestión y control del tráfico y las condiciones de las carreteras, hace referencia al control dinámico del tráfico, donde manifiesta: "las velocidades y aceleraciones de los vehículos y distancias entre ellos, pueden ser sugeridas por las infraestructuras de manera dinámica en función de las condiciones del tráfico", lo cual es incompleto y parcialmente cierto, pues el control dinámico del tráfico es una función mucho más amplia ya que además de depender de la geometría y características de la infraestructura, también depende y en gran medida, de las condiciones medioambientales, de la localización de eventos (ocio, deportivos, compras...), de la existencia de modificaciones en las vías acaecidas por obras o accidentes, de los emplazamientos de centros generadores de tráfico origen/destino, de los horarios de trabajo, es decir, de parámetros que afectan a la existencia o producción de un tráfico, que precisamente conducen unas condiciones de la movilidad o de la circulación.
- Es adecuada la manera en "como" hacer llegar a los usuarios la información, tal como indica este apartado: "las sugerencias pueden hacerse llegar a los usuarios a través de

sus vehículos, junto con mensajes en la vía”, aunque a veces no son solo sugerencias sino mensajes informativos de obligación e incluso prohibición (velocidades, carriles cortados, estados de congestión...) y es incompleta pues también se puede hacer llegar una información a través del teléfono móvil o vía radio.

- Es adecuado el uso del término “mensajes en la vía” que cabe suponer que se refiere a los paneles de mensaje variable, de amplia extensión, aunque insuficiente, en vías principales, actualmente con elevado grado de deterioro, pero estos son prácticamente nulos en vías secundarias, por lo que estas requieren un tratamiento singular que no se deduce en lugar alguno.

- Debería de ser más amplio y también preciso e indicar que la “gestión dinámica de la señalización” engloba los mensajes que transmiten la señalización fija y los que transmite la señalización fija o variables (adaptados y según las circunstancias que ocurran).

- Nada dice de la vigilancia del tráfico, bien mediante equipos fijos instalados o los móviles terrestres y aéreos, que en situaciones de concentración y/o desplazamientos masivos ejerce la Dirección General de Tráfico y que son otra gran fuente de información.

- Llama la atención el hecho de que sólo se mencione la Compra Pública Innovadora en la relación con Startups, cuando este mecanismo de colaboración para promover la innovación no es exclusivo de este tipo de empresas; de hecho, el propio grupo Fomento ha puesto en marcha procedimientos de Compra Pública Innovadora (por ejemplo, la búsqueda de solución a los problemas de niebla en la AP-8).

- Se debería poner en valor la Compra Pública Innovadora en todo el Plan y armonizar los términos con la nueva Ley de Contratos del Sector Público (publicada en noviembre de 2017), que pasa a denominarla “Asociación para la Innovación” en su artículo 177.

- No se considera la Compra Pública Verde, cuya connotación con la innovación es también destacable.

- En la descripción de la metodología, se echa en falta la consideración del sector privado en la fase preliminar, en la que han participado un buen número de entidades del Grupo Fomento; si bien se reconoce que no es posible dar voz al sector privado en su conjunto, se podría haber articulado esta participación a través de las Plataformas Tecnológicas o de las Asociaciones sectoriales que trabajan en el campo de la innovación, de manera que se hubieran tenido en cuenta sus puntos de vista en cuanto al establecimiento de mapas de prioridades.

Vigilancia del tráfico

Plataformas Tecnológicas

- Para cada una de las iniciativas que se establecen en las diferentes líneas estratégicas se define un riesgo tecnológico (tiene en cuenta la madurez de las tecnologías empleadas), riesgo normativo (hace referencia al desarrollo normativo y jurídico de los campos relacionados con la iniciativa) y riesgo presupuestario (considera la magnitud del presupuesto estimado y la incertidumbre presupuestaria asociada a la iniciativa).

- En este sentido, los riesgos tecnológico y normativo no dependen, en su mayor parte, del grupo Fomento, pero el riesgo presupuestario va asociado a la propia actividad del grupo, que debe asignar las partidas presupuestarias correspondientes. En el momento que se establece un Plan, debe garantizarse, al menos en una elevada proporción de sus actuaciones, la viabilidad económica para ejecutarlas; si no es el caso, debería valorarse desde una perspectiva crítica la incorporación de las acciones para las que ya se ha previsto un elevado riesgo presupuestario.

- En otras palabras, sin presupuesto, difícilmente habrá un Plan viable.

- En cuanto a las referencias presupuestarias que se incluyen, sería interesante conocer si se trata de proyectos en los que el sector privado tendrá oportunidad para colaborar o se encargarán de manera directa a empresas públicas como Ineco, que ha redactado el propio Plan. ☹

Plan de Impulso del Transporte de Mercancías por Ferrocarril 2017-2023

El objetivo de las infraestructuras ferroviarias era mejorar la movilidad de las personas

El transporte de mercancías por ferrocarril debe tener mucho más protagonismo en España en el siglo XXI

La evolución del Ferrocarril de mercancías en el último siglo

La mayor parte de las inversiones ferroviarias iniciadas en el siglo XIX se hicieron pensando en dos grupos de clientes; en algún caso las infraestructuras ferroviarias tenían como objetivo mejorar la movilidad de las personas que vivían en un territorio, como ocurrió en el primer ferrocarril de viajeros de la península ibérica; el que circulaba entre Barcelona y Mataró, mientras que en otros casos los ferrocarriles fueron diseñados, financiados y gestionados con el objetivo preferente de transportar mercancías, como ocurrió en los ferrocarriles de Asturias, en los ferrocarriles andaluces, y en el ferrocarril central de Aragón, inaugurado en 1901 para unir Sagunto y Calatayud que durante muchos años contribuyó con éxito al desarrollo de las actividades productivas mineras y agrícolas de la región.

La atención compartida a esas dos familias de clientes fue posible y eficaz en muchas líneas ferroviarias durante siglo y medio, ya que durante ese tiempo ambos necesitaban de condiciones técnicas parcialmente compatibles; la infraestructura y superestructura, las instalaciones y equipamientos ferroviarios podían ser utilizadas por unos y otros clientes. Sólo las estaciones, el material móvil, motor y remolcado, así como algunas instalaciones auxiliares debían ser especializadas para cada uso. Así fueron diseñadas construidas y utilizadas.

En la mayor parte de las decisiones sobre los trazados de las vías se buscaba conseguir la mejor aproximación posible al mayor número de núcleos de población, así como a los puertos, condicionadas por los límites de unas pendientes máximas que hicieran posible el transporte de mercancías pesadas sin un enorme gasto energético, o sin pérdida de la adherencia necesaria para la circulación, etc.

Durante muchos años las sumas de intereses y de beneficios de esas inversiones fueron positivas para las compañías ferroviarias y para la economía de esos clientes.

Cuando los viajeros empezaron a necesitar más velocidad y confort para competir con el automóvil, los explotadores del ferrocarril respondieron a esa exigencia de esos clientes con una serie de decisiones; los correos se convirtieron en “directos” o “expresos”; los coches fueron mejorados, los nuevos trazados ferroviarios se diseñaron más directos entre los principales núcleos de población, aunque ello exigiera pendientes más fuertes, y menos adecuadas para el transporte de mercancías, etc.

En España se invirtió bastante durante gran parte del siglo pasado en el ferrocarril, mientras se consideró por los Gobiernos y por la sociedad civil que esas inversiones eran convenientes para nuestro desarrollo, pero al surgir durante el tercer tercio del siglo XX la generalización del uso del automóvil la Administración General del Estado cambió los criterios de la inversión, con el fin de priorizar las inversiones destinadas a mejorar la red de carreteras.

Hacia 1985 se abordaron las últimas inversiones importantes, tanto en infraestructura como en material rodante, destinadas al ferrocarril convencional de media o larga distancia. A consecuencia de ellas se consiguió subir la velocidad a 180 km/hora en algunos tramos de la red, y se iniciaron las inversiones destinadas al nuevo acceso ferroviario a Andalucía, que luego fue parcialmente utilizado para la alta velocidad.

En las últimas décadas la inmensa mayoría de las prioridades entre los dos grupos de clientes potenciales del ferrocarril se han ido tomando en España a favor del viajero. Quizá porque casi nunca en Renfe se cuidó suficientemente la gestión del transporte de mercancías, pero quizá también porque los criterios empresariales tuvieron menos fuerza que la presión política de muchas autoridades para las que atender las demandas de los ciudadanos que utilizan los servicios de transporte metropolitano siempre es más atractivo electoralmente en el corto plazo que atender las demandas de transporte de industrias o actividades logísticas., lo que sólo redundaría en el interés general a largo plazo.

Lo antedicho lleva a constatar que por entonces:

El transporte de mercancías por carretera evolucionaba comercialmente, aportando atención directa al cliente, flexibilidad horaria, trazabilidad, fiabilidad, accesibilidad total (cualquier origen

En 1985 se abordaron las últimas inversiones importantes

y cualquier destino) y, sobre todo, servicio puerta a puerta a un coste muy competitivo frente al del ferrocarril. En resumen ofrecía un mejor servicio a la industria o a la logística de las mercancías; sectores a los que aportaban más eficiencia y más fiabilidad de lo que obtenían de un ferrocarril que no respondió a ese reto.

Además, cuando las principales áreas urbanas crecieron ocupando la periferia de las ciudades históricas, las administraciones públicas utilizaron la red ferroviaria metropolitana para extenderla o para doblar la capacidad de las redes de transporte urbano o metropolitano. Y poco a poco las cercanías fueron ocupando muchos surcos inicialmente utilizados por los ferrocarriles, por lo que la fiabilidad de los servicios de mercancías por ferrocarril empeoró.

A partir de 1990 el auge de las inversiones para las cercanías y para alta velocidad, dejaron en la práctica sin oxígeno financiero al ferrocarril de mercancías.

Posteriormente, ya después del 2000 se han estudiado proyectos parciales para destinar la red convencional, que ya no es competitiva para viajeros de largo recorrido, al uso de mercancías y a los servicios regionales o metropolitanos; pero se aprobaron y financiaron pocos proyectos concretos, con lo que el declive del ferrocarril de mercancías en España se agravó progresivamente hasta descender a una cuota del 2,16 % del total de mercancías transportadas en España en 2007.

En esos años, la situación se agravó por efecto de la progresiva pérdida de transporte de graneles que ha sufrido el ferrocarril a consecuencia del cierre de algunas importantes explotaciones mineras, y por la pérdida del transporte de paquetería que ha sufrido

La cuota del ferrocarril de mercancías se sitúa en 2015 en el 4,27 % del transporte total en España

Es necesario recuperar el transporte de mercancías por ferrocarril

Nuevo sistema de gestión de la circulación

por la competitividad comercial de las empresas de transporte por carretera.

En esta situación, algunos estiman que la situación de caída de cuota del transporte de mercancías por ferrocarril en España puede ser irreversible, aunque para nosotros todavía es posible recuperarlo.

De hecho, desde 2007, parcialmente por el apoyo de los operadores ferroviarios privados y parcialmente por efecto de la reducción global de tráfico causada por la crisis, la cuota modal del ferrocarril de mercancías ha ascendido en 2015 ligeramente, hasta el 4,27 % del transporte total en España.

Estos datos permiten confirmar que la estrategia de liberalización del transporte ferroviario de mercancías está dando algunos resultados, todavía no suficientes pero esperanzadores. Además, en los últimos años, son cada vez más frecuentes algunas nuevas inversiones destinadas a mejorar los accesos ferroviarios a los puertos o alguna moderna estación de clasificación de mercancías. Por otra parte se ha vuelto a proponer como conveniente en algunos foros que el ferrocarril debe recuperar parte del mercado de transporte de mercancías. Al menos así se ha hecho para justificar y potenciar los programas de inversiones para el arco mediterráneo.

Pero no está claro si van a superarse los problemas técnicos para hacer compatibles los surcos y velocidades de los trenes de alta velocidad con los de mercancías, o los problemas de diseño de los parámetros de las líneas; estas y otras cuestiones de eficiencia hacen pensar a algunos que finalmente las vías diseñadas para

alta velocidad serán sólo útiles para los viajeros, aunque quizá esa circunstancia puede llevar a que algunas no puedan ser explotadas rentablemente.

Pero pese a todas esas dificultades, cada vez son más generalizadas las llamadas a recuperar el transporte de mercancías por ferrocarril; entre ellas merece la pena recordar y desarrollar al menos cuatro propuestas positivas de distinto alcance:

- La del libro verde del transporte y cambio climático, redactado y editado por la Comisión de Transportes de nuestro colegio en junio de 2010, que llama a trabajar por el transporte ferroviario de mercancías, y establecer líneas especiales para destinarlas prioritariamente a este grupo de clientes ferroviarios.
- La de la Comisión de Transporte de la Demarcación en la Comunidad Valenciana del Colegio de Ingenieros de Caminos, que editó en 2014 un cuaderno específico proponiendo el ferroutage para el eje mediterráneo.
- La del informe de junio de 2015 de la subcomisión de estudios y análisis del sistema ferroviario español, constituida por decisión de la comisión de Fomento del Congreso de los Diputados, que propone la creación de líneas ferroviarias con prestaciones específicas para el transporte ferroviario de mercancías.
- La del actual Ministerio de Fomento que en 2017 ha modificado la forma de tratar al ferrocarril de mercancías; El Ministerio en varias intervenciones públicas ha reconocido algunos compromisos de inversión en ferrocarril destinado a las mercancías. Entre otros se ha comprometido a invertir unos 350 millones de euros en los próximos 4 años para el tramo Zaragoza- Sagunto del Santander- Mediterráneo, con el que se podría dar un servicio adecuado para mercancías, imprescindible para la actividad económica del nordeste español, así como para todo el noroeste si se prolonga a un nivel aceptable hasta Cantabria y Asturias, y compatible con dar servicio a viajeros que pudieran viajar en bastante menos de 3 horas entre Zaragoza y Valencia por ferrocarril.

Y para esa recuperación, una posibilidad sería la de establecer, en las vías de la red ferroviaria no utilizadas para la alta velocidad o las cercanías, un nuevo sistema de gestión de la circulación, diseñado preferentemente para que circulen con prioridad los trenes de mercancías.

Algunas cifras comparativas del ferrocarril de mercancías español y europeo

Los planes de la Comisión Europea han propuesto como objetivo que el 50 % del transporte interno europeo se realice por ferrocarril en 2050, en un proceso hacia la intermodalidad.

El análisis elaborado por el ministerio de Fomento en “el plan estratégico para el impulso del transporte ferroviario de mercancías en España” publicado por el Ministerio de Fomento el 14 de septiembre de 2010, reconoce que “España es el país con la menor cuota modal de transporte ferroviario de mercancías entre los países más significativos de la UE, siendo además el que mayores descensos ha experimentado respecto al conjunto de dichos países en la última década.”

- Según ese plan estratégico la cuota en España se ha reducido desde el 10 % al 4,1 % entre 1997 y 2008, al tiempo que en carretera ha crecido al doble.
- Según el anuario estadístico del ministerio de Fomento, el tráfico ferroviario de mercancías en 2015 había caído un 35,6 % respecto a 2007, llegando a un punto bajo del 2,16 % , y en los últimos años ha recuperado hasta el 4,27 %, gracias a la gestión de los operadores privados.
- Otras fuentes dan una reducción algo menor (del 7,2 % en Tn/km en el año 2.000, al 5 % en el año 2015, es decir una pérdida del 44 %).

Aunque los datos conocidos de otros países europeos no son totalmente homogéneos por la falta de un método común de medición de magnitudes, sea cual sea la fuente el desequilibrio entre España y gran parte de los países fuertes de Europa en captación de cuota ferroviaria es evidente y muy importante.

Atendiendo a la cuota modal del ferrocarril en Europa (expresada siempre sobre el total de TnKm de transporte y datos de EUROS-TAT), los valores son:

- La cuota del ferrocarril de mercancías en 2015 alcanzaba el 24,0 % en Alemania, el 17,4 % en Francia y el 15,1 % en Italia, mientras que en España era solo del 5,0 %.
- La evolución de dicha cuota en el periodo 2000-2015, era de una ganancia del 4,8 % en Alemania, una pérdida del 3,2 % en Francia y una ganancia del 4,1 % en Italia. España perdió un 2,2 % de cuota en ese periodo.
- Globalmente, en la UE28, la cuota era en 2015 del 17,9 %, con una pérdida del 0,9 % en el periodo 2000-2015, si bien en la UE15 ganó un 1,7 % en ese periodo hasta llegar al 16,8 % en 2015.
- En la variación de la cuota 2000-2015 tiene influencia el desplome del uso del ferrocarril en los países post-soviéticos: Polonia perdió un 26,3 % (hasta llegar al 16,2 % en 2015), Lituania perdió el 34,0 % (hasta el 34,6 %) y Rumania perdió el 28,3 % (hasta el 20,8 %), lo que indica la sensibilidad del modo a las condiciones de libre mercado.

Diferencia de eficiencia del sistema de transporte

El ferrocarril bien gestionado debería ser muy competitivo

En la utilización del indicador de cuota en TnKm hay que tener en cuenta las diferencias de eficiencia de los sistemas de transporte:

- En España el ferrocarril transporta 29 millones de Tn, a lo largo de sus 21.000 km de vías, mientras Alemania mueve 365 millones de TM en sus 56.000 km de vías, con un coeficiente de eficiencia del sistema 4,7 veces superior al de nuestro país.

En cuanto a intermodalidad:

- Según EUROSTAT Alemania transportó en 2015, en contenedores y cajas móviles, 64,3 Mtn , que es el 17,5 % del total transportado en FFCC (367,3 Mtn), mientras que España transportó 10,1 MTn, que es el 38 % del total transportado en FFCC (26,7 Mtn).
- Según el observatorio del transporte y la logística de España, la intermodalidad terrestre (ferrocarril mas carretera) va creciendo en los últimos años, y alcanza ya el 18 %.

La conclusión intermedia es que, en transporte ferroviario de mercancías, España está descolgada tanto con respecto a las cifras medias europeas, como con respecto a las de los países fuertes de la Unión.

El desequilibrio es mucho mayor si se trata de tráfico internacional de mercancías, dentro del cual la cuota ferroviaria española desciende hasta un 2 %:

- En España solo el 17 % del tráfico ferroviario total es internacional, mientras que en Alemania es internacional el 29 %.

El futuro del transporte de mercancías será intermodal

• Italia, país tan periférico como España, y con dificultades orográficas mas fuertes que las nuestras para su integración ferroviaria en Europa, alcanza una cuota del 9,4 % del total del transporte internacional de mercancías por ferrocarril en Europa, mientras que España sólo alcanza una cuota del 0,6 %.

Y todo ello a pesar de que la distancia de transporte internacional por carretera en España para el 72 % del tonelaje transportado, es superior a 500 km, distancia para la que el ferrocarril bien gestionado debería ser muy competitivo en precio respecto a la carretera.

España no es el único lugar de Europa en el que no será factible alcanzar una cuota del 50 % en 2050, tal y como plantea como objetivo la Unión Europea. En España es posible mejorar la cuota actual del uso del ferrocarril de mercancías hasta cifras intermedias, similares a las de otros países europeos. Cifras deseables para mejorar la economía española, que pueden conseguirse mejorando la gestión de tal forma que vuelva a ser competitivo el ferrocarril de mercancías.

Causas de la caída de la cuota de mercado del transporte de mercancías que utiliza el ferrocarril

El esfuerzo inversor en España destinado al ferrocarril, desde 1990 hasta 2014 ascendió a 45.000 millones de euros, de los que el 73 % correspondieron a infraestructuras de gran velocidad, y del resto, la mayoría se destinó al transporte de cercanías, siendo muy escasas las inversiones destinadas a mejorar el transporte de mercancías.

Pero la caída de la cuota de mercado de mercancías para el ferrocarril no se ha producido sólo por la falta de inversiones ferroviarias adecuadas. La principal causa de esa caída de cuota de mercado está en la falta de competitividad, así como de respuesta comercial por parte del principal operador ferroviario hacia sus clientes de mercancías, agravada por:

- Las dificultades que soportan los operadores privados, para la eficiente integración de la cadena de comercialización-acarreo-terminal- transporte ferroviario-distribución-atención al cliente.
- La atomización de los distribuidores agroalimentarios, y de las empresas productoras en España.
- El fuerte incremento en el uso de los servicios de cercanías a las ciudades operados por Renfe, que alcanzaron 395 millones de viajeros en 2014, incrementándose anualmente en un 14 %.
- La baja flexibilidad del ADIF para adaptarse a los cambios.

Pero también deberíamos mencionar las causas derivadas de los vaivenes de la política española, que han facilitado que muchas buenas propuestas de un Gobierno no hayan sido continuadas por el Gobierno que le ha sucedido:

Entre ellas, dentro de este siglo, creemos que interesa recordar dos buenas propuestas de inversiones ferroviarias que si fueran recuperadas podrían iniciar el cambio de rumbo que se necesita para que el ferrocarril de mercancías facilite una mejora del potencial económico español.

• La propuesta de un Gobierno español para incluir en la red europea básica el eje 16 de la red de infraestructuras ferroviarias europeas, como unión de mercancías para unir los puertos de Sines y Algeciras con la Red europea con ayuda de un eje ferroviario central destinado prioritariamente a mercancías que conectara la península ibérica con el ferrocarril francés cruzando el Pirineo central; propuesta que fue aprobada en 2004 por la Comisión Europea, y que fue vigente hasta que otro gobierno español, en 2011 dejó de solicitar su inclusión en la nueva lista de proyectos de transporte mas necesarios para Europa, siendo postergado hasta 2050.

• El plan estratégico para el impulso del transporte ferroviario de mercancías en España “publicado por el Ministerio de Fomento el 14 de septiembre de 2010, que no ha seguido siendo trabajado por el Gobierno de España como uno de los proyectos necesarios a partir de 2012.

Objetivos para el transporte ferroviario de mercancías en España

El transporte del futuro de mercancías será intermodal, pero en ese marco parece consensuado que el ferrocarril debe ser mas utilizado de lo que lo es ahora.

Es indudable que en la redacción de los planes de la Comisión Europea para hacer crecer la cuota interna de transporte de mercancías por ferrocarril han influido principalmente las razones ambientales; el objetivo último es conseguir rebajar las emisiones contaminantes a la atmósfera; la consecución del 50 % no es ciertamente realista, pero intentar cuotas mayores de las actuales en el uso del ferrocarril sería posible y beneficioso para la ecología y para la economía europea.

Para rebajar las emisiones contaminantes, las empresas que fabrican material móvil para el transporte por carretera continúan trabajando por la innovación, (Los camiones eléctricos, con pila de hidrógeno o híbridos van a estar en las carreteras antes de que nos demos cuenta, y probablemente con costes inferiores a los actuales). Ello es cierto, pero el mayor uso del ferrocarril de mercancías puede ayudar, sin duda, también a ese objetivo, porque reduciría de forma importante la cantidad de energía consumida, siempre que la innovación se implante también con fuerza en el transporte ferroviario y consiga que su coste sea competitivo.

El consumo de combustible diésel por cada 100 toneladas – kilómetro movidas es de 1,3 litros en el ferrocarril frente a 3,6 litros en el caso del transporte por carretera; aquél sólo es superado por el transporte marítimo, con 0,3 litros como promedio.

Según un reciente estudio de PwC, creciendo desde los 12.600 millones de Tn/Km actuales de transporte de mercancías por ferrocarril, a 35.000 millones de Tn, lo que sería viable con una moderada inversión, se podrían ahorrar 484KTER al año en consumo de energía primaria, 234 millones de euros al año en costes externos de transporte, así como reducir las emisiones de CO2 en 1,3 millones de Toneladas anuales, de NOx en 2,1 millones de toneladas, o de 262 millones de partículas emitidas por año,...

Además son cada vez más frecuentes las opiniones de grupos empresariales españoles, y consultores de prestigio de que el impulso del ferrocarril de mercancías puede ser, para España, pilar de una economía más eficiente y menos contaminante, aunque para lograrlo es necesario que estas tesis lleguen a influir realmente en los presupuestos y poderes del Estado y en las decisiones empresariales.

En España el objetivo sería, para unos, transportar por ferrocarril 50 Millones de tm/año de mercancías en 2025. Para otros alcanzar cuotas próximas al 30 % en el año 2050, lo que supondría llegar casi a 100 Millones de Tn al año. En cualquier caso un objetivo mínimo podría ser que el transporte ferroviario internacional por ferrocarril, desde la península ibérica, alcanzara una cuota ferroviaria similar a la mitad del que actualmente ha conseguido el transporte ferroviario entre Italia y el resto de Europa, lo que supondría multiplicar por cinco veces los tráficos actuales de ferrocarril que cruzan los Pirineos.

Como cimiento de cualquier estrategia española dirigida a potenciar en su caso el transporte de mercancías por ferrocarril bene-

El impulso del ferrocarril de mercancías puede ser pilar de la economía

ficioso para la economía española, es necesario que exista una estrategia nacional estable; un plan de negocio consensuado técnica y políticamente entre los que pueden hacerlo posible, y no sujeto a vaivenes cada cuatro años.

“Las decisiones que pueden tener impacto a largo plazo son decisiones de Estado, que deberían ser tomadas y asumidas por consenso y no deben ser personalizadas ni atribuidas a un momento o situación política concreta”.

Nuestra propuesta

Nuestra propuesta es la de estudiar en profundidad, con el fin de que pueda ser definido, aprobado por el Gobierno así como por el Parlamento, y puesto en marcha, un nuevo e integrado plan de negocio, a medio y largo plazo, para el impulso del transporte ferroviario de mercancías en España.

Bases y contenidos del plan de negocio

Es indudable que no sería serio ni positivo, ni acorde a la seriedad técnica y económica que exige la historia y el prestigio de la Ingeniería de Caminos que en el Comité de Transportes del Colegio planteáramos propuestas concretas que no fueran susceptibles de ser ratificadas tras ser estudiadas sólidamente con un análisis de sus costes y beneficios económicos, sociales y ecológicos.

Pero tampoco sería serio seguir demorando las propuestas dirigidas a mejorar la gestión de los operadores ferroviarios de mercancías, o a realizar la inversión necesaria en infraestructuras destinadas a las mercancías hasta que mejore la situación económica

Cambiar el modelo de gestión

global hasta que se consiga una suficiente reducción de la deuda de España. O bien hasta que se ultimen los proyectos en curso para finalizar las líneas ferroviarias de gran velocidad ya iniciadas, o prometidas políticamente. No se puede porque cualquier demora puede originar una mayor caída de la cuota de transporte de mercancías para el ferrocarril, provocando mayores dificultades para la recuperación de la economía española.

Es necesario un plan de negocio que incluya acciones destinadas a la regulación, la planificación, la financiación, la gestión competitiva y eficiente del ferrocarril.

Las claves de ese plan de negocio pueden ser estas:

1. Es indudable que lo más necesario es cambiar radicalmente el modelo de gestión de la red ferroviaria; la velocidad de circulación de las mercancías no es la clave de esa mejora, pero sí lo será un cambio hacia la competitividad en el servicio al cliente, porque para que el ferrocarril pueda competir con el transporte por carretera, los gestores del ferrocarril deben tener mentalidad logística.

- La gestión ferroviaria puede mejorar con la ayuda de los operadores privados, que desde 2007 han captado un 34,5 % del tráfico ferroviario, con crecimientos anuales recientes del 37 %; con su ayuda la cuota modal del ferrocarril ha subido hasta el 4,27 %.

Pero también será necesario:

- Articular una red ferroviaria para las mercancías, con líneas preferentes y exclusivas para ello.

- Realización de contratos de participación público-privada para el acondicionamiento, mantenimiento,...

- Establecer un sistema de gestión de la circulación diseñado preferentemente para administrar trenes de mercancías en la red convencional.

- Mejorar la gestión en la composición de los trenes, y en la situación de los vagones vacíos en los lugares y tiempos necesarios.

- Romper el monopolio de la carretera en el transporte internacional, completando con urgencia las inversiones en curso para que todos los operadores (RENFE también) puedan disponer cuanto antes de un sistema rápido y eficaz de cambio de ancho de eje que debiera incluir el cambio de ejes y el cambio de bogies.

- Mayor agilidad en la asignación de surcos.

- Facilitar la coordinación de los operadores ferroviarios con los operadores de transporte por carretera, creando empresas mixtas.

- Liberalización efectiva de las terminales.

- Y sobre todo incorporar a esa gestión una filosofía de servicio al cliente, para gestionar la infraestructura con criterios comerciales, y atendiendo al cliente 24 horas todos los días del año.

2. Pero esa gestión también necesitará de infraestructuras adecuadas, ya que la red ferroviaria española cuenta con numerosos puntos críticos de capacidad, entre el mediterráneo y el cantábrico, en las fronteras con Francia, y también en algunas áreas metropolitanas por efecto de la tradicional subordinación del tráfico de mercancías a los servicios de cercanías de las grandes ciudades.

En concreto, serán sin duda necesarias inversiones destinadas a:

- Facilitar la circulación de trenes de más de 750 metros, preferiblemente de 1.000 metros.

- Identificar y solucionar los cuellos de botella en la red ferroviaria.

- Facilitar mejor accesibilidad a los puertos y a las principales nodos logísticos españoles (puertos secos, Plaza en Zaragoza, etc.).

- Mejorar en la conectividad con el ferrocarril para muchas empresas de automoción, y polos petroquímicos y siderúrgicos.

- Preparación de las vías, plataforma y estructuras para cargas por eje y vagón competitivas.

- Modernizar los intercambiadores y las terminales ferroviarias para la mejor eficiencia en las operaciones para la intermodalidad

del ferrocarril con la carretera, mejorando los medios auxiliares y situándolos en lugares no encerrados por áreas urbanas o industriales que dificulten su crecimiento.

- Innovar en material rodante.
- Solucionar las incompatibilidades y limitaciones existentes para el tráfico de mercancías peligrosas.
- La mejora de la interoperabilidad con las infraestructuras ferroviarias del resto de Europa.
- La ampliación de gálibos para facilitar el ferroutage.
- La innovación y desarrollo de los ejes de ancho variable para mercancías.

Conclusión y Propuesta

Por todo ello, desde el Comité Técnico de Transportes queremos elevar al Colegio de Ingenieros de Caminos esta propuesta:

Animar a la Sociedad Civil, a la CEOE, a los exportadores y al Ministerio de Fomento para que trabajen y se apoyen mutuamente para que España pueda contar con un nuevo y eficiente plan de negocio para el ferrocarril de mercancías.

Formar junto con el resto de los representantes de la sociedad civil una plataforma para impulsar y coadyudar a ese cambio, mediante un plan de negocio.

Un plan que pueda consensuarse en el Parlamento y con la Sociedad civil como Pacto de Estado para los ferrocarriles de mercancías, destinado a contribuir a la mejora económica de España.

Este plan de negocio debe partir de una teoría básica: “Los modos de transporte que no se adaptan a los requerimientos de los procesos logísticos, son expulsados del mercado, que elige a los modos que entiende responden adecuadamente a sus requerimientos de calidad de servicio, eficiencia, fiabilidad y competitividad económica.”

- El plan de negocio debe incluir acciones destinadas a facilitar la entrada en la gestión ferroviaria de operadores de transporte de otros modos. Además debe incorporar planes específicos destinados a que el ferrocarril ayude a la mejor eficiencia y competitividad para algunos sectores económicos concretos, sugiriéndose inicialmente el sector del automóvil, la industria química, o los operadores logísticos.
- Asimismo el plan debe incluir acciones destinadas a progresar en las mejoras tecnológicas del ferrocarril, que puedan hacer más eficiente la intermodalidad, reduzcan costes logísticos, o faciliten la competitividad ferroviaria.

- También el plan debe identificar las acciones necesarias de inversión que deben realizarse en la red ferroviaria convencional, para optimizar su uso, o para ampliar la capacidad en sus cuellos de botella, producidos en parte por la competencia con los servicios de cercanías, para que las mercancías circulen de forma fiable.

- Sin duda será necesario también establecer un proyecto específico de inversión en infraestructuras ferroviarias reservadas, o casi reservadas para el uso de mercancías, que permitan garantizar capacidad suficiente en para esas mercancías y fiabilidad en los tiempos comprometidos para el transporte.

Y en concreto proponemos:

- Que esa red básica ferroviaria para mercancías se diseñe, además de para el resto de sus funciones, para llegar a permitir el transporte ferroviario de remolques de camión, e incluso el mismo camión en las denominadas autopistas ferroviarias; quizás sea lo que pueda conseguir para el ferrocarril de mercancías un resultado de crecimiento análogo al que la tecnología de alta velocidad ha conseguido para recuperar cuota de mercado de viajeros.

- Que en la gestión del ferrocarril intervengan empresas que ahora son operadoras de transporte por carretera, formando sociedades mixtas que utilicen frecuentemente la intermodalidad de los dos modos para el transporte de mercancías.

Consideramos que esas son propuestas en las que deberían trabajar cuanto antes conjuntamente los empresarios logísticos, los exportadores, la industria y el comercio y el Ministerio de Fomento.

Creemos firmemente que el Colegio de Ingenieros de Caminos se debe ofrecer como adecuado y útil coordinador e impulsor de la acción conjunta de la Sociedad Civil y de la Administración para que el transporte ferroviario de mercancías recupere su cuota y sea útil a la economía española.

P.D. 1. En uno de los últimos artículos que nuestro compañero Sandro Rocci presentó al Comité de Transportes, propuso también, refiriéndose al deseable pacto de estado sobre las infraestructuras, dos afirmaciones que quisiéramos incorporar a esta propuesta:

- “Es imprescindible que el Plan de infraestructuras del transporte que necesita España sea acordado a un horizonte estable que abarque cuatro o cinco legislaturas: lo que ahora se ha dado en llamar “Pacto de Estado”.

- Si se pretende lograr un “Pacto de Estado” que ampare un Plan de infraestructuras del transporte que sirva para algo, dicho pacto debe lograr que el Plan tenga una programación estable y una financiación comprometida.

P.D.2. Es conveniente recordar que plan estratégico del Ministerio de Fomento en 2010 propuso entre otras las siguiente acciones:

- “Definir la Red Básica en cuanto a infraestructuras lineales y nodales de transporte ferroviario de mercancías para dar certidumbre al mercado sobre la definición de la red y sus condiciones de operación, fijando criterios de actuación y dándole rango normativo cuando fuere necesario.”
- “Las actuaciones sobre las infraestructuras existentes y las de nueva construcción (lineales y nodales) tendrán como criterio básico la eficiencia del transporte de mercancías por ferrocarril medida en términos de coste de la unidad física transportada y de fiabilidad de servicio.”
- “Definir y desarrollar corredores prioritarios competitivos para mercancías comunicando centros de producción y consumo, zonas logísticas, puertos y fronteras.”
- “Adaptar las infraestructuras de línea y las terminales para la circulación y explotación eficiente de trenes de 750m de longitud.”
- “Adaptación progresiva de los gálibos (GC) a medida que se renueven las líneas”.
- “Eliminación de cuellos de botella”.
- “Vías dedicadas para mercancías en los grandes núcleos de cercanías a medio plazo”.
- Estudiar y localizar los centros nodales mas necesarios para estructurar el servicio de mercancías.

Notas sobre el coste del Plan

El Plan de 2010 había previsto la inversión de 7.112 millones de euros, de ellos 2.480 millones en infraestructuras lineales, 2.520 millones en terminales, de los que un 40 % podrían obtenerse de la participación privada , y 1.800 en accesos a puertos.

Sin duda que una pequeña parte de este plan se ha ejecutado, y sin duda que el plan requerirá de un nuevo presupuesto, probablemente superior al inicialmente previsto, aun sin contar con la cuantía de obras tan costosas como las necesarias para aumentar los gálibos y hacer posible la utilización del ferroustage, pero tras evaluar los beneficios social y económicamente directos e indirectos y ajustar las cifras en lo conveniente, parece que en el marco de la economía española es viable financiar un plan como el señalado, que será con elevada probabilidad rentable, aunque deba justificarse con garantías de realidad.

En la propuesta realizada en la Jornada sobre decisiones fundamentales para el transporte de mercancías en España y con Eu-

ropa, celebradas en el Colegio de Ingenieros de Caminos el 25 de febrero de 2015 se planteó que el coste de infraestructuras podría ser superior a 15.000 millones de euros, a desarrollar en 20 años.

Fuentes

Es necesario nombrar algunas de las fuentes de los datos utilizados en este documento, en concreto:

- Libro verde de transporte y cambio climático, publicado en junio de 2010 por la Comisión de Transportes del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.
- Plan Estratégico para el Impulso del Transporte Ferroviario de Mercancías en España. Ministerio de Fomento. 14 de septiembre de 2010.
- Estudio de impacto del eje Sines/Algeciras-Madrid-Paris en el PIB y en el empleo, redactado en junio 2012 por AFI, Sers, y Egis-France para la Fundación Transpirenaica.
- “Corredores ferroviarios de gran capacidad” documento realizado por IDOM para la Fundación Transpirenaica del Gobierno de Aragón en diciembre de 2014.
- “Tomando la vía hacia un transporte de mercancías inteligente” un estudio editado por el grupo de crecimiento inteligente de PwC.
- Ponencias de la Jornada sobre el ferrocarril de mercancías entre la península ibérica y Europa, organizada el 29 de septiembre de 2014 por CEOE y el Gobierno de Aragón: “ para que la empresa española sea mas competitiva en Europa”.
- Ponencias de la Jornada sobre Decisiones fundamentales para el transporte de mercancías en España y con Europa, celebradas en el Colegio de Ingenieros de Caminos el 25 de febrero de 2015.
- Informe de la Comisión Técnico Científica para el Estudio de Mejoras en el Sector Ferroviario publicado en 2014.
- Informe de Junio 2015 de la Subcomisión de Estudios y Análisis del Sistema Ferroviario Español, constituida por decisión de la Comisión de Fomento del Congreso de los Diputados.
- Anuario estadístico del Ministerio de Fomento de 2015.
- Los retos del ferrocarril en España. (artículo de Luis Andrés publicado en la revista de obras públicas en mayo de 2017).
- Ponencias de la jornada sobre “Las autopistas ferroviarias de mercancías en la península ibérica”, en septiembre 2017.

Programa de actividades para impulsar el transporte de Mercancías por ferrocarril

El Comité de transportes del Colegio de Ingenieros de Caminos ha redactado un documento denominado: El transporte de mercancías por ferrocarril debe tener mucho más protagonismo en España en el siglo XXI.

La propuesta del Comité Técnico es que el Colegio impulse este proyecto por medio de:

Animar a la Sociedad Civil, a la CEOE, a los exportadores y al Ministerio de Fomento para que trabajen y se apoyen mutuamente para que España pueda contar con un nuevo y eficiente plan de negocio para el ferrocarril de mercancías.

Formar junto con el resto de los representantes de la sociedad civil una plataforma para impulsar y coadyudar a ese cambio, mediante un plan de negocio.

Un plan que pueda consensarse en el Parlamento y con la Sociedad civil como pacto de Estado para los ferrocarriles de mercancías, destinado a contribuir a la mejora económica de España.

Con este objetivo, el plan de actuación podría ser el siguiente:

1. Llevar el documento y la Propuesta al órgano de gobierno colegial adecuado para aprobar el documento, la decisión de impulsar el transporte de mercancías por ferrocarril, y este plan de actuación
2. Nombrar una comisión del Colegio para gestionar la propuesta
3. Hacer una reunión exploratoria con el ministerio de Fomento, (a niveles adecuados)
4. Publicar varios artículos en medios de comunicación adecuados para difundir los objetivos y los efectos:

Se podrían publicar noticias sobre:

- Los medios intermodales modernos de transporte de camiones sobre ferrocarril.
 - Los túneles en los Alpes.
 - Los efectos en la economía de los ferrocarriles de mercancías en Europa.
 - Los efectos ambientales del transporte por carretera o ferrocarril.
5. Convocar una reunión (o varias, individuales o por grupos) con las entidades que pueden acompañar al Colegio en la organiza-

ción de un grupo que impulse el transporte de Mercancías, para presentarles el documento, y el plan de : proponemos que inicialmente se cuente con:

- La CEOE, y como miembros de la CEOE, también:
 - o CNC: Confederación nacional de la construcción o SEOPAN
 - o CETM (Confederación Española de transporte de mercancías)
 - o ANFAC (Asociación española de fabricantes de automóviles y camiones)
 - o UOTC (Unión de operadores de transporte en España)
 - o ACTE (Asociación de centros de transporte en España)
 - o ANGED (Asociación de medianas y grandes empresas de distribución)
 - o MAFEX (Asociación española de fabricantes exportadores de material, equipos y servicios ferroviarios)
 - o UNO (Organización empresarial de logística y transporte)
 - o ASPAPEL (Asociación española de fabricantes de pasta, papel y cartón)
 - o FEPEX (Federación española de asociaciones de productores-exportadores de frutas, hortalizas, flores y plantas vivas)
 - o COEMFE (Confederación nacional de empresarios mayoristas de frutas y hortalizas)
 - o CONFEMETAL (Confederación española de organizaciones empresariales del metal)
 - o AEC (Asociación española de empresas de consultoría)
- TECNIBERIA- ASINCE
- El Consejo Superior de Cámaras de Comercio
- ANCI: Asociación Nacional de constructores independientes
- AERCO: Asociación Nacional de Empresas para la Obra pública
- Consejo General de Colegios de Economistas
- Colegio oficial de Geólogos

6. Convocar una jornada de trabajo en el Colegio, o mejor en la CEOE, para difundir la idea, los detalles, los procedimientos, con la mayor cobertura mediática posible.

7. Formar una asociación permanente para impulso continuado del ferrocarril de mercancías en España, y entre España y el resto de Europa, que actúe en el impulso del cambio en la gestión ferroviaria ante el Gobierno de España, la Unión Europea, el Gobierno francés, etc.





Parte I

COYUNTURA

Estaciones que estructuran la ciudad

Influencia en su ordenación, jerarquía e imagen



MIGUEL
Aguiló
Ingeniero de Caminos

RESUMEN

Por su elevada accesibilidad y por su función central en el transporte público, las estaciones adquieren una gran capacidad estructurante en la ciudad. Como únicos elementos visibles de las grandes redes subterráneas, o accesibles de las redes elevadas, las estaciones se insertan en el tejido urbano produciendo unos flujos de usuarios que atraen actividad y jerarquizan su entorno. Las redes de cada ciudad presentan diferentes modos de organización, desde la cruciforme en Berlín, al eje central en Nueva York, o al anillo periférico y definidor del centro en Londres, y la otorgan una peculiar estructura funcional, jerárquica e identitaria.

PALABRAS CLAVE

Ciudad, transportes, ferrocarril, estructura urbana, imagen de la ciudad

ABSTRACT

Due to their highly accessible nature and their central function in public transport, stations take on a large structuring capacity in the city. As the only visible elements of large underground networks or as the only means of access to elevated or overground systems, these stations are inserted in the urban fabric, producing flows of users that attract activity and organise their surroundings. The networks of each city reveal different types of organisation, ranging from the grid-type arrangement in Berlin, the central axis in New York, or the circular system that defines the centre of London, and which all grant these cities a peculiar functional, hierarchical structure and identity.

KEYWORDS

City, transport, railway, urban structure, image of the city

1

Atractivos y potencial de la estación

Atractivos de la accesibilidad

Por su elevada accesibilidad, la estación ferroviaria constituye un embrión de centralidad vital en la ciudad. El paso de elevados flujos de viajeros por su interior e inmediaciones conlleva la necesaria instalación de bares o restaurantes que, a su vez, atraen comercios de bienes cotidianos de primera necesidad. A su lado se sitúan los edificios administrativos del barrio, las tiendas de alimentación, aseo y demás productos básicos, que tratan de aprovechar la renta de situación generada por la multitud que pasa por delante.

Esto ha ocurrido de manera habitual en barrios y suburbios de todas las grandes ciudades del mundo, de Londres a Berlín, pasando por los suburbios neoyorquinos o por las urbes metropolitanas madrileñas. Con la creciente competencia, su proximidad define la localización idónea para todo tipo de aprovisionamientos y, con ello, las estaciones generan polos de actividad en el tejido urbano, con funciones diferentes y complementarias a las derivadas del transporte. Las soluciones varían con la evolución de la población y las características de cada ciudad, por lo que no se debe generalizar las tendencias, ni trasladar los posibles aciertos o errores de unas a otras.

Potencial de su ubicación

Cuando la posición relativa de estos polos de actividad y los vínculos de transporte público entre ellos se organizan en red, pueden formalizar una verdadera estructura de la ciudad. En principio, no es necesario que la red sea visible para que adquiera funciones estructurales. No se requieren grandes avenidas que confluyan en plazas monumentales, pues el simple uso acaba por generar espacios de intensa sociabilidad, con capacidad para transformarse rápidamente en centrales.

Con ello, no se quiere minimizar el valor de los grandes espacios públicos diseñados a lo largo de la historia y habitualmente considerados como lugares óptimos para la convivencia. Por el contrario, se trata de proporcionar pistas para aprovechar y rediseñar espacios públicos que, sin ambición de monumentalidad, son capaces de constituirse en centros vitales gracias a su notoriedad y accesibilidad de uso. No ocurre lo mismo, sin embargo, en algunos grandes lugares urbanos monopolizados por el automóvil, como l'Étoile de París, donde confluyen doce calles abarrotadas de coches en una plaza circular, con el monumental Arc de Triomphe de 50 m de altura en el centro. El paso o la simple presencia de tal cantidad de automóviles convierten el lugar en obstáculo para la vida cotidiana de a pie y hacen imposible la convivencia ciudadana.

Año	500	1000	1500	1600	1700	1800	1900	1950	2000
París	0.05	0.10	0.18	0.33	0.60	0.75	3.75	6.20	9.80
Londres		0.01	0.10	0.15	0.55	0.86	6.51	8.20	7.75
Moscú				0.10	0.15	0.50	1.17	4.85	10.13
Berlín				0.01	0.07	0.27	1.89	3.34	4.10
Nueva York							4.20	12.46	17.36

Evolución de la población (Mill. hab.)



Fig. 1. Jamaica Station, Nueva York, Air Train a JFK Airport

Capacidad organizativa e identitaria

En las grandes ciudades occidentales de elevada población, las estaciones de ferrocarril son los únicos elementos visibles de unas redes mayoritariamente subterráneas, pero su frecuentación genera una jerarquía de lugares de inmediato reconocimiento. Los conocidos nombres de esas estaciones se utilizan cada vez más como indicadores de posición, en vez de las direcciones postales. No hace falta saber con exactitud dónde está la dirección buscada, basta su proximidad a la estación utilizada como referencia, para situarla en el complejo mapa de la gran ciudad. Incluso no hace falta saber donde está exactamente la estación, basta con que su función sea conocida para situarla, como ocurre con la Jamaica Station, en Nueva York, donde arranca el ferrocarril elevado Air Train al aeropuerto JFK.

Por todo ello, la ubicación de las estaciones y su disposición en red no sólo organizan el funcionamiento de la ciudad, sino que proporcionan su imagen espacial básica. El plano o esquema del transporte público proporciona una imagen inicial que resulta imprescindible, como afirmaba Kevin Lynch en los 1970, para formalizar espacialmente su identidad. Pues, sin una prefiguración de la relación espacial de los principales elementos identitarios, la ciudad solo es un nombre o un relato indeterminado.

Este relato necesita ‘poner cara’ a la ciudad para ‘acercarla’ a los ciudadanos y lo hace con su mapa-esquema de transportes, donde la estación y su relación topológica con las demás son protagonistas [12:vv. pp.].

El posible orden o estructura urbana, surgido de la red ferroviaria, puede ser impuesto por el gobierno de la ciudad, con el concurso del planeamiento, o haber surgido, de manera más o menos espontánea, como subproducto del desarrollo de esa red. Esta segunda posibilidad es poco frecuente, pero muy interesante para examinar las posibilidades y consecuencias urbanas de la libre competencia técnico-económica entre inversores privados. Su análisis permite esbozar un contraste real con las redes surgidas del planeamiento urbano, basado en razones teóricamente neutras o ‘urbanísticas’, habitual en la mayoría de las grandes ciudades del mundo.

2 El orden impuesto: Berlín

Formación y estructura de la red

La primera línea de ferrocarril berlinesa unió la ciudad con Potsdam en 1838, pero su principal estación la Potsdamer Bahnhof se situó al borde de la ciudad, como luego ocurrió con la Hamburger Bahnhof y con la Nordbahnhof. Solo una estación, la Stralauer Bahnhof se construyó en el centro de la ciudad, aunque en un barrio de escasa densidad. No obstante, la ciudad creció hasta absorberlas, quedando integradas en un tejido urbano muy denso, con estrechos corredores de paso entre las viviendas [8:19].

De modo similar a lo ocurrido en Londres, la red ferroviaria se inició con conexiones directas de Berlín con otras ciudades, construidas por compañías privadas independientes. Cada sociedad levantaba su propia estación en cabecera y las trazas estas líneas se saltaron el planeamiento urbanístico cortando desordenadamente las calles existentes y las proyectadas. De aquellas primeras estaciones solo quedan sus huellas -Lehrter, Anhalter, Potsdamer- al ser completamente destruida la ciudad por los bombardeos aliados.

Sin embargo, pronto surgieron las primeras ideas para ordenar el modelo del suburbano de Berlín. En 1871, August Orth propone un modelo basado en una serie de líneas radiales unidas en el centro de la ciudad por un eje Este-Oeste en viaducto y otro Norte-Sur en túnel. El modelo aportaba también criterios de racionalidad para el diseño de la red, separando los trenes de larga distancia de los suburbanos por medio de dos sistemas de doble vía diferentes, imponía una distancia mínima de 1000 m entre estaciones y evitaba potenciar un centro único para toda la ciudad [9:78].

En solo seis años, las líneas de largo recorrido se vincularon por medio de un anillo perimetral exterior. En 1882 la iniciativa privada construyó parte de la Stadtbahn planeada por la ciudad, la línea en dirección Este-Oeste atravesando el centro de la ciudad. En cambio, se retrasaba la línea Norte-Sur, que había sido proyectada en túnel, porque la densidad e importancia de lo construido a lo largo de su trazado impedía su materialización como viaducto. Hacia 1891, la ciudad empezó a gestionar conjuntamente el anillo y las radiales llegando a establecer un sistema de tarifas por zonas, precursor de los actuales.

Desarrollo periférico de industria y residencia

Los ferrocarriles radiales impulsaron el desarrollo de la red local de transporte público colectivo durante la era imperial. En buena medida, se deben a inversores privados organizados para promover desarrollos urbanísticos en la periferia. Este crecimiento de la ciudad de forma tan desagregada va paralelo a una escasa capacidad de regulación para fomentar una distribución más igualitaria de los estándares y características de la urbanización [5:vp]. Como resultado, las barriadas berlinesas oscilan entre lo excelso y lo desastroso, con diseños ejemplares y realizaciones penosas.

La mezcla de viviendas prósperas y miserables, de grandes empresas y pequeñas instalaciones descuidadas, de calles de lujo rodeadas de barrios desfavorecidos, de feos carreteras cercanas a maravillosos parques, de barrios flamantes al lado de otros abandonados, producían un mosaico fascinante. No ocultaban nada y, al tiempo, revelaban



Fig. 2. Restos de Anhalter-Bahnhof

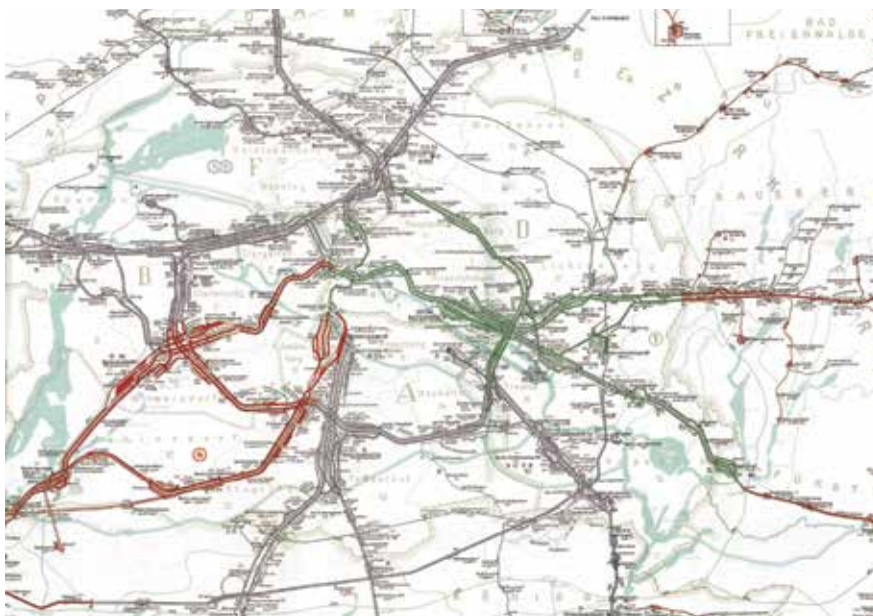


Fig. 3. Red ferroviaria del centro de Berlín (1955)



Fig. 4. La estación organiza la ciudad-jardín de Frohnau, Berlín



Fig. 5. Bullowstrasse Bahnhof



Fig. 6. Goerlitzer U Bahnhof

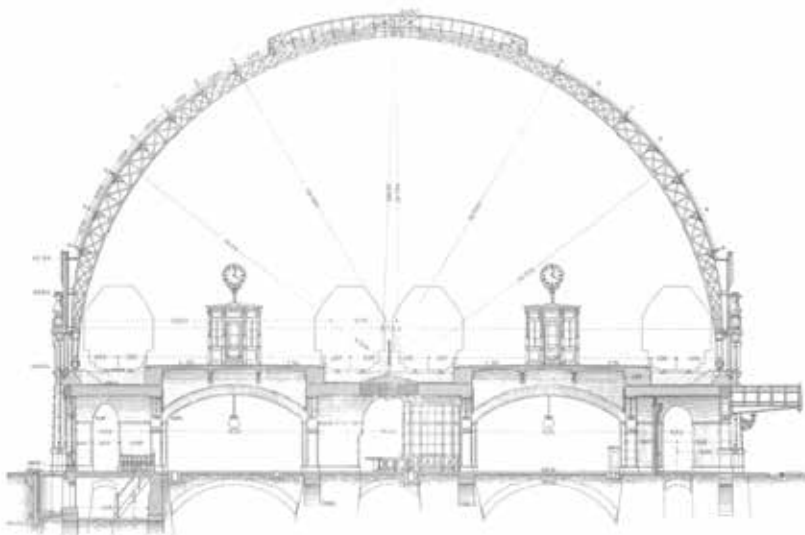


Fig. 7. Estación de Alexanderplatz, Berlín

el carácter específico de la metrópolis de Berlín. Un carácter distintivo, surgido de esa intrincada maraña, capaz de proporcionar el caldo de cultivo para la creatividad, la innovación y las formas de vida poco convencionales [6:7].

Ferrocarriles elevados y estaciones pasantes

Pues el ferrocarril tuvo también un papel fundamental en la evolución de la ciudad, industrial, tanto como en el desarrollo residencial. En principio, la Stadtbahn estaba pensada para el transporte de mercancías hacia Suiza y el suroeste del país, pero solo se realizó el tramo intraurbano y ya con intervención estatal, con dos vías para el suburbano y otras dos para grandes líneas, ambas preparadas para un transporte rápido. Se construyó como un ferrocarril elevado 5,3 m sobre el nivel de la calle, por medio de una serie de arcadas de ladrillo, tal y como se había hecho anteriormente en las primeras líneas de Londres, pues era la única forma de respetar el tejido urbano de calles sin interrumpir sus flujos. Todavía permanecen varios centenares de arcadas, a veces transformadas en restaurantes o tiendas, y más de 50 puentes sobre vías urbanas y otros obstáculos.

El ferrocarril elevado trajo consigo un tipo especial de estaciones, siempre pasantes y aquí obligadas a colocarse sobre el viaducto. El arquitecto municipal -y posteriormente estatal- Johann Eduard Jacobsthal (1839-1902) propuso una solución basada en dos pabellones distintos y paralelos que, en ciertos lugares de obligada monumentalidad como la estación de Alexanderplatz (1880-1895), se unían con una bóveda de acero y cristal¹ que se apoyaba sobre ellos cubriendo también las vías [10:80].

Por su parte, el otro eje Norte-Sur se debía construir en túnel, pasando bajo el río Spree, el Landwehrkanal y varias líneas de metro y hubo de esperar a la electrificación de las líneas. El primer tramo de túnel hasta la estación de Unter den Linden se abrió en 1936, con motivo de los Juegos olímpicos. El segundo tramo se terminó en 1939, conectando la Postdamer con el anillo a través de la Anhalter Bahnhof con las dos líneas suburbanas ya existentes de Schöneberg y Südkreuz.

Transporte público eléctrico

Las necesidades logísticas de la ciudad y el deseo de aprovechar las oportunidades tecnológicas propiciaron un sistema de transporte público ejemplar, electrificado en su mayor parte. Si Londres mereció el sobrenombre de *Railways Metropolis*, Berlín consiguió decididamente el título de *Elektrópolis*, gracias a personajes como Werner von Siemens y Emil Rathenau. La capacidad de invención y tecnología industrial de Siemens, sumadas a la eficiente interacción de capital y comercialización de AEG impulsaron una rápida industrialización, que exigía cada vez más espacio industrial y mejor movilidad.

Como remacha Thomas Hughes, la influencia de la electricidad en Berlín fue decisiva: ayudó a dar forma a su arquitectura, influenciando el diseño de sus fábricas, talleres y plantas químicas; estimuló el crecimiento industrial, proporcionando comunicaciones telefónicas y telegráficas; y cuando sustituyó a la tracción de vapor, eliminó ruido y suciedad afectando a las maneras de trabajar y vivir de los berlineses [7:49].

Jerarquía de estaciones

En particular, la tracción eléctrica hizo posible la reconversión de una serie de líneas radiales de ferrocarril privadas en el S-bahn, una eficiente red de Metro y ferrocarril integrados, con vías elevadas y subterráneas, cuyos ramales se extienden hasta 30 km del centro. En esa conversión, el papel del anillo de ferrocarril o *Ringbahn* fue decisivo para establecer la jerarquía de las estaciones, dando total preponderancia a las situadas en sus cruces con los ejes Norte-Sur y Este-Oeste, como las estaciones de Westkreuz y Ostkreuz en este último. Por supuesto, la máxima centralidad es la derivada del cruce de estas dos últimas líneas, donde se ha construido la principal estación de Berlín, propiamente llamada Hauptbahnhof o estación central.

Situada al lado del río Spree, donde existía un antiguo puerto fluvial con el que se mantuvo conectada, la nueva Hauptbahnhof es un proyecto de máxima intensidad expresiva. El cruce de líneas es mostrado en la disposición de las cubiertas, como intersección de dos



Fig. 8. Westkreuz bahnhof



Fig. 9. Ostkreuz bahnhof



Fig. 10. Hauptbahnhof



Fig. 11. Interior del Grand Central Depot



Fig. 12. Pennsylvania Station

bóvedas de acero y cristal, mientras subraya su papel central con altos bloques de los mismos materiales a cada lado del cruce. La estación se inserta en la geometría local biselando su fachada en la dirección dominante del largo edificio situado en la otra margen del río, donde se alojan la cancillería y el Bundestag.

Su interior consigue expresar la máxima conectividad de los transbordos con un gran espacio único, que comunica visualmente sus cinco plantas y alterna los niveles de vías y andenes con los de tiendas y restaurantes. Las conexiones verticales son igualmente exentas y visibles, consiguiendo trasladar a los viajeros la sensación de estar en un espacio único de flujos comunicados, mientras propicia el tiempo de reposo, comida o compras.

3 Densa centralidad: Nueva York

Primacía del ferrocarril

La peculiar conformación fisiográfica de los cinco barrios integrados en la ciudad y el desfase de sus respectivos desarrollos han producido un peculiar esquema ferroviario. Aunque la alargada isla de Manhattan es el barrio de mayor significación, su vínculo físico con el entonces más desarrollado Brooklyn hubo de esperar a la construcción del famoso puente colgante en 1886 para salvar el East River. Al nordeste, ese gran río se ensancha y retrasa unos años más la conexión con Queens. Por el Oeste, la mayor anchura del Hudson dificultó aún más la conexión con el barrio de Staten Island situado al suroeste y con la vecina ciudad de Jersey. Por el norte, la escasa anchura del North River permitió la primera conexión por ferrocarril con el barrio del Bronx, para continuar hacia la ciudad de Albany situada 250 km aguas arriba del Hudson River.

Como Manhattan creció desde su extremo sur hacia el norte, la línea Norte-Sur, propiedad de la New York Central Railroad Company, se constituyó como la columna vertebral de la red ferroviaria, que creció en paralelo duplicándose por ambos lados. Construyó su primera estación denominada **Grand Central Depot** (1871) al modo europeo, con una gran cubierta metálica rodeada por

tres de sus lados con un edificio de piedra de aire tradicional, con torreones en sus esquinas. La estación estaba bien situada y conectada, pero no disponía de suficiente espacio para los viajeros, separados por rejas de los trenes que, una vez en el exterior, circulaban en superficie, provocando molestias y accidentes, que la valieron la consideración de 'indigna' para una ciudad como Nueva York y requirió importantes reformas hacia principios de siglo. Es un modelo de la estación como lugar de la ingeniería, cuyo protagonista era el tren.

En esos años, la Pennsylvania Railroad Company estaba construyendo el primer túnel de ferrocarril bajo el Hudson desde Jersey City, a la altura de la calle 33, para llegar desde su base de Philadelphia, en Pennsylvania, al mercado neoyorquino. La gran hazaña técnica del túnel se coronó con la construcción de la **Penn Station** en 1910, aunque la línea debía continuar atravesando la isla, para conectar con Brooklyn por medio de otro gran túnel submarino. La terminal era un edificio magnífico, con una entrada porticada, una sala de espera y un espacio para trenes majestuosos, pero concebido con una funcionalidad poco flexible en accesos y recorridos, y dotado de escasas conexiones con los demás modos de transporte urbano. Es buen modelo de la estación como lugar de la arquitectura, cuyo protagonista era la cultura clásica.

Estaciones para el viajero

La competencia de la Penn Station se sumó al descrédito ciudadano del Grand Central Depot y su propietaria decidió derribarla para construir una nueva estación en su lugar. El proyecto de su ingeniero director William J. Wilgus para la nueva **Grand Central Station** respondía a unos principios de total modernidad: todos los trenes serán eléctricos y circularán por túneles; los vestíbulos dedicados a los viajeros serán grandes y luminosos, con restaurantes y tiendas; todo el diseño facilitará su acceso y movimientos; y la conexión con el transporte público debía ser inmediata. La enorme inversión a realizar se financiaría con la venta de los *Air Rights*, los derechos de vuelo de los solares ocupados en el subsuelo. Es un modelo de la estación como *lugar para el viajero*, que daba todo el protagonismo a sus flujos.



Fig. 13. Met Life Bd. (antes PANAM Bd.) sobre Grand Central Station



Fig. 14. Grand Central Station

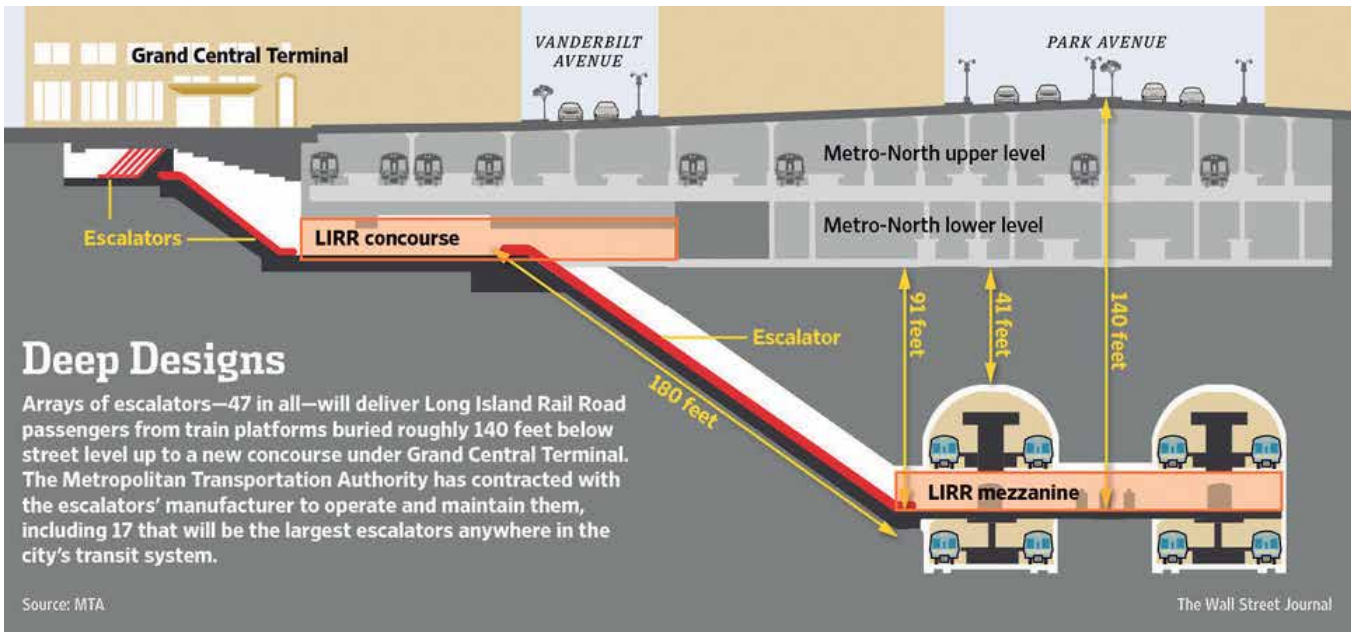


Fig. 15. Grand Central Station. Actual ampliación inferior

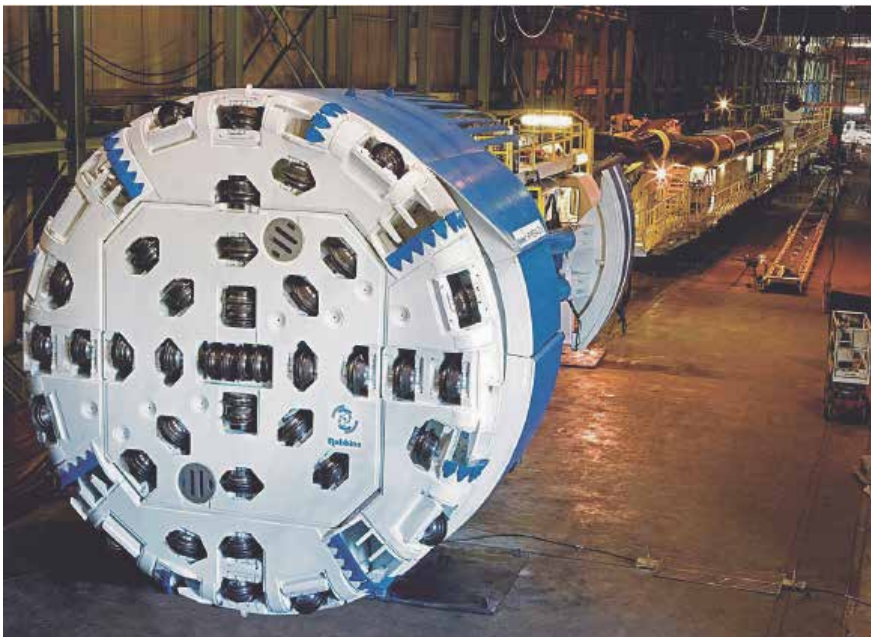


Fig. 16. Túneles para el East Side Acces, bajo Park Av. [Cortesía ACS]

En los 1950, los ferrocarriles empezaron a perder dinero, acosados por el nuevo impulso del automóvil. La Penn Station terminó por ser demolida en 1961 y fue sustituida por una estación similar a las del Metro en los bajos de una torre de oficinas. La Grand Central fue amenazada de venta en 1954, pero la ciudad estaba alertada por la demolición de la Penn y se organizó para defenderla en un largo pleito, que terminó en el supremo. En 1978 los conservacionistas ganaron a la propiedad y la estación se mantuvo, siendo cuidadosamente rehabilitada después, para convertirse en uno de los monumentos públicos más queridos de la ciudad.

En 2016 se añadió un nuevo túnel de acceso para los trenes bajo Park Av. que gira hacia el este a la altura de Central Park para cruzar el East River, para conformar el nuevo *East Side Access*. En la actualidad se está construyendo un nuevo sótano bajo los actuales para ubicar el vestíbulo y los accesos de viajeros a los andenes. Esa ampliación acentuará aún más la centralidad de la estación, aunque hay otras muchas repartidas por la ciudad², haciendo más rápido el acceso al aeropuerto.

4 Un orden orgánico: Londres

Primeros ferrocarriles suburbanos

En Londres, el sistema ferroviario tiene un enorme desarrollo y supone la columna vertebral de la movilidad de una ciudad que, con total acierto, fue llamada en su día *The Railway Metropolis*. Sus estrechas calles ya estaban abarrotadas mucho antes de la aparición de los automóviles, generando tal dificultad para moverse que, durante muchos siglos, solo pudo ser paliada con la utilización del río. La navegación por el Támesis suponía el único alivio para ir en poco tiempo de un extremo a otro de la ciudad, al igual que los canales permitían el acceso de mercancías a sus barrios más alejados.

Aunque el comienzo de la Revolución Industrial suele fecharse hacia 1780, el desarrollo industrial intensivo de los ferrocarriles comenzó a finales de los 1840 y tuvo como escenario concreto la ciudad de Londres. Y no se orientó tanto a solucionar la movilidad interna de la ciudad, como a resolver la comunicación del centro con la periferia³. Aunque menos conocidas, las líneas ferroviarias suburbanas construidas a partir de 1830 en las dos márgenes del río, desde el London Bridge hacia los puertos situados aguas abajo, son los pilares de la floreciente industria de construcción del ferrocarril, posteriormente exportada al mundo entero.

Protagonismo de la iniciativa privada

Por otra parte, el complejo sistema de gobierno de la City y las sucesivas reformas administrativas de su ámbito regional no facilitaban la construcción de la red ferroviaria con cargo al erario público. Las posibilidades de bloqueo de las decisiones locales o parlamentarias por parte de los grandes terratenientes fueron casi absolutas hasta bien entrada la segunda mitad del XIX. Y estos se oponían a su construcción, tanto por su elevado coste, como por los daños de las expropiaciones de los corredores ferroviarios en sus fincas.

De ese modo, la presión hacia una mejor movilidad derivó hacia el desarrollo

de la nueva tecnología del ferrocarril por medio de la inversión privada. Y ello ocurría en una época donde la ciudad había producido una enorme acumulación de capital, gracias al comercio del algodón con Europa y Ultramar. La nueva industria ferroviaria constituía una oportunidad única para reinvertir esos beneficios y Londres era el lugar idóneo. El ferrocarril podía ser un gran negocio para la ciudad y, de hecho, lo fue durante unas tres décadas: todo el mundo ganó mucho dinero y la ciudad vivió una época de gran prosperidad.

Todas las conexiones ferroviarias de la ciudad con su periferia fueron construidas mediante concesión por compañías privadas, cuya propiedad estaba parcialmente participada por los mismos propietarios de suelo. Con ello, además de ganar dinero por el capital invertido, los terratenientes podían dirigir la localización de la inversión de líneas y estaciones en su provecho. Sus reticencias sobre el ferrocarril se transformaron en un apoyo decidido a la instalación de nuevas líneas.

El gobierno local y el Parlamento arbitraron los conflictos de interés entre las compañías y ampararon la difusión de ese medio de transporte entre los trabajadores, con tarifas obligatorias adecuadas a su poder adquisitivo, mientras recibían pingües ingresos por las licencias de construcción y operación de las líneas. Con esta política, el sector público -la ciudad- incrementó notablemente sus ingresos con la construcción de líneas y estaciones ferroviarias.

Ocupación del borde de la ciudad

Todo ello orientó de manera peculiar el desarrollo de la red, que es fruto del gran número de vicisitudes de esos procesos particulares, con fusiones y quiebras de los participantes que alteraban con frecuencia los plazos y los itinerarios de las compañías. Uno de los primeros efectos fue la prohibición de construir estaciones en el interior de la ciudad, para evitar los enormes destrozos exigidos por los corredores y sus correspondientes reclamaciones.

Como resultado de la confluencia de intereses privados y del arbitraje público de sus conflictos, las principales compañías ferroviarias situaron ocho o diez



Fig. 17. Estructura-estaciones principales

estaciones de ferrocarril en lo que entonces constituía el límite de la ciudad, conectándolas con una línea circular. De ese modo, delimitaron lo que ahora se considera el centro de la ciudad, cuyos barrios se relacionan con todas ellas primero por medio de tranvías y luego por líneas subterráneas de Metro.

Cada compañía buscaba la mejor entrada a la ciudad y colocaba su estación lo más cerca posible del centro urbano. Como los terrenos eran muy caros, algunas compañías firmaron acuerdos entre ellas para compartir temporalmente estaciones, como trataron de hacer Isambard K. Brunel, ingeniero de la London and Birmingham Railway-L&BR, con Robert Stephenson, su colega de la Great Western Railway-GWR en la primera estación de Euston de 1837. Como la GWR no pudo afrontar el coste de los terrenos cerca de Euston, acabó construyendo un cobertizo provisional de madera en 1832, antes de instalarse definitivamente más hacia el oeste, en Paddington, en 1854.

Al este de Euston, por el norte de la ciudad se construyeron la estación de St Pancras (1857), convertida en internacional para el tren de alta velocidad desde el Eurotunnel en 2008 y, al lado, la es-

tación de King Cross (1852). En conjunto y gracias a sus múltiples conexiones de Metro, estas dos estaciones constituyen el núcleo ferroviario más importante de Londres, que ha sido recientemente renovado con nuevos vestíbulos y accesos, más una total re-urbanización de su entorno, como punto de partida para el desarrollo local de la extensa zona de playas de vías y almacenes situadas al otro lado del Regent's Canal.

Hacia el oeste, antes de llegar a la mencionada Paddington, están las estaciones algo más pequeñas de Baker Street y Marylebone. Al sur de Paddington se sitúa la compleja estación Victoria inaugurada en 1860 por la Victoria Station and Pimlico Railway-VS&PR y separada en dos estaciones adyacentes independientes en 1862 para las compañías London Brighton and South Coast Railway-LB&SCR y London Chatham and Dover Railway-LC&DR.

La red estructura la ciudad

Estas magníficas y admiradas estaciones tuvieron un papel determinante en la formación de la estructura urbana de la ciudad, surgido de su posición, potenciado por su protagonismo en la movilidad cotidiana, reforzado por las

conexiones subterráneas del Metro y decisivo en la definición de un centro, tanto geográfico como identitario.

Además de funcionar bien, esa red ha estructurado la ciudad, la ha dotado de un centro, de un anillo perimetral y de unos accesos a su gran zona de influencia. Y ha proporcionado a Londres un conjunto explícito de referencias para sus habitantes, capaz de 'ordenar' una extensa metrópolis en un imaginario compartido de lugares y relaciones [4:69].

5 Estrategias actuales de centralidad

Nuevas estrategias sobre viejas vías

Este importante legado de estaciones y líneas constituye la base sobre la que han de trabajar los organismos encargados de administrar los servicios de transportes. Las oportunidades de desarrollo de la ciudad basadas en estas redes son múltiples, tanto en estas tres ciudades como en cualquier otra de suficiente tamaño si cuenta con una buena red de Metro y ferrocarril.

Se insiste aquí en Londres, pues el origen orgánico de su red ferroviaria sería, en principio, menos propicio a la gestión de los organismos públicos encargados de ella, cuando las crisis económicas han propiciado el abandono de las compañías por sus propietarios privados. En breve, tras una consolidación de compañías en 1923 vino la nacionalización en 1948, con recortes y reducción de líneas en 1960, que acabaron siendo privadas en 1994, y nacionalizadas de nuevo en 2002⁴.

Actualmente, Transport for London⁵ coordina los modos de transporte para mejorar su uso conjunto y arranca dos grandes proyectos con nuevos medios de financiación, una política de reducción de coches y de densificación de la ciudad. Con la actual construcción de túneles se acometen nuevas líneas en los 1980 y ahora Crossrail de este a oeste, que se cruza con Thameslink en Farringdon, ubicada y diseñada para transbordos y financiada con derechos de vuelo.

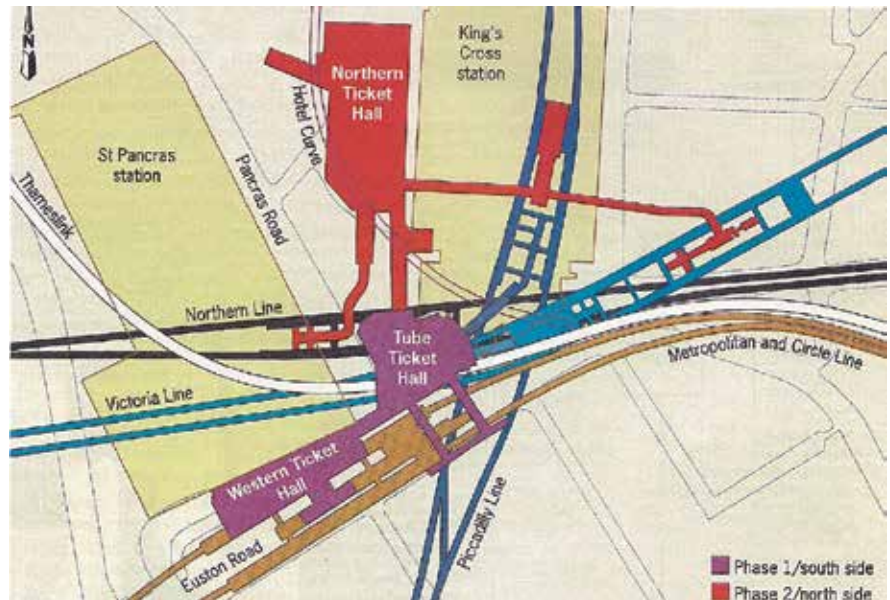


Fig. 18. Confluencia de líneas en King Cross-St Pancras [12:157]



Fig. 19. London Tube Map - zona 1



Fig. 20. Nueva estación para Crossrail en Canary Wharf

Esas nuevas líneas tratan de suavizar las puntas de tráfico ligadas a la entrada y salida del trabajo en las oficinas, a la vez que se atiende a las nuevas áreas de oficinas situadas en la periferia de la ciudad, principalmente en Canary Wharf. Eso conlleva unas enormes inversiones, cuya efectividad es a menudo puesta en entredicho y obliga a los planificadores a una continua evaluación de los nuevos trazados.

El caso de Liverpool Street

Al sureste de King Cross se encuentra la importante estación de Liverpool Street (1874), cuyo diseño de aire egipcio con capiteles lobulados para los pilares no debe camuflar el enorme potencial de su posición estratégica en la ciudad. Situada en el límite norte del denso tejido urbano de la City, actúa como foco de desarrollo hacia el norte y el este, que son las zonas más necesitadas de recuperación en Londres. Desde principios de los 2010, se está conformando como denso centro de actividad y empleo, que aumentará gracias al próximo incremento de accesibilidad de las nuevas líneas ferroviarias. La estación de Liverpool Street está al lado de la antigua estación de Morgate, en la Circle Line, cerca del punto de cruce de las nuevas líneas de Thameslink y Crossrail⁶, previstas como nuevos ejes urbanos Norte-Sur y Este-Oeste.

La propuesta de máxima accesibilidad para la estación de Liverpool Street no se limita al resto del centro de Londres ni a sus barrios, sino que atiende a la vocación de mantenerse como ciudad global. En los próximos años, se pretende que se pueda llegar a los principales aeropuertos londinenses en media hora, sin necesidad de transbordos. Su cercanía a St Pancras, garantiza que en poco más de dos horas se podrá llegar a Bruselas, París y otras ciudades europeas, lo que reafirma la voluntad de volcarse al mundo, con independencia de los vaivenes políticos del país⁷.



Posición y diseño de una nueva estación

El diseño y posición de la nueva estación presenta un enorme interés, como muestra de las estrategias de LfT para potenciar la red. Se trata de una estación de gran longitud para la nueva línea de Crossrail, en ese tramo paralela a la Central Line, cuyos extremos coinciden con los puntos de cruce de otras líneas de Metro. El extremo occidental está cerca del actual acceso a la estación de Moortgate, por donde cruza la Northern line, mientras el extremo oriental se acerca al de la estación de Metro de Liverpool Street, por donde cruza la Central Line, que está situada al lado de la estación de ferrocarril.

Muy cerca de esos extremos, LfT ha expropiado dos solares convenientemente situados en superficie, para construir nuevos accesos de gran capacidad a la nueva estación. En principio, los usuarios de la Crossrail ac-

ceden a un único andén central: por el extremo oeste una larga escalera mecánica conecta con la línea norte sur, por el otro lado otra escalera les lleva a la Central line y a la estación de Liverpool Street. Desde ese mismo andén, un ascensor les conduce directamente a Finsbury Circus, una plaza de nueva creación rodeada de oficinas y restaurantes. Además de las líneas de Metro, en ambas estaciones hay antiguas líneas de ferrocarril que siguen en servicio e incrementan la potencialidad de la nueva estación.

Esos dos solares constituyen los únicos puntos de acceso para la construcción de toda la estación, con independencia de los túneles. A pesar de las molestias⁹ que supone su construcción para la ciudad, las nuevas líneas y estaciones tienen buena prensa y los ciudadanos esperan beneficiarse cotidianamente de su potencial aportación a la mejora de la movilidad de Londres. 📍

Fig. 21. Nueva estación para Crossrail en Canary Wharf

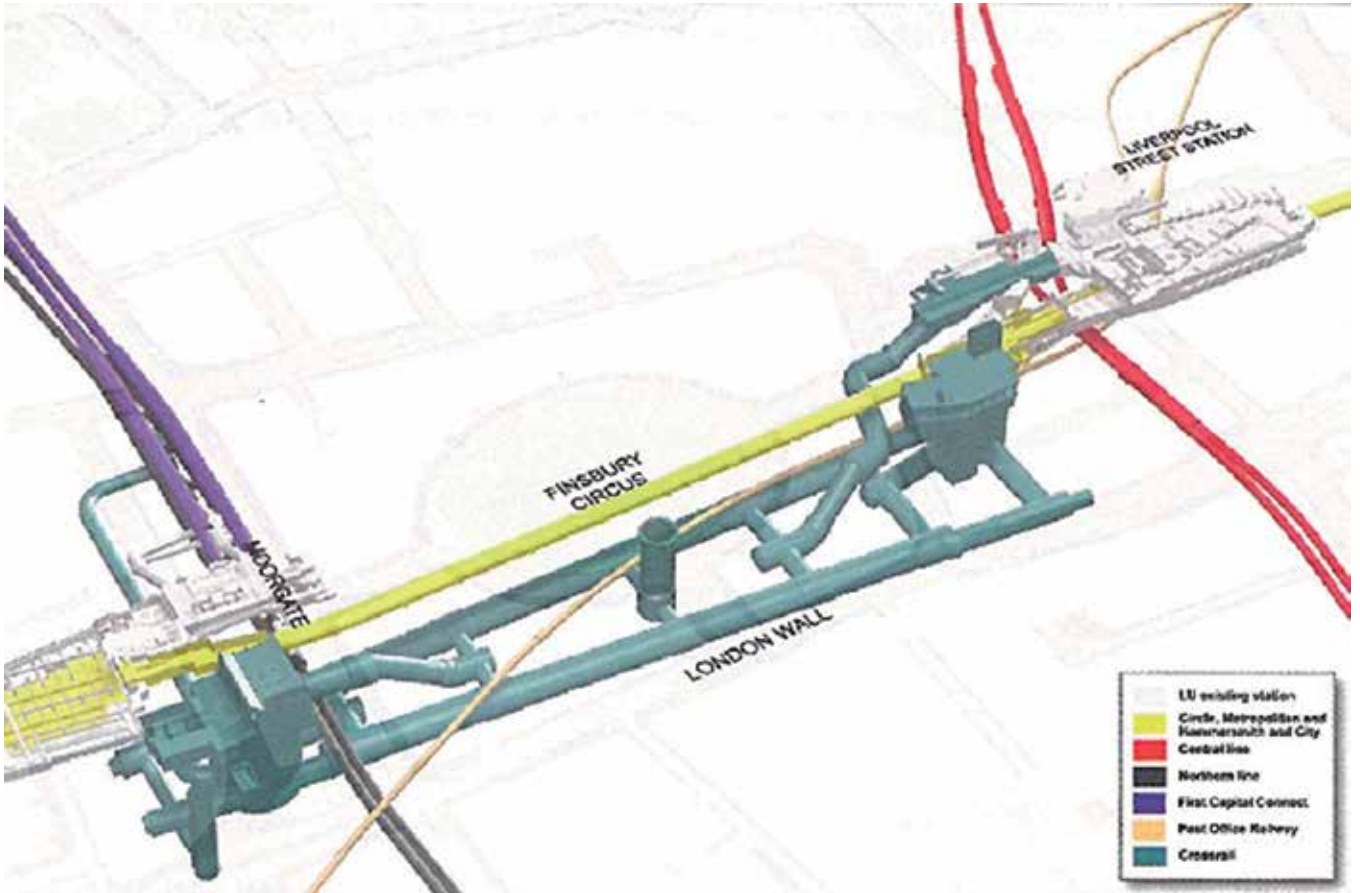


Fig. 22. Crossrail entre Liverpool y Mordgate [12:205]

REFERENCIAS

[1] Aguiló, Miguel (ed); et al.º; 2008. *Salidas, llegadas y transbordos. Una reflexión sobre las terminales de transporte*. Ineco, Madrid.

[2] Aguiló, Miguel; 2014. *La construcción del Nueva York moderno*. ACS, Madrid

[3] Aguiló, Miguel; 2015. *La repetida construcción de Berlín*. ACS, Madrid

[4] Aguiló, Miguel; 2017. *La pragmática construcción de Londres*. ACS, Madrid

[5] Bodenschatz, Harald; 2010. *Berlin Urban Design. A brief history*. DOM Publishers, Berlin.

[6] Eckhardt, Ulrich (dir); 2001. *Berlin : open city: the city on exhibition*. Nicolai, Berlin

[7] Hughes, Thomas P.; 1983. *Networks of power. Electrification in western society, 1880-1930*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore y London, 1993.

[8] Jacquand, Corinne; 1992. Berlin. *Portrait de Ville*. Institut Français d'Architecture, Paris

[9] Juliá, S. J. (2006). *Redes metropolitanas: Metropolitan networks*. Barcelona: GG, Gustavo Gili.

[10] Kuhlmann, B.; 2009. *Die Berliner Bahnhöfe*. GeraMond, Berlin

[11] Schabas, Michael; 2017. *The Railway Metropolis. How planners, politicians and developers shaped modern London*. Institution of Civil Engineers-ICE Publishing, London.

[12] Lynch, Kevin; 1960. *The image of the city*. The MIT Press, Cambridge. Ed. esp.: "La imagen de la ciudad". Infinito, Buenos Aires, 1974

NOTAS

(1) Ninguna estación londinense llegó a aplicar esa solución, limitándose generalmente a construir una marquesina independiente en cada andén. En contadas ocasiones, la marquesinas se prolongaban en una cubierta única, pero siempre de carácter utilitario y muy diferentes de las utilizadas en las estaciones término.

(2) En la zona suroeste de la isla de Manhattan, la Port Authority se quedó con el Hudson & Manhattan Railroad, que había entrado en bancarrota en 1954 y que se dedicaba a transportar commuters entre Manhattan y New Jersey, y creó la Port Authority Trans-Hudson (PATH). Esta compañía opera conexiones de Metro rápido hacia Newark, Hoboken y Jersey City, desde la estación de World Trade Center (2016) –conectada con el Fulton Centre (2012)– y las dos estaciones más pequeñas de Christopher Street y 9th Street. Con ellas, los viajeros cotidianos se reparten entre la Grand central Station y la Penn para las oficinas de los rascacielos del Midtown, y las del PATH para los de la zona sur de Wall Street.

(3) El primer ferrocarril de Stockton a Darlington (1825) fue, sin duda, un gran logro tecnológico. Pero la consagración del ferrocarril como modo de transporte capaz de resolver definitivamente la movilidad de personas y mercancías se demostró en Londres a partir de 1830.

(4) Epígrafes sucesivos encadenados de [7:204 y ss].

(5) No ha lugar aquí para detallar esta historia o destacar el diferente papel de estos

organismos públicos en cada época épocas, pero es preciso recordar que Transport for London (TfL) es el organismo actualmente encargado de ello. Desde 2003, TfL reúne todas las competencias sobre Metro, ferrocarril y transporte en superficie y resulta útil mencionar brevemente alguna de sus principales estrategias, para sacar partido de ese legado en beneficio de la ciudad.

(6) Es probable que termine denominándose Elisabeth Line.

(7) En su día, Londres votó contra el Brexit y sus principales poderes luchan por minimizar su alcance.

(8) Los túneles han sido realizados con tuneladoras de manera autónoma respecto a la estación, y utilizados como vías de extracción y acopio de materiales. Todas las obras se realizan en zonas muy congestionadas de la ciudad y requieren una enorme atención a la seguridad de las personas y los edificios. La monitorización de cuanto elemento construido hay encima o al lado de las obras es exhaustiva y ha permitido minimizar los daños a las personas, pero no resulta fácil evitar los daños a los edificios, con algunos derrumbes que han incrementado aún más el coste de las obras.

(9) Autoría colectiva por un grupo de ingenieros y arquitectos formado por Miguel Aguiló, Fernando Aragón, Javier de Cos, Franchis Fernández Lafuente, Carlos Ferrán, Marcos García Cruzado, Arcadio Gil, Fernando Gutiérrez del Arroyo, Joaquín Martínez Vilanova, Antonio Sarabia y Guillermo Vázquez.





Parte II

CIENCIA Y TÉCNICA

Influencia del sismo

en los costos directos de cimentaciones superficiales
aisladas en la ciudad de Santiago de Cuba

RESUMEN

Se evalúa la influencia sísmica en el diseño de cimentaciones superficiales mediante la comparación de presupuestos de tres variantes de diseño, dos que consideran el sismo con diferentes criterios de diseño geotécnico y una tercera variante definida solo para cargas gravitatorias. Las propiedades del suelo se obtienen de calas para el sitio de la obra. Las solicitaciones de diseño resultan de combinaciones de cargas recomendadas por la norma sísmica cubana NC: 46:2013 y ofrecidas por el programa SAP2000 versión 11. El diseño de la cimentación se realiza con la plantilla Excel DISCAR y los presupuestos con el software cubano Preswin.

PALABRAS CLAVE

Cimientos aislados, diseño geotécnico, costos en la construcción, diseño sismo-resistente

ABSTRACT

This article evaluates seismic influence on the design of surface foundations by comparing the proposals of three design variations; two considering earthquakes under different geotechnical design criteria and a third variant defined purely for gravitational loads. The soil properties are obtained from specimens taken from the work site. The design stresses are the result of combinations of recommended loads given by the Cuban Seismic Code NC:2013 and that offered by the SAP2000 version 11. The design of the foundations was made with the Excel DISCAR template and the price estimates with Cuban Preswin software.

KEYWORDS

Isolated foundations, geotechnical design, construction costs, seismic resistant design



EDUARDO R.
Álvarez

Departamento de Ingeniería Civil,
Facultad de Construcciones,
Universidad Oriente, Santiago de
Cuba, Cuba



EDUARDO
BEIRA

Departamento de Ingeniería Civil,
Facultad de Construcciones,
Universidad Oriente, Santiago de
Cuba, Cuba



PEDRO MANUEL
Cabrera

Departamento de Hidráulica,
Facultad de Construcciones,
Universidad Oriente, Santiago de
Cuba, Cuba

1

Introducción

A causa de los graves daños ocasionados por sismos, la ingeniería sísmica mundialmente ha alcanzado un gran desarrollo, resumido en normas sísmicas para la construcción de edificaciones sismorresistentes. Estas normativas tratan de reglamentar el diseño estructural de superestructuras y cimentaciones en zonas de moderada o alta peligrosidad sísmica. El proyecto y construcción de cimentaciones es una temática que ocupa tanto a ingenieros civiles como ingenieros geólogos y otros ocupados con inversiones en la tecnología de la construcción. Aun existiendo una amplia experiencia constructiva de cimentaciones en sus dos tipologías fundamentales: superficiales y profundas, este importante y complejo campo de la ingeniería civil es aún insuficiente tratado en el país, sobre todo en las zonas sísmicas. Para estas zonas han sido extrapoladas frecuentes soluciones de cimentaciones usadas en otras zonas del país donde las solicitudes sísmicas no predominan en el diseño. Se conoce que las cimentaciones en zonas sísmicas no solo deben asegurar la transmisión de la carga al suelo sino que adicionalmente deben permitir con daños mínimos que se verifiquen los mecanismos de disipación de energía supuestos para la superestructura, de los cuales depende la seguridad sísmica de la edificación [1]. Esto supone cimentaciones con un alto consumo de hormigón y acero. El desconocer la influencia de sismos fuertes en el dimensionamiento geotécnico y estructural de cimientos superficiales; compromete la seguridad estructural [2] e introduce incertidumbre en la valoración económica de los proyectos. Es por ello que se precisa estimar la influencia del sismo en el dimensionamiento geotécnico y estructural de cimentaciones superficiales [3].

2

Materiales y métodos

Se realiza el diseño geotécnico y estructural de los platos de cimentaciones de un edificio de 5 pisos, rigidizado a través de pórticos espaciales dúctiles de hormigón armado a construir in situ, sobre un perfil de suelo D, en la ciudad de Santiago de Cuba, zona de mayor peligrosidad sísmica del país según la norma cubana NC 46: 2013 [4]. Las solicitaciones sísmicas transmitidas al suelo se obtienen del método estático equivalente y ofrecidas por el SAP 2000 NL versión 11, realizándose el diseño geotécnico y estructural de los platos de cimentación por el libro Excel DISCAR, según las normas cubanas vigentes [5] y [6]. Finalmente se hace una valoración económica para estimar los costos adicionales por la seguridad sísmica de los platos de cimentación utilizando los sistemas de precios de la construcción en Cuba [7]. Los resultados de la investigación, que aparecen resumidos en [8], exigieron resolver los pasos siguientes:

- 1) Diseño geotécnico y estructural de la cimentación para cargas gravitatorias.
- 2) Diseño geotécnico y estructural de la cimentación considerando acciones sísmicas.
- 3) Evaluar la influencia del sismo en el diseño geotécnico y estructural de los platos de cimentación.
- 4) Estimar costos directos adicionales por seguridad sísmica de los platos de cimentación.

Perfil ingeniero geológico

Se asume la hipótesis que el edificio se ubica en perfil ingeniero geológico del campo experimental de cimentaciones de la Facultad de Construcciones de la Universidad de Oriente, ubicado en la sede Mella en Santiago de Cuba, donde se realizaron las calas. Las investigacio-

nes experimentales aparecen en [9] y se resumen en [10] (Figura 1 y en las Tablas 1 y 2). La profundidad de desplante se fija a 3m de la superficie, asentada sobre el primer estrato resistente (arcilla), con los parámetros físico-mecánicos que aparecen en la Figura 2. Para calcular los coeficientes de capacidad de carga del suelo para acciones sísmicas se acepta un ángulo de fricción interna minorado en dos grados [11], el cual se utiliza en los cálculos de la norma cubana para el diseño geotécnico de cimientos. Para el cálculo de la cimentación para cargas gravitatorias se tomó un factor de seguridad adicional de 1,15 prefijado para fallo leve y condiciones geológicas normales. Este factor se prefija como 1,2 al considerar acciones sísmicas (fallo leve con condiciones geológicas desfavorables).

Modelación estructural del edificio

El objeto analizado es un edificio público de hormigón armado de 30 m de ancho, 36 m de largo, una altura de 16,50 m y módulos de 7,20 m x 6 m de 5 pisos con puntales de 3,30 m sobre perfil de suelo D, el cual según la NC 46: 2013 se adecúa a los parámetros físico-mecánicos del perfil de suelo seleccionado (Figura 3). El edificio se rigidiza a acciones sísmicas mediante pórticos dúctiles de hormigón armado soportados en cimientos aislados, que según los requerimientos de la norma sísmica cubana clasifica como regular y de acuerdo al uso como obra ordinaria (categoría II). El nivel mínimo de protección sísmica para esta edificación en Santiago de Cuba (Zona 5) se alcanza para un sismo ordinario que acepta una probabilidad de excedencia de un 10 % para obras con vida útil de 50 años. Para este sismo de cálculo se esperan en la ciudad de Santiago de Cuba aceleraciones máximas del terreno aproximadas de 0,3g para el perfil de suelo D considerado. Se emplea el SAP 2000 NL versión 11 para obtener las solicitaciones sísmicas en los cimientos originadas por aceleraciones sísmicas horizontales actuantes simultáneamente en las dos direcciones principales de la edi-

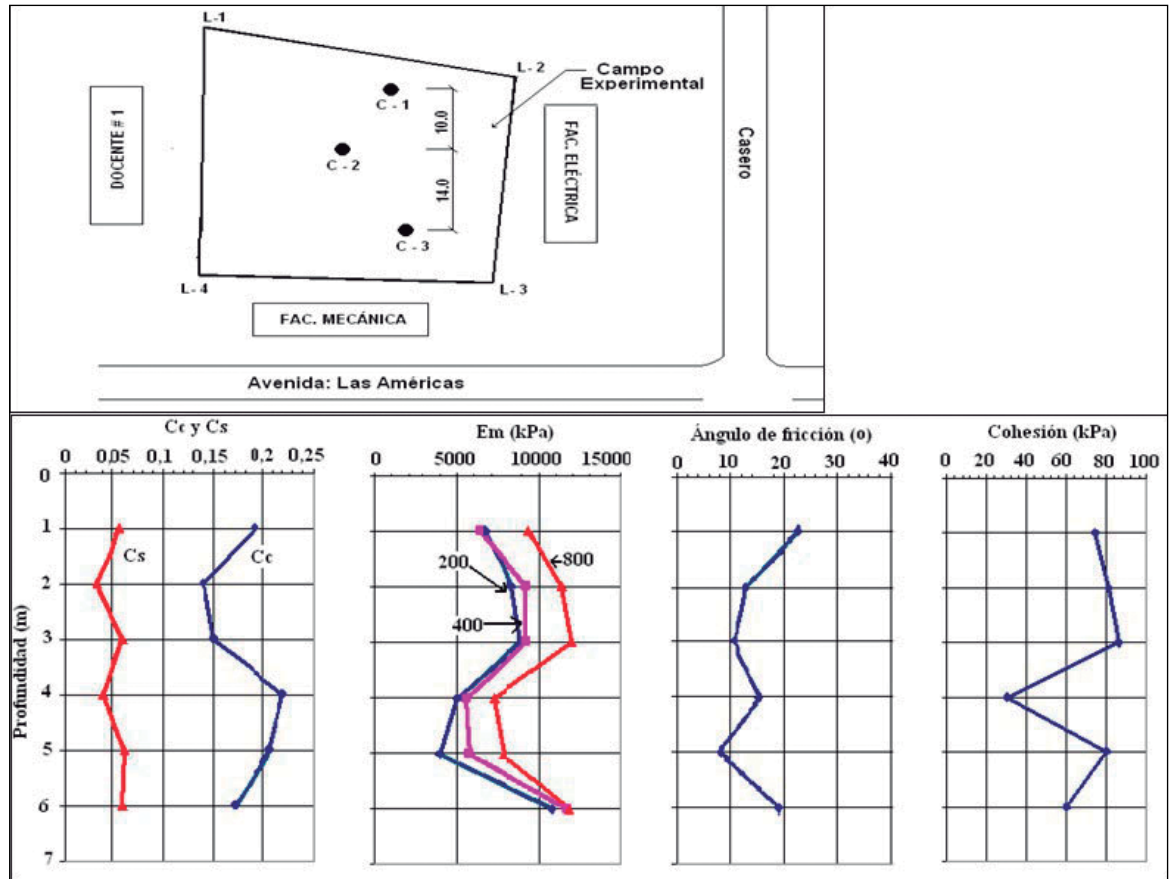


Fig. 1. Investigaciones ingeniero geológicas. Parámetros de compresibilidad y resistencia del perfil del Campo Experimental de Ingeniería Civil de la Universidad de Oriente hasta los 6 m de profundidad

Estrato	Prof.	LL	LP	Nspt	ω	Ic	γ_f	γ_d	γ_s	e	S
	m	%	%	Golpes	%	Adim.	kN/m ³	kN/m ³	kN/m ³	Adim.	%
R	1	64,5	25,6	15	23,6	1,1	18,3	14,8	26,9	0,70	79,0
	2	63,1	24,6	22	24,4	1,0	19,3	15,5	26,9	0,62	69,0
	3	56,5	24,4	16	25,6	1,0	18,6	14,8	26,6	0,72	76,0
	4	60,3	24,6	29	29,8	0,9	18,5	14,2	26,8	0,72	85,0
1	5	56,9	28,2	21	35,8	0,7	17,8	13,1	26,8	0,92	83,0
	6	81,7	31,8	20	34,0	1,0	17,8	13,3	26,9	0,84	90,0
	7	80,3	30,8	21	41,9	0,8	16,8	11,9	27,2	1,29	88,5
2	8	74,3	27,6	23	22,3	1,1	18,2	14,9	27,3	0,84	75,0
	9	54,2	24,5	22	20,4	1,1	19,6	16,2	27,4	0,69	83,0
3	10	49,4	24,2	58	19,7	1,2	20,3	17,0	27,2	0,60	90,7

Tabla 1. Valores promedio del suelo por cada metro de profundidad.

R: relleno Prof.: profundidad LL: límite líquido LP: límite plástico
 ω : humedad Ic: índice de consistencia e:= índice de poros S: saturación

Profundidad (m)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Grava (%)	6,85	12,27	10,49	19,57	1,72	5,24	1,98	0,01	5,76	3,12
Arena (%)	23,23	26,6	23,69	20,3	14,03	18,35	4,46	18,4	28,3	16,13
Limo+ Arcilla (%)	69,92	61,13	65,82	60,13	84,25	76,41	93,56	81,59	65,94	80,75

Tabla 2. Valores de la distribución granulométrica de los suelos con la profundidad.

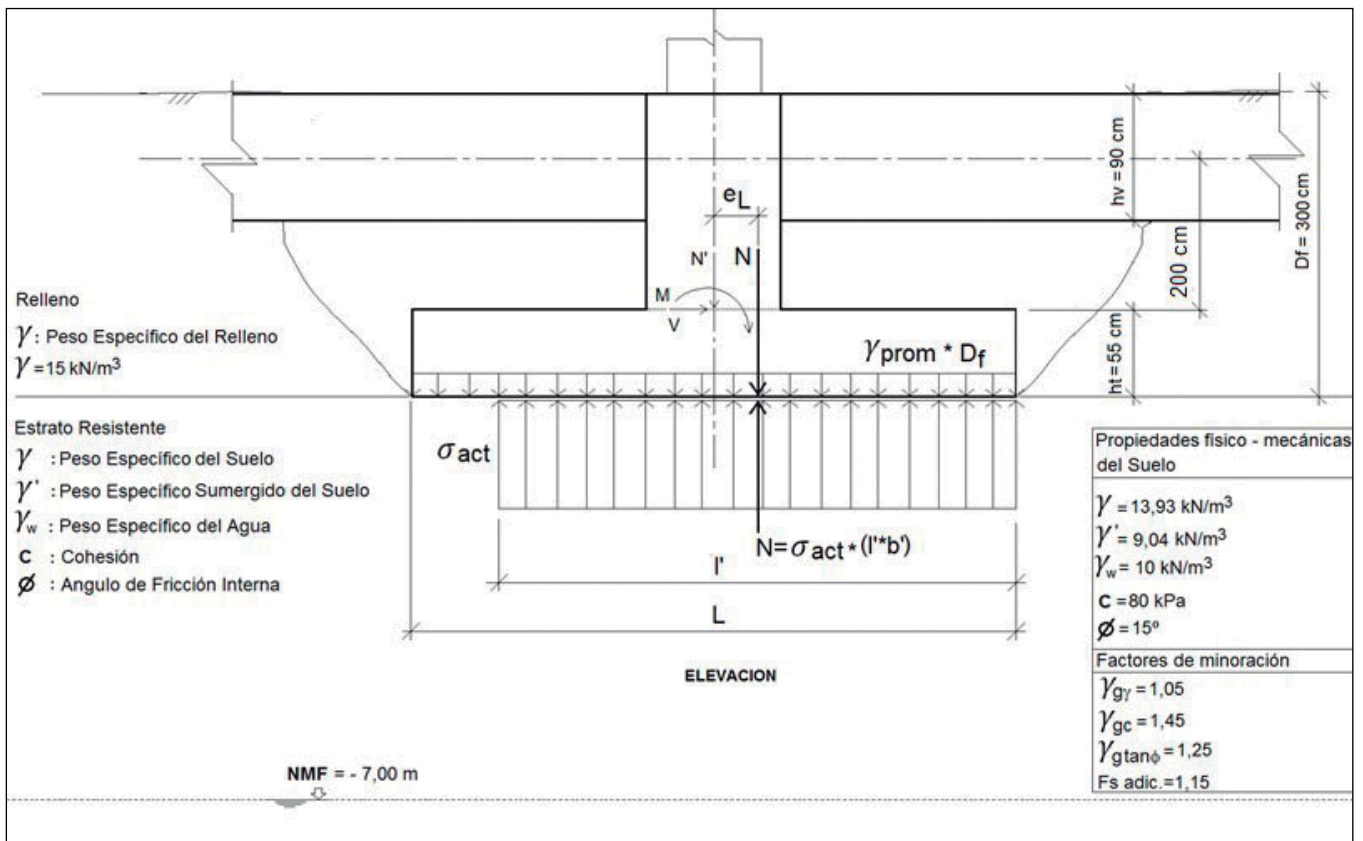


Fig. 2. Perfil ingeniero geológico para la cimentación. Propiedades físico-mecánicas del estrato de suelo resistente

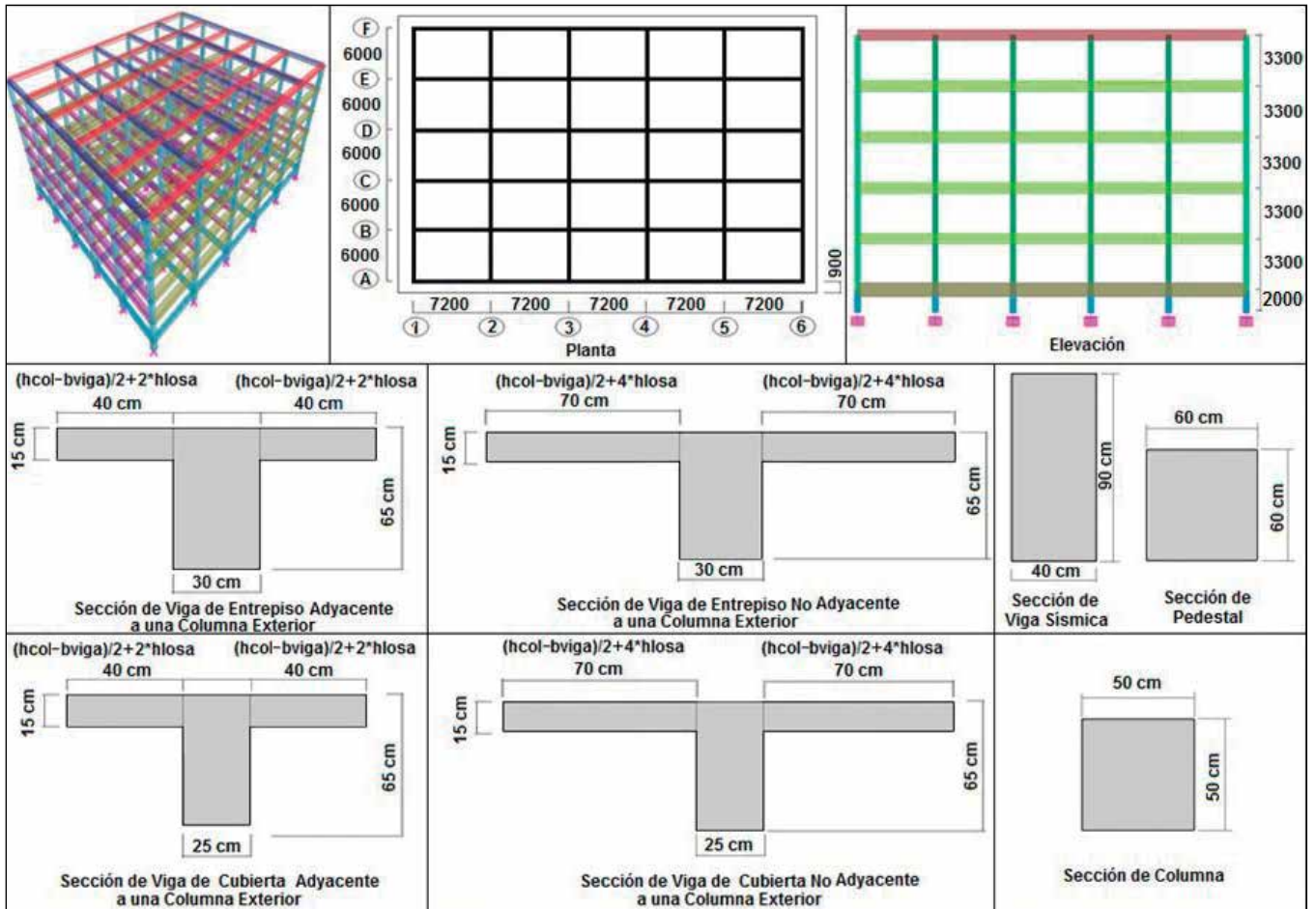


Fig. 3. Modelo geométrico de la estructura

ficación, considerando excentricidades accidentales de los centros de masas en cada uno de los pisos. Adicionalmente se consideran los incrementos de las solicitaciones sísmicas verticales en los cimientos por las aceleraciones sísmicas verticales del suelo. Las cargas sísmicas y combinaciones de carga utilizadas fueron estimadas por el método estático equivalente según la NC 46: 2013.

Las combinaciones de cargas de servicios fueron las siguientes:

COMBO 1: $(PP + CP) + 0,20 CT + 0,20 CT_{cub} + CSX + 0,30 CSY + CSZ$

COMBO 2: $(PP + CP) + 0,20 CT + 0,20 CT_{cub} + 0,30 CSX + CSY + CSZ$

COMBO 3: $(PP + CP) + CSX + 0, 30 CSY - CSZ$

COMBO 4: $(PP + CP) + 0, 30 CSX + CSY - CSZ$

COMBO 5: $(PP + CP) + CT + CT_{cub}$

Las combinaciones de carga mayoradas fueron las siguientes:

COMBO 1: $1, 20 (PP + CP) + 0, 20 CT + 0, 20 CT_{cub} + CSX + 0, 30 CSY + CSZ$

COMBO 2: $1, 20 (PP + CP) + 0, 20 CT + 0, 20 CT_{cub} + 0, 30 CSX + CSY + CSZ$

COMBO 3: $0, 90 (PP + CP) + CSX + 0, 30 CSY - CSZ$

COMBO 4: $0, 90 (PP + CP) + 0, 30 CSX + CSY - CSZ$

COMBO 5: $20 (PP + CP) + 1, 60 CT + 0, 50 CT_{cub}$

Diseño de la cimentación superficial

El proyecto de cimentaciones supone el diseño de 4 tipos de cimientos. Para el diseño geotécnico y estructural de la cimentación se utiliza el libro EXCEL DISCAR, el cual resuelve el diseño geotécnico por el método propuesto por la norma cubana de cimentaciones superficiales, que se fundamenta en [12].

Para el diseño estructural de los platos se utiliza la norma cubana para el diseño estructural de cimentaciones superficiales, utilizando acero G-40 ($R'_{ak}=300$ MPa) y hormigón de $R'_{bk}=25$ MPa. Se consultan además normas de referencia internacional que regularizan los diseños sismorresistentes como la ACI 318: 2014 [13]. Los parámetros controlados son el consumo de acero y hormigón en los platos de la cimentación y el volumen de excavación de la cimentación para los tres casos siguientes:

I. Diseño geotécnico según la norma cubana sin afectación de los coeficientes de capacidad de carga por efecto del sismo.

II. Diseño geotécnico según la norma cubana con afectación de los coeficientes de capacidad de carga por efecto del sismo según [8].

III. Diseño geotécnico según la norma cubana considerando solo cargas gravitatorias.

La figura 4 resume el diseño geotécnico y estructural de los platos de cimentación.

La tabla 3 ofrece los testimonios siguientes:

a) Las dimensiones de los platos en la estructura analizada, tienen diferencias significativas entre la condición con efecto sísmico y sin él.

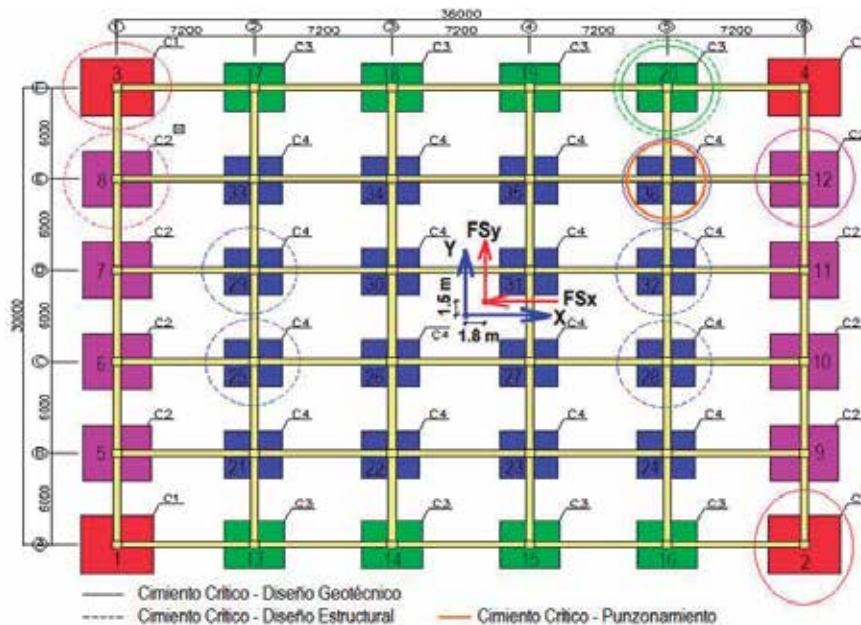
b) El diseño geotécnico de los cimientos de esquina queda dominado por el estado límite de deslizamiento y para los restantes domina el estado límite de capacidad soportante del suelo.

c) Los cimientos de esquina no sufren variación en el área del plato según el diseño geotécnico cuando se analizan solo las variantes que consideran los efectos sísmicos en los coeficientes de la capacidad de carga.

d) La inclusión del efecto sísmico en los coeficientes de capacidad de carga no produce una diferencia considerable en términos de área de cimentación.

e) Independientemente de la variante analizada, el peralte del cimiento exigido es el mismo.

Fig. 4. Planta de cimentación. Cimientos tipos y cimientos críticos para el diseño geotécnico y estructural



Tipos de Cimientos	# Total de Cimientos (Unid.)	Combo Crítica	Cimiento Crítico	Estado Límite Crítico	Peralto del Plato (m)	L ó B (m)	Área del Plato (m ²)
Variante I							
Cimiento 1	4	4	2	Deslizamiento	0,55	2,85	8,12
Cimiento 2	8	2	12	Estabilidad	0,55	2,30	5,29
Cimiento 3	8	2	20	Estabilidad	0,55	2,35	5,52
Cimiento 4	16	2	36	Estabilidad	0,55	2,50	6,25
Variante II							
Cimiento 1	4	4	2	Deslizamiento	0,55	2,85	8,12
Cimiento 2	8	2	12	Estabilidad	0,55	2,40	5,76
Cimiento 3	8	2	20	Estabilidad	0,55	2,50	6,25
Cimiento 4	16	2	36	Estabilidad	0,55	2,65	7,02
Variante III							
Cimiento 1	4	5	Todos	Estabilidad	0,55	1,50	2,25
Cimiento 2	8	5	5,8,9,12	Estabilidad	0,55	1,75	3,06
Cimiento 3	8	5	13,16,17,20	Estabilidad	0,55	1,80	3,24
Cimiento 4	16	5	21,24,33,36	Estabilidad	0,55	2,15	4,62

Tabla 3. Resumen del diseño geotécnico. Hormigón R'bk=25 MPa.

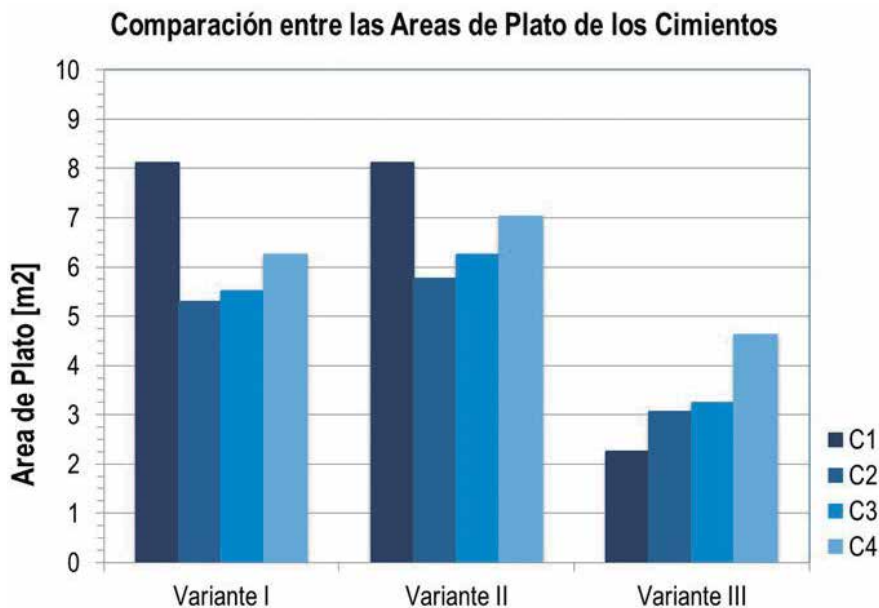


Fig. 5. Comparación entre las dimensiones del plato de los cimientos para las variantes analizadas

La figura 5 ilustra gráficamente las diferencias entre variantes en cuanto a dimensiones de platos de cimientos cuyo análisis fue realizado anteriormente.

Diseño estructural de la cimentación superficial

La tabla 4 ofrece los testimonios siguientes:

a) Los cimientos de esquina de las variante I y II, exigen la misma área de acero debido a que las dimensiones de

estos cimientos quedaron gobernados geotécnicamente por el deslizamiento.

b) La comparación entre las variantes I y II indica que las diferencias en áreas de acero es pequeña, gobernada en este caso por el diseño geotécnico.

c) Las diferencias de área de acero entre la variante III (considerando solo carga gravitatoria) y las otras variantes analizadas son sustancialmente diferentes, resultando estar comprendidas entre el 27 y el 86 %.

Tipos de Cimientos	Combo Crítica	Cimiento Crítico	Número de Barras Acero (Unid.)	Espaciamiento de Barras de Acero @ (cm)	Peso Total por Cimiento (kN)	Área Acero Especificaciones (cm ²)	Área Acero Cálculo (cm ²)	Tipo de diseño	Área Acero Real (cm ²)	Inc. vs Var. III (%)
Variante I										
Cimiento 1	1	3	17	16	2,96	45,7	35,3	Especificaciones	48,3	87
Cimiento 2	1	8	13	17	1,26	36,9	30,2	Especificaciones	36,9	24
Cimiento 3	2	20	14	16	1,38	37,7	32,6	Especificaciones	39,8	33
Cimiento 4	5	25 28 29 32	16	15	1,69	40,1	43,6	Cálculo	45,4	27
Variante II										
Cimiento 1	1	3	17	16	2,96	45,7	35,3	Especificaciones	48,3	87
Cimiento 2	1	8	14	17	1,41	38,5	32,2	Especificaciones	39,8	33
Cimiento 3	2	20	15	16	1,58	40,1	36,0	Especificaciones	42,6	43
Cimiento 4	5	25 28 29 32	17	15	1,91	42,5	48,0	Cálculo	48,3	35
Variante III										
Cimiento 1	5	Todos	13	11	0,75	24,2	7,1	Especificaciones	25,9	-
Cimiento 2	5	5 8 9 12	15	11	0,98	28,2	14,6	Especificaciones	29,9	-
Cimiento 3	5	13 16 17 20	15	11	1,00	29,1	16,2	Especificaciones	29,9	-
Cimiento 4	5	25 28 29 32	18	11	1,12	34,7	33,5	Especificaciones	35,8	-

Tabla 4. Resumen del diseño estructural. (Dirección L= Dirección B). Acero G-40, Rak=300 MPa, Acero No. 6 (φ=19,1 mm, Aφ=284 mm²). Hormigón R'_{bk}=25 MPa

Análisis de los costos

Una vez calculadas las dimensiones de los platos de cimentación para la profundidad de desplante prefijada y realizado el diseño estructural de los mismos, se realizó un análisis de costos de las tres variantes. Se obtuvo el presupuesto mediante el Preswin [10], que permitió estimar los costos directos de los platos de cimentación y volumen de la excavación introduciendo los parámetros siguientes:

- a) Dimensiones de los cimientos.
- b) Profundidad de desplante.

- c) Longitud de las barras de acero.
- d) Número de barras.
- e) Diámetro de las barras.
- f) Resistencia característica del hormigón y del acero.

Análisis de los costos de los tipos de cimientos

Se realizó una comparación de los costos de cada uno de los tipos de cimientos por separado basado en la estimación para cada una de las variantes de los costos directos de excavación, colo-

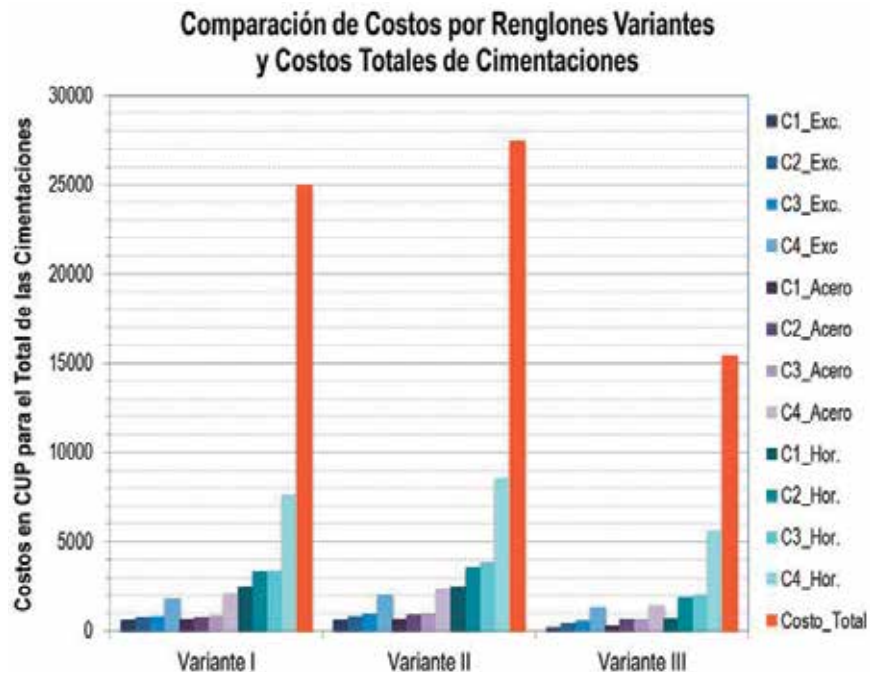


Fig. 6. Comparación de costos por renglones variantes y costos totales de Cimentaciones

Variante	Volumen Total Hormigón (m³)	Peso Total Acero (N)	Volumen Total Excavación (m³)	Costo Total CUP	Incremento vs. Variante III (%)
I	120,44	56348,8	656,97	24953,3	62
II	132,51	62728,4	722,79	27398,9	78
III	75,36	36875,5	400,14	15408,2	-

Tabla 5. Comparación de costos totales de los platos de cimentación con relación a la Variante III.

cación de acero y hormigonado de los platos. El análisis comparativo para cada uno de estos renglones arrojó resultados similares, mostrándose el hormigonado de los platos como el renglón que más incide en los costos de la cimentación. Los costos de la variante I con respecto a la variante II, no muestran grandes diferencias, resultando los costos de la variante III alrededor del 50 % del costo de las variantes I y II debido fundamentalmente al cambio de dimensiones que se produce en los platos de los cimientos de las variantes analizadas. Esto último incide más en los cimientos de esquinas C1, para los cuales en relación al valor promedio expresado anteriormente se incrementan más los costos debido a las acciones sísmicas.

Costo total de la actividad de cimentación

En la tabla 5 aparece la cubicación de los materiales, costo total de los platos y una evaluación de los incrementos de esos costos con relación a la variante que no considera las acciones sísmicas. La figura 6 permite una comparación de los costos totales por renglones variantes desglosándolo por cemento tipo y su contribución a los costos totales. Se demuestra que considerar el efecto sísmico en el diseño de cimentaciones superficiales induce un incremento significativo de los costos que puede alcanzar casi un 80 %. Este incremento asegura que ante un evento sísmico se mitiguen los daños en la cimentación y se verifique la disipación de energía por ductilidad en la superestructura.

Conclusiones

En el diseño geotécnico de los cimientos de esquina domina el estado límite de deslizamiento y para los restantes el estado límite de capacidad soportante del suelo.

Independientemente de la variante el peralte exigido del cemento conserva su valor y los cimientos de esquina no varían el área del plato cuando en el diseño geotécnico se reducen los coeficientes de la capacidad de carga a causa del sismo.

Las dimensiones de los platos en la estructura analizada, tienen diferencias significativas entre la condición con efecto sísmico y sin él.

Las dimensiones de los platos no se incrementan significativamente debido a la consideración de la reducción adicional de los factores de capacidad de carga del suelo debido a las acciones sísmicas.

Considerar el efecto sísmico en las cimentaciones superficiales supone costos elevados para garantizar la seguridad sísmica de las cimentaciones, mostrándose el hormigonado de los platos como el renglón que más incide en los costos de la cimentación. ☺

REFERENCIAS

- [1] Paulay T., Bachmann H., Moser K. (1990) Erdbebenbemessung von Stahlbetonhochbauten, Birkhaeuser Verlag, Basel-Berlin-Boston.
- [2] Richards R., Elms D.G., Budhu M., (1993) Seismic Bearing Capacity and Settlements of Foundations, Journal Geotechnical Engineering, ASCE, Vol. 119, pp. 662-674, USA.
- [3] Álvarez Deulofeu, E.R., Cleger S. Y., (2008) Influencia de las Cargas Muertas y el Tipo de Suelo en el Diseño de Cimentaciones Aisladas en Zonas Sísmicas. SISMOS 2008, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba.
- [4] NC 46: 2013. Construcciones Sismorresistentes. Requisitos Básicos para el Diseño y la Construcción, (2014), Comité Estatal de Normalización, La Habana, Cuba.

[5] Norma Cubana para el Diseño Geotécnico de Cimentaciones Superficiales, (2004), Comité Estatal de Normalización, La Habana, Cuba.

[6] Norma Cubana para el Diseño Estructural de Cimentaciones Superficiales, (2004), Comité Estatal de Normalización, La Habana, Cuba.

[7] Sistema de Precios de la Construcción (2005), Editorial Obras, Centro de información de la construcción, La Habana, Cuba.

[8] Álvarez Deulofeu, E.R., Beira Fontaine, E., Rizo Cantillo, Z. (2014) Influencia del Sismo en el Diseño Geotécnico y Estructural de Cimentaciones Superficiales en la Ciudad de Santiago de Cuba. II Convención de Ciencias Técnicas de la Universidad de Oriente. SISMOS 2014, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba.

[9] Cabrera Castro, P. M. (2006). Caracterización geotécnica del campo experimental de Ingeniería Civil de la Universidad de Oriente (Tesis de Maestría). Universidad de Oriente. Santiago de Cuba, Cuba.

[10] Cabrera Castro, P. M. y Beira Fontaine, E. (2007). Caracterización geotécnica del campo experimental de ingeniería civil de la Universidad de Oriente. Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY, 11-2, pp. 57-66, ISSN: 1665-529X.

[11] Shamsheer P., Puri A., (1996) Analysis and Design of Foundation under Earthquakes, Eleventh World Conference on Earthquake Engineering, Elsevier Science Ltd ISBN 0-08-0428223, Miami, USA.

[12] Braja M. Das, (2009) Principio de Ingeniería de Cimentaciones, 1ra y 2da parte, Editorial Félix Varela, La Habana, Cuba.

[13] ACI 318:2014 Reglamento para las Construcciones de Concreto Estructural y Comentarios, (2014), Farmington Hills, USA.

+ desarrollo sostenible

Más que agua

Talento, conocimiento y compromiso.
Aportamos respuestas adecuadas
para una gestión más eficiente.
Compartimos conocimiento
y generamos innovación.
Trabajamos por un futuro basado
en el compromiso y la cooperación.

www.aqualogy.net



AQUALOGY
Where Water Lives

SOLUCIONES INTEGRADAS
DEL AGUA PARA UN
DESARROLLO SOSTENIBLE

CONCURSO NACIONAL PRIMERA EDICIÓN

Proyectos

Fin de Máster

DE LA INGENIERÍA DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

El Jurado expresa en su acta que, tras analizar las 23 candidaturas presentadas al Primer Concurso Nacional de Proyectos Fin de Máster de la Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, ha otorgado accésit y premio en sus dos categorías al proyecto más innovador y al proyecto de mejor calidad y contenido.

El pasado 1 de diciembre tuvo lugar la entrega de este premio con la presencia del presidente del Colegio, Juan A. Santamera, quien dio la enhorabuena a todos los premiados y destacó la calidad de los trabajos presentados. Además señaló que esta generación “tiene un nivel superior al que teníamos nosotros al salir de la Escuela. Si nuestros compañeros consiguieron modernizar nuestro país, vosotros llegaréis mucho más lejos, gracias a vuestra excelente formación”.


En la categoría de Proyecto Más Innovador, Elena Calcerrada, de la Escuela de Ciudad Real, ha sido reconocida con el premio valorado en 2.500 euros, por su proyecto “Sistemas de Drenaje Sostenibles (SuDS): próximos pasos en España y su aplicación en la urbanización La Canyada (Paterna)”. En su intervención, Elena destacó su “inquietud por hacer algo innovador”. Además agradeció a todos los que la han acompañado hasta este momento, profesionales de la ciudad y el agua que le han permitido investigar en el ámbito de los drenajes sostenibles.

Por su parte, Luciano Sanz, de la Universidad Europea de Madrid, recogió el accésit, dotado con 1.000 euros, por el proyecto “Diseño de las protecciones frente a la socavación en las cimentaciones tipo monopilote de los aerogeneradores eólicos marinos.”

**En esta primera edición,
se han presentado
una veintena de trabajos**

En la segunda categoría, de Mejor Calidad y Contenido, el premio principal ha recaído en Salvador Navas de la Escuela de Cantabria, por el Proyecto titulado “Evaluación y análisis del riesgo de inundación del río Besaya a su paso por Los Corrales de Buelna, Cantabria”. Salvador agradeció a sus tutores la posibilidad de desarrollar una metodología nueva para el estudio de inundaciones. El accésit recayó en Juan Antonio Barrenechea, de la ETSI de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Madrid, por el Proyecto titulado “Proyecto constructivo de la nueva terminal del Aeropuerto de San Sebastián”.

Al acto de entrega asistieron, entre otros, el director de la Escuela de Madrid, Francisco Martín Carrasco; el director de la Escuela de Cantabria, José Luis Moura; la directora de la Escuela de Ciudad Real, Ana Rivas; y el director de la Escuela de Barcelona, Pedro Díez.

A continuación, reproducimos los trabajos ganadores en la categoría de proyecto más innovador (premio y accésit). En próximos números de las ROP publicaremos los premiados en la categoría de mejor calidad y contenido, así como el resto de trabajos candidatos. 

Sistemas de Drenaje Sostenibles (SuDS)

Próximos pasos en España y su aplicación en la urbanización La Canyada (Paterna)

AUTORA:

ELENA
Calcerrada

TUTORES ACADÉMICOS:

ÁLVARO
Galán

ANTONIO
Arrieta

TUTORA DE EMPRESA:

SARA
Perales
(Green Blue Management)

RESUMEN

La aprobación del Real Decreto 638/2016 introduce los Sistemas de Drenaje Sostenibles (SuDS) como parte de la ecuación del drenaje urbano. Este hecho abre la puerta a nuevos retos y, en este artículo, se resuelven los siguientes: 1) elaborar la hoja de ruta que acerque los SuDS al territorio nacional; y 2) su ejemplificación práctica en la urbanización La Canyada (Paterna), abordando problemas de inundación y restricción de espacio, al tratarse de zona consolidada.

La hoja de ruta ha sido redactada a partir de una encuesta realizada a los profesionales del sector del Agua y la Ciudad.

En La Canyada, el análisis de la situación inicial se ha realizado de un modelo 1D y un modelo dual 1D/2D mediante el software MicroDrainage; con dichos resultados, se han propuesto y modelizado una batería de SuDS a lo largo de la urbanización existente.

PALABRAS CLAVE

Sistemas de Drenaje Sostenibles SuDS; modelo 1D y dual 1D/2D; hoja de ruta de los SuDS

ABSTRACT

The passing of Royal Decree 638/2016 introduced Sustainable Drainage Systems (SuDS) as part of the urban drainage equation. This then opens the door to new challenges and, in this article, consideration is given to the following: 1) the preparation of a road map to incorporate SuDS within national territory; and 2) a practical example for La Canyada (Paterna, Valencia), tackling flooding problems and space restrictions in this built-up area.

The road map has been prepared on the basis of a survey made by professionals in the areas of Water and Municipal development.

The analysis of the initial situation in La Canyada has been made on a 1D model and a dual 1D/2D model using MicroDrainage software; and, on the basis of this, a system of SuDS has been proposed and modelled throughout the existing housing estate.

KEYWORDS

Sustainable Drainage Systems (SuDS); 1D model and a dual 1D/2D model; SuDs road map

Introducción

Las ciudades en las que vivimos han demostrado que distan de ser Ciudades Inteligentes del Agua (Water Smart Cities), pues no son capaces de hacer frente a los problemas de alteración del ciclo hidrológico natural del agua, derivados de la impermeabilización del suelo (Hattum et al. 2016). Su impacto más inmediato es el aumento de la cantidad de escorrentía (riesgo de inundación) y la contaminación de la misma (reducción de su calidad), así como el incremento del efecto urbano “isla de calor” (Tumini, 2010).

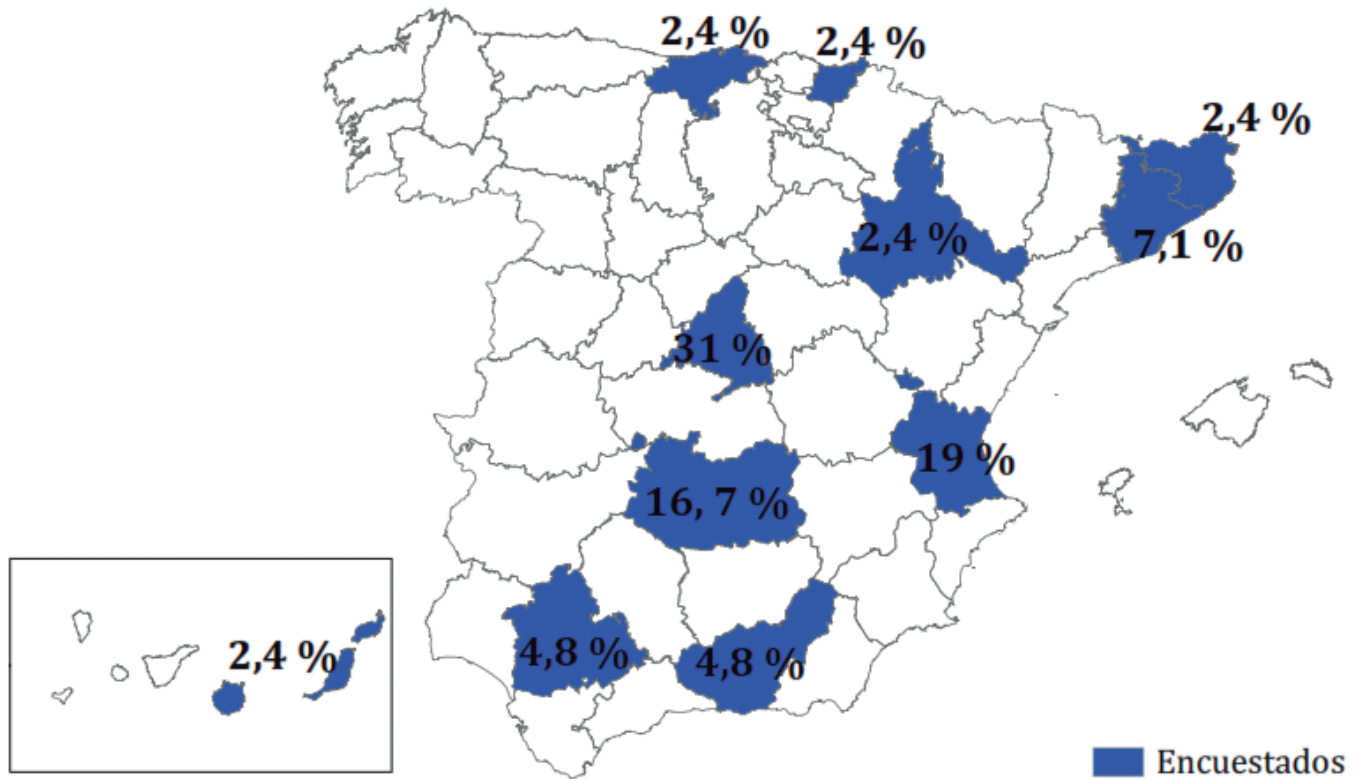
Frente a estos problemas, surgen los Sistemas de Drenaje Sostenibles (conocidos como SuDS, de sus siglas en inglés Sustainable urban Drainage System), como solución complementaria al sistema convencional. Además, las experiencias piloto a nivel nacional han demostrado al sector que son una alternativa viable y eficaz, tanto en calidad como en cantidad, con las características particulares del clima español (Perales-Momparler y Andrés-Doménech, 2016).

De hecho, el primer avance en España que potencia el cambio de paradigma desde la óptica convencional del drenaje urbano hacia un drenaje que incorpore SuDS como solución habitual ha sido la aprobación del Real Decreto 638/2016, que en su art. 126ter establece que “Las nuevas urbanizaciones, polígonos industriales y desarrollos urbanísticos en general, deberán introducir sistemas de drenaje sostenible, tales como superficies y acabado permeables, de forma que el eventual incremento del riesgo de inundación se mitigue”. Sin embargo, para su consecución es necesario que, en primer lugar, los profesionales del sector de la Ciudad y el Agua conozcan estas soluciones y, en segundo, que tengan disponibles las herramientas necesarias para que su diseño y ejecución sea eficaz en cantidad y calidad del agua.

Partiendo de este contexto, se ha tratado de dar solución a dos de los retos que los SuDS deben afrontar en España: 1) la hoja de ruta que acerque los SuDS al territorio nacional de acuerdo al RD 638/2016; y 2) la ejemplificación práctica de los SuDS para mitigar los problemas de inundaciones en una ciudad ya consolidada. Para el primero de los retos, se ha elaborado una encuesta fruto del interés mostrado en la Jornada RedSuDS 2017. Retos y futuro de los SuDS en España, celebrada en la sede de la Asociación de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, en Madrid, y que contó con la participación de más de 25 ponentes y dos centenares de asistentes; mientras que, para el segundo, se ha seleccionado un proyecto donde la implementación de los SuDS en una zona urbana consolidada refleje de forma sencilla los beneficios económicos y sociales. Hoja de ruta de los SuDS en España

La encuesta (disponible en <https://goo.gl/forms/tbjk2Tk2N-PEAXfMD3>) ha recibido respuestas de profesionales de la ma-

Fig. 1. Distribución por provincias donde residen los encuestados (% respecto al total de encuestados).



por parte de España y, en ellas, ha quedado patente que el problema fundamental que existe en España es el desconocimiento de los SuDS y la falta de un marco de regulación y de diseño. Incluso, entre los que sí están familiarizados con el concepto, el desconocimiento se cierne en las herramientas de diseño y gestión (como podrían ser MicroDrainage, SWMM o E2STORMED).

En base a las respuestas obtenidas, se ha propuesto que a corto plazo (1 año) se redacte la guía de buenas prácticas y se realicen campañas de difusión de SuDS mediante jornadas, cursos y charlas para que los profesionales ahonden con el concepto, el diseño y la gestión. A la vez que se forman los profesionales, debería avanzarse en el otro problema detectado en la encuesta: el desarrollo del marco de regulación, que se prevé un proceso más largo. Por ello, se propone que a medio plazo (3 años) esté redactada la normativa/reglamento a

nivel nacional, a la vez que se incluyen los SuDS en normativa autonómica y municipal (al menos en algunos territorios que sirvan de ejemplo a seguir por el resto). Además, la capacitación de los profesionales, permitirá abordar el análisis multicriterio (coste construcción/mantenimiento, beneficios ambientales y sociales, etc.) reclamado en el formulario, disipando las últimas reticencias.

Por último, en un horizonte a largo plazo (5 años), el sector debe haber adquirido la experiencia suficiente como para que las herramientas actuales de diseño sean actualizadas a la demanda de un sector que entiende e implementa los SuDS. Además, las líneas de investigación encaminadas a acotar la vida útil de los SuDS darían sus primeros frutos. Y, en el marco normativo, se instará a los técnicos a justificar la declinación de utilizar SuDS en sus proyectos, pues significará que comprenden el concepto y saben seleccionar dónde es más eficaz su ejecución.

Fig. 2. Histórico de inundaciones en La Canyada (Paterna).
Fuente: Aigües de Paterna.



30/11/2014 – Balsa 2



02/11/2015 – Balsa 1



02/11/2015 – Balsa 3



20/01/2017 - C/ 133

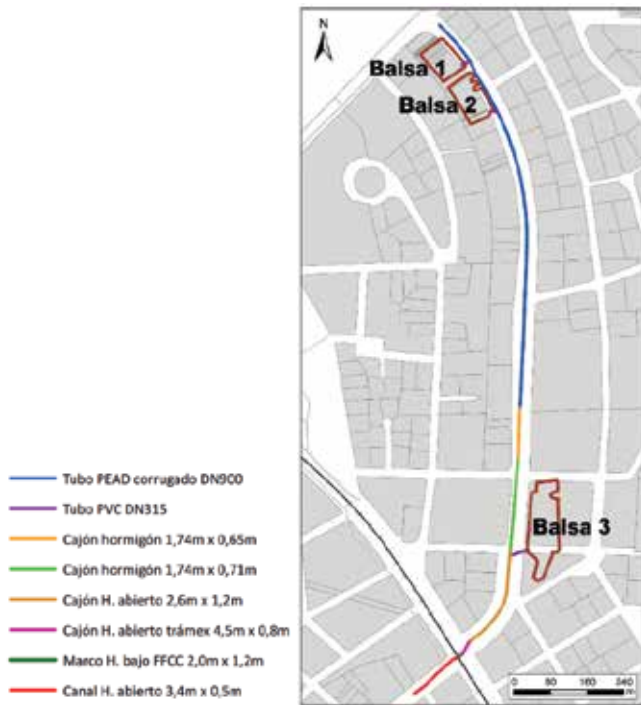
Caso práctico: urbanización La Canyada (Paterna)

La zona de estudio con la que se ha trabajado ha sido la urbanización La Canyada (Paterna), donde el principal problema son las reiteradas inundaciones. Con este caso real se aborda el reto de implementar SuDS en una zona urbana consolidada, lo que implica una restricción de espacio en el diseño. La peculiaridad de este proyecto radica en la existencia de tres balsas de laminación frente a las ocho diseñadas en 2014. El motivo que paralizó las obras fue la presión de los vecinos al cuestionar el funcionamiento de las balsas y su integración con el entorno.

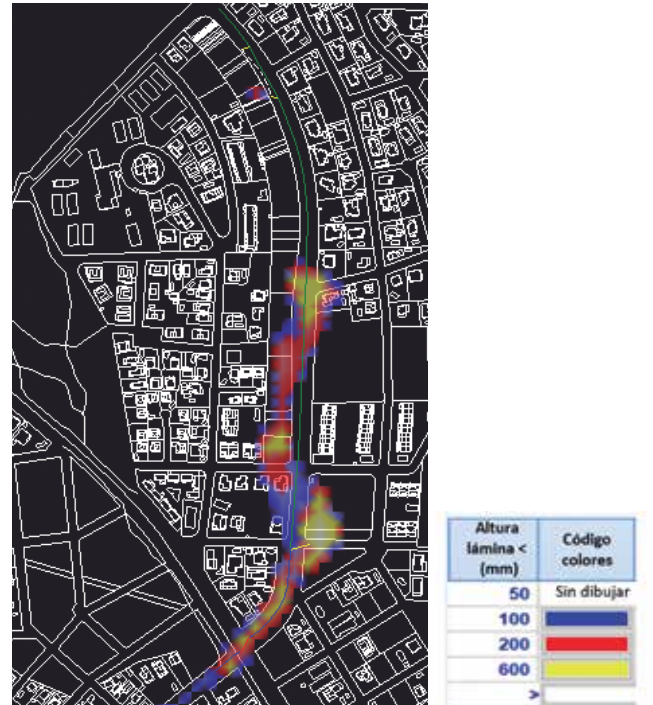
Para abordar este proyecto, en primer lugar, se realizó un estudio hidromorfométrico con ArcGIS de ESRI (versión 10),

donde se detectó la presencia de terrazas en la cuenca alta. A continuación, se modeló el sistema de pluviales existente con el software comercial MicroDrainage de Innovyze (versión v2017.1.1), tanto con un modelo 1D (el cual no permite que el agua vuelva al sistema cuando se producen inundaciones) como con un modelo dual 1D/2D (que sí permite un flujo bidireccional) para el periodo de retorno de diseño, $T = 10$ años. De este modo, se pudieron contrastar los resultados y las limitaciones de cada uno, siendo las más relevante la pérdida de volumen de agua cuando no existe interacción bidireccional entre la superficie y la red de drenaje. Por este motivo, fue necesario modelar un sistema sin presencia de inundaciones con el fin de cuantificar el caudal real de llegada al marco el ferrocarril (punto de control), donde se produce el represamiento.

Fig. 3. Sistema de drenaje actual en C/ 133, La Canyada (Paterna)



Esquema sistema actual



Modelo dual 1D/2D (T = 10 años)

Para poder reproducir la dinámica del sistema de drenaje ante un evento de lluvia real, se ha calibrado el modelo mediante fotografías reales de diferentes eventos, tomadas por los vecinos y por la empresa Aigües de Paterna.

En base a este modelo, se pudo concluir que las balsas construidas gestionaban las cuencas asignadas. De hecho, la ejecución de las tres balsas de laminación ha permitido reducir el caudal punta en el marco bajo el ferrocarril en $1,13 \text{ m}^3/\text{s}$ para $T = 10$ años. Pese a esta reducción, el marco bajo la plataforma de FGV sigue ejerciendo de efecto barrera y, aunque se agrandase este paso, aún sería necesario llevar a cabo elementos de regulación y control para mejorar el sistema de drenaje.

Por ello, se plantea un catálogo de actuaciones de Sistemas de Drenaje Sostenible (SuDS) distribuidas a lo largo de La Canyada. Algunos ejemplos propuestos son:

1) Parque de laminación

Esta tipología de SuDS, con amplios espacios vegetados, capta y acumula temporalmente la escorrentía que le llega por superficie gracias al diseño cuidadoso de su morfología. Para ello hay que entender la zona verde como un ámbito unitario en el que se inscriben las zonas de regulación y control de manera

que se integren en un diseño global de este espacio; estas soluciones pueden abarcar desde diseños lineales hasta diseños más orgánicos.

Para aumentar su capacidad de regulación sin afectar el aspecto paisajístico, puede crearse un espacio de acumulación sub-superficial mediante el uso de material granular o de sistemas geocelulares de polipropileno.

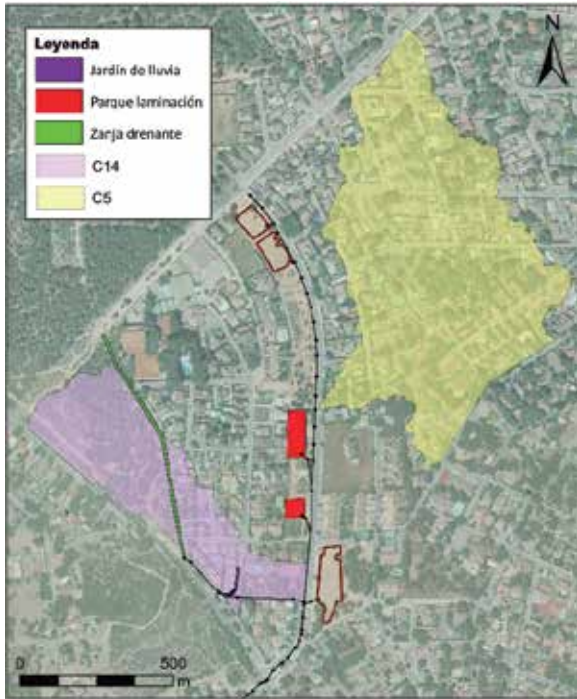
2) Tratamiento de bordes con zanja drenante

La escorrentía que proviene de la zona de monte puede ser interceptada en el perímetro de la urbanización. Además, con esta medida, se puede mejorar los acabados de las calzadas, al rematar el borde con un encintado y una zanja drenante. Con esta propuesta, a la vez que se crea un nuevo límite entre el paisaje urbano y el natural, se reduce el caudal de aporte al sistema.

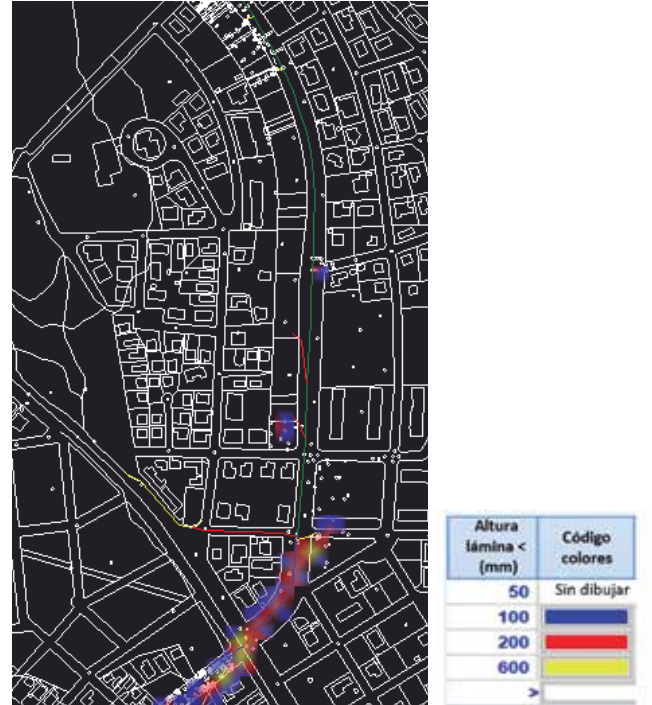
3) Final de calle con jardín de lluvia

Con el fin de interceptar la escorrentía que llega desde la zona no urbanizada, se proponen jardines de lluvia. Con esta técnica se dará un final digno a las calles y mejorará la relación urbano-forestal. De hecho, en algunos puntos de La Canyada

Fig. 4. Sistema de drenaje con SuDS en C/ 133, La Canyada (Paterna)



Esquema sistema con SuDS



Modelo dual 1D/2D (T = 10 años)

aparecen zonas ajardinadas cuya tipología puede ser reproducida para dar homogeneidad a la urbanización.

En total, se han propuesto 23 actuaciones y, para obtener un orden de magnitud del rendimiento de estas propuestas, se ha evaluado su capacidad de gestión en términos de volumen almacenado. En base a este análisis preliminar, se decidió modelar las propuestas emplazadas aguas arriba del marco del ferrocarril, ya que de su grado de eficiencia dependerán las actuaciones de aguas abajo; además, se seleccionaron aquellas que se emplazaban en suelo público.

Finalmente se modelaron en MicroDrainage tres actuaciones correspondientes a tres tipologías:

- Parque de laminación en la C/133: se ha propuesto proveer espacio de acumulación sub-superficial, creando menor efecto visual al ser menor la profundidad en superficie (de 0,40 m) y con mayores posibilidades de integración paisajística en el entorno.

- Zanja drenante de la C/139: en esta solución ha primado la facilidad y seguridad en la construcción y su futuro de mantenimiento, pues para zanjas construidas únicamente de gravas requerían de profundidades entorno a los 2 m. Sin embargo,

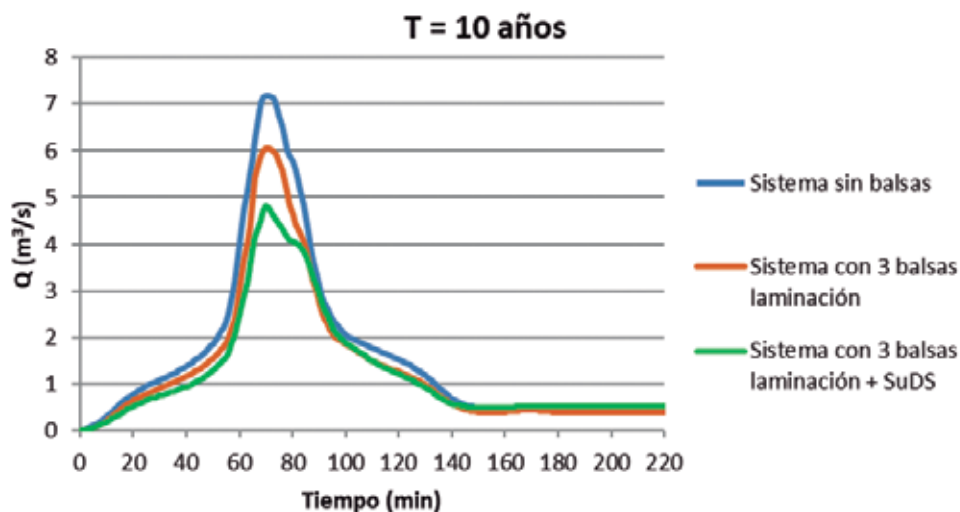
al introducir sistemas geocelulares, la profundidad de excavación es menor y su mantenimiento será más sencillo (al tener que retirar únicamente los primeros 20 cm de grava superiores, cambio de geotextil y colocación de las gravas).

- Jardín de lluvia en la C/136: pese a la irregularidad geométrica, se ha decidido evaluar el sistema con las dimensiones máximas admisibles en construcción con el fin de poder laminar la cuenca C14 de forma íntegra.

Con los resultados de este modelo se ha podido demostrar que la retención de la escorrentía en origen, en este caso interceptándola bien en el límite urbano-forestal (con una zanja drenante complementada con un jardín de lluvia) o bien aguas arriba del marco bajo el ferrocarril, permite laminar el caudal de llegada a dicho punto: reducción de 1,33 m³/s, lo que significa una menor intervención aguas abajo del marco bajo FGV.

Estas propuestas SuDS han sido estimadas económicamente. En el resumen de estimación de coste se observa que el parque de laminación supone el 65 % de la inversión a realizar. De hecho, si se compara con el precio unitario aproximado de las balsas de laminación ya construidas, de aproximadamente 43.000 € cada una, el coste es el doble por la introducción de sistemas geocelulares. No obstante, es la única solución que

Fig. 5. Respuesta del sistema para T = 10 años



se ha encontrado a gestionar la cuenca C5 en origen, a la vez que se crea menor afección visual con mayores posibilidades de integración paisajística en el entorno. 📍

RESUMEN DE ESTIMACIÓN DE COSTES	Importe (€)
Zanja drenante	75.761,81
Parque de laminación	206.446,58
Jardín de lluvia	11.102,35
Red secundaria de pluviales	15.323,33
	308.634,07

REFERENCIAS

Hattum, T., Blauw, M., Jensen, M. B., & de Bruin, K. (2016) Towards Water Smart Cities: climate adaptation is a huge opportunity to improve the quality of life in cities (No. 2787). Wageningen University & Research (Link)

Perales-Momparler S., Andrés-Doménech I. (2016) Retos para la integración de los sistemas de drenaje sostenible en los procesos de planificación vigentes. IX Congreso Ibérico de Gestión y Planificación del Agua. Valencia.

Tumini, I. (2010) Estrategias para reducción del efecto isla de calor en los espacios urbanos. Estudio aplicado al caso de Madrid. Congreso Internacional sobre Edificación Sostenible SB10mad (Link)

Diseño de las protecciones frente a la socavación en las cimentaciones tipo monopilote de los

aerogeneradores eólicos marinos

AUTOR:

LUCIANO
Sanz

TUTORES:

MARÍA DOLORES
Esteban

VICENTE
Negro

RESUMEN

Han pasado 26 años desde la construcción del primer aerogenerador offshore. No obstante, no ha sido lo suficiente como para consolidar los conocimientos, existiendo actualmente incertidumbres en las cimentaciones.

La principal preocupación entre las compañías instaladoras es el fenómeno de socavación en sus cimentaciones, al producir este su inoperatividad, inclusive en aquellos parques de reciente construcción.

Concretamente, la investigación buscó realizar una aplicación práctica respecto a las fórmulas de protección frente a la socavación de las cimentaciones, comparando los pesos obtenidos al aplicar las fórmulas, resultando notables diferencias del orden de 15 veces.

PALABRAS CLAVE

Eólico, marino, formulaciones, escollera

ABSTRACT

It has been 26 years since the construction of the first offshore wind turbine, however, has not been enough to consolidate knowledge in the sector, and there are actuality uncertainties in the foundations.

The main concern among the installation companies is the phenomenon of scour in their foundations, as it produces their inoperability, even in those wind farms of recent construction.

Specifically, the research sought to make a practical application regarding the foundation scour protection formulas, comparing the weights obtained when applying the formulas, resulting in notable differences of the order of 15 times

KEYWORDS

Wind, marine, formulation, riprap

1

Introducción

La presente investigación, forma parte del estudio realizado en el Trabajo Fin de Máster correspondiente a la titulación de Máster Habilitante en Ingeniería de Caminos Canales y Puertos de la Universidad Europea.

En dicho trabajo, se abordó la problemática del fenómeno de la socavación en las cimentaciones de los aerogeneradores eólicos marinos con tipologías monopilote, detectándose una importante carencia al no disponer de una fórmula de diseño que fuese clara y que permita el rápido dimensionamiento de los elementos de las protecciones en la cimentaciones (peso y/o diámetro), eligiéndose para ello la tipología de protección frente a la socavación basada en material granular del tipo escollera.

A lo largo de la investigación se manifestó que existen importantes incertidumbres por resolver en el ámbito de la eólica marina, siendo una de ellas el diseño de las cimentaciones [1].

Del mismo modo, se hace evidente que hasta el momento la gran mayoría de las investigaciones realizadas han sido enfocadas al estudio y al desarrollo de las socavaciones en cimentaciones bajo entornos fluviales y en condiciones de corriente continua.

No obstante, en la última década y debido al exponencial crecimiento del mercado de la eólica marina, han surgido nuevos estudios que caracterizan y evalúan el fenómeno de socavación en los entornos marinos, teniendo en cuenta simultáneamente los efectos de las corrientes y del oleaje.

También cabe destacar que la socavación ha demostrado ser una pieza clave en la planificación de la monitorización y mantenimiento de estas instalaciones, tal como se ha observado dada la evolución de la misma, además se han observado importantes afecciones sólo unos años después de la construcción, que si no se contemplan adecuadamente a tiempo podrían provocar paradas operacionales, modificaciones en las frecuencias del sistema e incluso en casos extremos el colapso de la estructura [2]. Todo ello puso de manifiesto la significativa necesidad de avanzar en este campo y en el desarrollo de esta investigación [5].

2

Objetivos y metodología

El objetivo principal se ha dividido en dos partes:

- Primeramente, se recopiló la información real de cinco parques eólicos marinos (en adelante casos de estudio), y que permitió

Fig. 1.



identificar el peso medio nominal del material de escollera de la protección frente a la socavación (W_{n50}), basándose siempre en los datos existentes publicados en las fuentes oficiales.

- Seguidamente, se llevó a cabo una aplicación práctica que consistió en determinar el peso (W_{n50}) de la escollera mediante la aplicación de las formulaciones de diseño existentes, habiendo para ello utilizado los datos de partida documentados de los casos de estudio analizados.

Adicionalmente se impusieron en la investigación los siguientes requisitos:

- Por un lado, que la tipología de cimentación sea del tipo monopilote, al representar esta el 80 % de las cimentaciones instaladas hasta el 2015 en Europa.

- Por otro lado, que el sistema de protecciones de la cimentación sea de un material granular del tipo escollera o riprap, por ser este el sistema más utilizado hasta el momento por las compañías instaladoras y ser el de mayor facilidad de disposición in-situ [3].

En la fig. 1 se observa un sistema de protección con material de escollera en una cimentación tipo monopilote [4].

De esta manera que el objetivo principal estaría directamente vinculado a analizar, comparar y verificar la viabilidad de aplicación de las formulaciones de diseño referente a las protecciones de las cimentaciones en los aerogeneradores eólicos marinos. Igualmente, se plantearon otros objetivos secundarios:

- Realizar un estado del arte de las formulaciones de diseño referentes al diámetro medio nominal del material de escollera (D_{n50}) y al peso medio nominal del material de escollera de la protección frente a la socavación (W_{n50}).

- Identificar la teoría de ondas aplicable a los casos de estudio.
- Determinar si es de aplicación las fórmulas de diseño de entornos fluviales en ambientes marinos.

Por otra parte, la metodología seguida se dividió en cuatro fases.

- En una primera fase se revisó el estado del conocimiento relativo al fenómeno de la socavación, y a las formulaciones de diseño de las protecciones, haciendo hincapié en los requisitos impuestos en los objetivos.
- En una segunda fase se seleccionaron los casos de estudio, recopilando los datos de interés para el desarrollo de la investigación, identificando, analizando y constatando toda la información disponible y descartando toda aquella que fuera consistente o completa.
- En una tercera fase se realizó la aplicación práctica, que permitió aplicar las diferentes formulaciones de diseño propuestas y analizadas en el estado del conocimiento.
- Por último, en una cuarta fase se efectuó una comparación de los resultados obtenidos, valorando las diferencias entre los pesos calculados y los datos reales documentados en cada caso de estudio, para terminar con una discusión y unas conclusiones del trabajo de investigación.

3 Estado del conocimiento

Desde 1970 se han realizado numerosas investigaciones en el sector industrial de los hidrocarburos en referencia a la socavación, siendo aprovechada como experiencia acumulada en sectores como el eólico marino [5].

Del mismo modo, estas investigaciones han permitido caracterizar y conocer con mayor detalle las principales afecciones que se producen por este fenómeno, y vinculadas a una serie de factores, como por ejemplo [5]:

- La composición del material del lecho marino.
- La geometría y dimensión de la cimentación.
- El clima marítimo.
- La profundidad de emplazamiento de la estructura.

También cabe destacar la gran dificultad encontrada en la investigación, al tener un limitado acceso a los documentos técnicos relacionados con el fenómeno, debido al alto grado de confidencialidad impuesta por el propio sector industrial [6].

También se ha observado que al interactuar el flujo con los sedimentos alrededor de la cimentación, ya sean estos flujos de

corriente continua u oscilatorios [7], siempre que se interponga un obstáculo al flujo, se desarrollarán turbulencias, destacándose dos tipologías particulares:

- La producida justo delante de la estructura y que tiene una trayectoria vertical descendente.
- La desarrolla detrás del obstáculo, tras atravesar el flujo la estructura del mismo, suscribiendo una turbulencia en sentido circular en un plano horizontal [8].

Estos vórtices son conocidos como vórtice de herradura o horseshoe vortex, aquellos que se producen delante del monopilote, y en estela o lee-wake vortex, aquellos desarrollados a sotavento de la misma [9].

El esquema de acción de las dos tipologías de vórtices se pueden observar en la fig. 2 [10].

No obstante, y para mitigarlo se han desarrollado una gran variedad de sistemas de protecciones para las cimentaciones, siendo los de más común uso en el sector los que se exponen a continuación:

- Sistemas de protecciones con materiales tipo escollera o riprap, ver fig. 3 [11].
- Sistemas de Protecciones con materiales tipo manta de concreto o concrete mattress, ver fig. 4 [12].
- Sistemas de protecciones con materiales granular tipo bolsas rellenas o geocontainers, ver fig. 5 [13].
- Sistema de protecciones con materiales sintético o SSCS front mats, ver fig.6 [14].

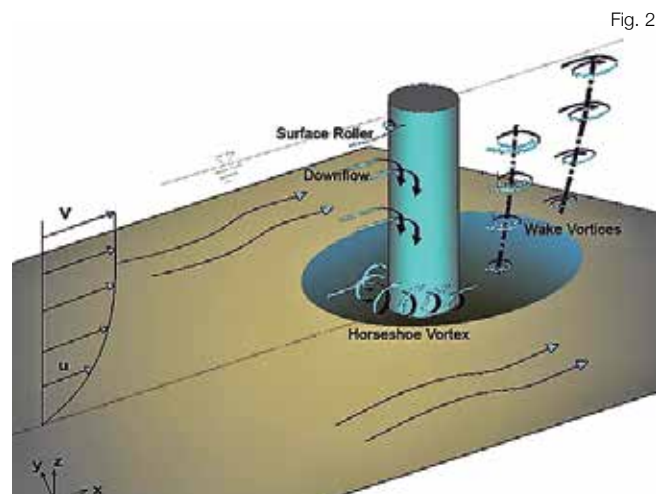


Fig. 2

Fig. 3



Fig. 4



Fig. 5

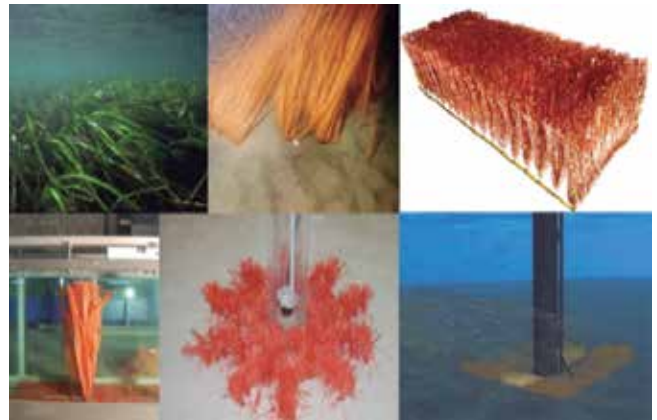


Fig. 6

INVESTIGADOR Y AÑO	FORMULACIÓN PROPUESTA
Isbash (1936)	$D_{50} = \frac{V_a^2}{g * N * (G_s - 1)}$
Peterka (1958)	$D_{50} = 0,0122 * (V_a)^{2,06}$
Blodgett-McConaughy (1981)	$D_{50} = 0,01 * V_a^{2,44}$
Cox-Campbell (1958/66)	$W = \frac{V^6 * w_r * w_w^3}{15,23 * 10^5 * (w_r - w_w)^3 * (\cos \phi - \sin \phi)^3}$
Soulsby (1997)	<p>Oleaje:</p> $D_{n50} = \frac{97,9 * U_w^{3,08}}{T_p^{1,08} * [g * (s - 1)]^{2,08}}$

Tabla 1

Por otra parte, en la tabla 1 se describen las cinco formulaciones de diseño seleccionadas, de un total de catorce fórmulas investigadas y que cumplían los objetivos planteados en la investigación [15], y que además fueron utilizadas en el trabajo aquí expuesto. Asimismo, se pueden deducir que $V_a \cdot V$ y U_w corresponde a la velocidad media actuante definida por Isbash, Peterka, Blodgett, Cox y Soulsby en (feet/s), g es la aceleración de la gravedad en (feet/s²), N es el número de estabilidad de Isbash (Adimensional), G_s y s corresponde a la densidad relativa, que relaciona los pesos específicos de la roca W_r respecto al agua W_w (Adimensional), y siendo T_p el período pico del oleaje (s).

4 Desarrollo de la investigación

La investigación se ha basado en analizar y aplicar las formulaciones propuestas en la tabla 1, comparando sus pesos resultantes, con los pesos reales documentados en los cinco casos de estudio seleccionados.

4.1. Casos de estudio

En el trabajo se han identificado, analizado y caracterizado más de cincuenta parques eólicos marinos que cumplían con

los requisitos impuestos en los objetivos, tipología monopilote, protección con escollera y encontrarse en operación dentro de aguas Europeas.

Posteriormente y de este listado tan amplio, se seleccionaron cinco casos de estudio, justificado su limitado número debido a la gran dificultad encontrada a la hora de identificar casos de estudio con la suficiente información, como para poder homogenizar todos los aspectos de sus características:

- Lugar de emplazamiento.
- Proceso constructivo.
- Estructura de cimentación.
- Estructura del aerogenerador.
- Datos del clima marítimo.

Sin embargo, fue necesario el realizar en paralelo, un análisis de cada uno de los datos documentados, contrastando y validando cada uno de ellos por diferentes fuentes. En la tabla nº2, se expone la ficha resumen preparada tras el análisis del caso de estudio 1 (Egmond Aan Zee) habiéndose realizado lo mismo para los cuatro parques eólico restantes [20].

En concreto, los cinco casos de estudio seleccionados se muestran en la fig. 7, Arklow Bank fase 1 (Irlanda), Egmond aan Zee (Holanda), Horns Rev fase 1 (Dinamarca), Princess Amalia (Holanda) y Scroby Sands (Reino Unido) [16].



Fig. 7

FICHA RESUMEN		PARQUE EÓLICO MARINO	EGMOND AAN ZEE	FICHA RESUMEN
Características (Generales)		Características (Cimentación)		
País	Holanda			
Plataforma continental mar del Norte	Aguas holandesas	Tipologías (Cimentación)	Monopilote	
Sistema geodésico de referencia	WGS84 Datum	Diámetro del Monopilote (Base)	4,6	
Coordenadas (Latitud/Longitud)	52°36'21,6"N - 4°25'8,3"E	Profundidad de Hinca	30	
Distancia a la Costa	15 km	Sistema de Protección (Tipo)	Escollera	
Área	27 km ²	Densidad específica Filtro y Protección	2.800,00	
Nivel Medio del Mar (NMM):	20 m	Tipo Material Fondo marino	Arenas	
Características (Superestructura)		Fondo marino-(D50)	0,02	
Inicio de Construcción	2005	Filtro-(D50)	0,05	
Puesta en Funcionamiento	2007	Filtro-(Espesor)	0,4	
Potencia Nominal	3	Filtro-(Longitud de Extensión)	24	
Modelo	V90	Protección-(D50)	0,4	
Número de Aerogeneradores	36	Protección-(Espesor)	1,8	
Capacidad Total Instalada en el Parque	108	Protección-(Longitud de Extensión)	18	
Altura Total del Aerogenerador	105	Características (Oceanográficas)		
Diámetro del Rotor	90	Altura Ola Significante (Hs)	3,6	
Características (Configuración)		Período Pico (Tp)	8	
Número de Filas	12	Velocidad Oleaje (Uw)	s/d	
Número de Columnas	4	Velocidad Corriente (Uc)	0,6	
Separación entre Aerogeneradores	500	Período Retorno (Tr)	50	

Tabla 2

Casos de Estudio	APLICACIONES DE LAS FORMULACIONES				
	ISBASH	BLODGETT y MCCONAUGHY	COX y CAMPBELL	SOULSBY	PETERKA
	W _{n50} (kg)	W _{n50} (kg)	W _{n50} (kg)	W _{n50} (kg)	W _{n50} (kg)
EGMOND AAN ZEE	0,77	2,10	8,21	1,79	0,71
PRINSES AMALIA-Q7	84,47	649,08	901,81	1330,58	90,05
SCROBY SANDS	57,18	403,30	610,53	1308,59	60,26
HORNS REV 1	21,66	123,40	231,28	662,54	22,17
ARKLOW BANK 1	85,95	663,05	917,68	1742,25	91,69

Tabla 3

4. 2. Aplicación de las formulaciones

En la tabla 3 se muestran los resultados obtenidos tras aplicar las cinco formulaciones de diseño seleccionados en los cinco casos de estudio, pudiendo observarse notables diferencias entre sí, lo que puede ser, debido a que cada investigador ha propuesto una metodología diferente en su aplicación. Asimismo, se destacó como la variable más influyente en cada formulación, la velocidad del flujo en el fondo marino definida como velocidad orbital, encontrándose está generalmente elevada a una potencia cuadrática, con lo cual sus resultados tienen una importante sensibilidad a cualquier variación de las velocidades del flujo, manifestando resultados muy dispares [17].

Paralelamente y con el fin de comprobar y validar cada uno de los resultados obtenidos en la aplicación práctica, se realizaron cálculos auxiliares para determinar las velocidades orbitales. Teniendo presente todas las posibles teorías de ondas que se aconsejen utilizar en función de la zonificación resultante de cada uno de los casos de estudio, llegando a justificar del análisis la utilización de la teoría lineal de Airy, a modo de simplificación, se determinó que para estudios de detalle sería necesario aplicar la teoría de ondas más adecuada de acuerdo a las características del emplazamiento.

5 Discusión

Como se ha mencionado la aplicación práctica propuesta ha permitido, comparar y determinar qué diferencia existe entre los dos pesos analizados, cuantificándose su diferencia mediante tres metodologías diferentes:

- Relación de rangos, representada por la diferencia entre los pesos calculados y los reales.
- Relación de dispersión, representada por el cociente entre los pesos calculados y los reales.
- Relación de factor de paso, definida como la raíz cuadrada del cociente entre los pesos calculados y los reales.

Todo ello, permitió detectar que los resultados eran muy dispares, concretamente en tres formulaciones de diseño, originalmente pensadas para regímenes de flujo en corriente continua y no para el caso oscilatorio. Además, se observó que las velocidades registradas en los datos documentados eran muy reducidas, cuantificándose valores de 1 a 2 m/s, y por consecuencia estos valores reflejaban que los pesos del material de escollera fueran de dimensiones reducidas, manifestando valores del orden de 1 kg o inferiores. En la tabla 4 se muestran los resultados obtenidos tras comparar estos pesos calculados mediante las tres metodologías mencionadas para el caso de estudio 1 [18]. Idénticamente se realizó para los otros 4 parques.

6 Conclusiones

Se concluye que existe un número muy reducido de fórmulas que pueden ser de aplicación a la hora de diseñar los sistemas de protecciones de las cimentaciones en los aerogeneradores marinos. Además, se ha observado que las formulaciones no son muy claras, ni permiten una rápida determinación, debido a que la mayoría no han sido aplicadas ni contrastadas para

COMPARATIVA DE VALORES OBTENIDOS						
Casos de Estudio	Aplicación	ISBASH	BLODGETT y MCONAUGHY	COX y CAMPBELL	SOULSBY	PETERKA
		W_{n50} (kg)	W_{n50} (kg)	W_{n50} (kg)	W_{n50} (kg)	W_{n50} (kg)
EGMOND AAN ZEE	^s /fórmula	0,77	2,10	8,21	1,79	0,71
	^s / caso estudio	166,40	166,40	166,40	166,40	166,40
	Rangos	165,63	164,30	158,19	164,61	165,69
	Dispersión	216	79	20	93	234
	Factor paso	15	9	5	10	15

Tabla 4

sistemas estructurales offshore, siendo solamente verificadas para casos del litoral costeros o en canales hidráulicos, añadiéndose a todo ello, una incertidumbre adicional referente las dimensiones utilizadas en estas estructuras, no siendo de uso habitual estas dimensiones en la ingeniería marítima offshore. También se detectó un alto grado de confidencialidad impuesta en el sector industrial, a raíz de que las compañías instaladoras guardan con recelo su información, evitando así la competencia o el exponer su know how. Igualmente se comprobó que al aplicar las formulaciones de las protecciones, tanto para régimen continuo como oscilatorio, sus resultados presentaban importantes incoherencias, debido a que por lo general estas fueron pensadas para calados del orden de los 5 m, y no los 20 m en los que se encuentran habitualmente las instalaciones eólicas marinas. Con respecto a las comparativas de los pesos, se ha observado una gran dispersión entre los valores resultantes, reflejándose diferencia en las 3 relaciones propuestas, e identificándose dos casos de estudios como los más comprometidos que son el 1 y 4, en coincidencia con la aplicación de las fórmulas de Isbash y Peterka. Esto conduce a que sea fundamental seguir investigando en la socavación, para lo que sería adecuado contar con datos reales de parques en funcionamiento, adquiridos mediante monitorización de las estructuras. @

REFERENCIAS

- [1] Negro, V., López-Gutiérrez, J.S., Esteban, M.D. y Matutano, C., 2014. Uncertainties in the design of support structures and foundations for offshore wind turbines. *Renewable Energy* 63:125-132.
- [2] Matutano, C., Negro, V., López-Gutiérrez, J.S. y Esteban, M.D., 2013. Scour prediction and scour protections in offshore wind farms. *Renewable energy* 57: 358-365.
- [3] EWEA, 2016. Website: [En Línea]: <http://www.ewea.org/> [4] Dong Energy. 2017 [En línea] <http://www.dongenergy.com/en>
- [5] Matutano-Molina, C. 2013. Caracterización de los sistemas de protección basados en materiales naturales destinados al control de la socavación en obras marítimas presentes en instalaciones eólicas marinas. E.T.S.I.C.C.P, U.P.M. Págs. 39, 45, 49, 231-248, Tesis Doctoral.
- [6] Sumer, B.M.; Whitehouse, R.J.S. and Toerum, A. 2001. Scour around coastal structures: A summary of recent research: *Coastal Engineering*, Vol. 44, 2001. Pages. 153-190.
- [7] De Vos, L. 2008. Optimisation of scour protection design for Monopiles and quantification of wave run-up. Universiteit Gent, Belgium. 2008. PhD. Thesis.
- [8] Sumer, B.M. y Fredsøe, J., 2002. The mechanics of scour in the marine environment. *World Scientific Press Advanced Series on Ocean Engineering*, vol. 17, Singapore.
- [9] Jahangirzadeh, A.; Basser, H.; Akib, S.; et al. 2014. Experimental and numerical investigation of the effect of different shapes of collars on the reduction of scour around a single bridge pier. México.
- [10] Soulsby, R. 1997. *Dynamics of Marine Sands: A manual for practical applications*. London UK: Thomas Telford, 1997.
- [11] Website: [En Línea]: <http://subseaworldnews.com>
- [12] Website: [En Línea]: <http://www.offshore-technology.com>
- [13] Website: [En Línea]: <http://www.geosynthetica.net>
- [14] Rudolph 2010. [En Línea]: <https://www.dredging.org/>.
- [15] Formulaciones de diseño de las protecciones, elaboración propia basada en las fuentes consultadas.
- [16] Zonificación y emplazamiento de los casos de estudio, elaboración Propia basada en las fuentes consultadas.
- [17] 4C Offshore. 2016. Plataforma especializada. [En línea] <http://www.4coffshore.com/>
- [18] ASCE. American Society of Civil Engineers. 2016. Library of ASCE. [En línea] 2016. <http://ascelibrary.org/>
- [19] CERC, Coastal Engineering Research Center. 2002. *Coastal Engineering Manual-Part II-Waves: U.S.A.C.E.*
- [20] CIRIA, Construction Industry Research and Information Association. 2007. *The rock manual*. London: CUR, CETMEF (2nd edition).





Parte III

INTERNACIONAL, PROFESIÓN Y EMPLEO



Argentina tiene un plan de infraestructuras

Según el artículo 11.3 de la Constitución Española, “el Estado podrá concertar tratados de doble nacionalidad con los países iberoamericanos o con aquellos que hayan tenido o tengan una particular vinculación con España”. Este es el caso de Argentina, con quien nos unen unos lazos históricos y culturales muy estrechos, que influyen en las relaciones comerciales, internacionales e institucionales.





Hace justo un año, en febrero de 2017, durante una visita de Estado a España del presidente de Argentina, el ingeniero Mauricio Macri, se estrecharon aún más los lazos entre los dos países, “socios y amigos, compañeros y aliados en ámbitos tan amplios y decisivos como la solidaridad y estabilidad internacional, el multilateralismo y la apertura de nuestras sociedades y mercados”, según manifestó el rey Don Felipe. Durante la cena de gala ofrecida en el Palacio Real, el rey añadió que España “continuará abogando por estrechar nuestra cooperación bilateral en todos los ámbitos de nuestra relación en el marco de la asociación estratégica privilegiada existente entre nuestros dos países”.

En la actualidad, según datos de la Embajada de España en Buenos Aires, “la inversión total medida por el valor del stock de inversiones españolas en Argentina es de US\$ 13.169 millones, según los datos del Banco Central de la República Argentina. Esta cifra representa cerca del 18 % del total de la IDE recibida por el país en 2016, y hace de España el segundo mayor inversor extranjero, tan solo por detrás de Estados Unidos, que acapara el 23 % del total de la IDE (US\$ 16.993). Ahora mismo, están operando en Argentina unas 300 empresas españolas. Por su importancia, destacan algunas de las más grandes de España que pertenecen al IBEX, pudiendo estimarse en unas 30-40 grandes empresas, aunque la mayor parte de las restantes entrarían dentro de la categoría de pymes”.

Durante la visita del pasado año, se produjeron reuniones bilaterales entre ministros españoles con sus homólogos argentinos, que se han tradujeron

en importantes acuerdos. Entre ellos la firma de convenios en los ámbitos cultural, educativo, de formación, de cooperación al desarrollo, en materia laboral y de seguridad social, y de ciberseguridad.

Según afirmó Mariano Rajoy, durante ese encuentro, “las empresas españolas están plenamente comprometidas con Argentina”. Por su parte, el presidente Macri agradeció al gobierno español “su apoyo decidido a la inversión española”, en tierras argentinas. Y añadió: “Argentina no va a parar de hacer obras en los próximos diez años”. El presidente argentino se reunió con las grandes empresas españolas, a las que animó a aprovechar las oportunidades en múltiples sectores, notablemente en infraestructuras (sector en el que elogió el liderazgo de las constructoras españolas), pero también en renovables, turismo, servicios, tecnología y telecos. Macri selló

entonces un acuerdo para promover comercio bilateral e inversiones e incorporar a las pymes a proyectos internacionales.

Como continuación a esta visita, y tras un primer acercamiento en el mes de marzo en tierras argentinas, en agosto del pasado año, los ministros de Fomento e Interior, Obras Públicas y Vivienda de la República Argentina, Íñigo de la Serna y Rogelio Frigerio, firmaron un memorando de entendimiento con vigencia de cinco años. En dicho memorando se abren las puertas a la colaboración de estos países en sectores de infraestructuras, movilidad y transportes.

Esta colaboración está prevista para proyectos de desarrollo urbano y vivienda, especialmente en el campo de la innovación y las ciudades inteligentes, actuaciones de planificación integral del territorio, rehabilitación de



Los ministros de Fomento e Interior, Obras Públicas y Vivienda de la República Argentina, Íñigo de la Serna y Rogelio Frigerio



Sara Perales, Francisco Moldes –el entonces consejero de Educación de la Embajada de España en Argentina–, José Polimón y José Javier Díez Roncero, en marzo 2017

vivienda, y para otras infraestructuras y transporte y movilidad.

En la firma de este acuerdo el titular de Fomento destacó que este memorando “refuerza la línea de colaboración muy estrecha” que mantienen España y Argentina y señaló que en el país latinoamericano hay ahora abierto “un escenario muy positivo” por los planes de infraestructura a medio y largo plazo “muy importantes”. De hecho, según Íñigo de la Serna, “las empresas del sector nos trasladan que hay posibilidades de participación en proyectos públicos que en estos momentos tienen en marcha”.

Con este memorando también se pretende contribuir a potenciar los consorcios de colaboración público-privada y a impulsar misiones en Argentina para dar a conocer el sector español con contactos con el Gobierno central y municipal y asesorar en la elaboración de ofertas.

Por su parte, el ministro argentino explicó que el Gobierno de su país está impulsando planes nacionales en infraestructuras como vivienda y saneamiento, que prevén inversiones “fuertes”, y animó a los empresarios españoles a que inviertan en Argentina y estén atentos a las posibilidades de infraestructuras que surjan.

Según cifras del gobierno argentino, más de un 45 % de los argentinos no tienen acceso a cloacas, más de un 15 % no tienen agua potable, y más de tres millones de familias tienen problemas de vivienda.

El Colegio de Ingenieros de Caminos, en Argentina

En la línea de estas conversaciones, el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos también ha estrechado sus lazos con Argentina. El pasado mes de marzo, con ocasión de la celebración de la 8ª Asamblea del Consejo de Asociaciones Profesionales de Ingeniería Civil de Países de Habla Portuguesa y Castellana, la delegación española se reunió con el Consejo Profesional de Ingeniería Civil argentino. Este encuentro se centró fundamentalmente en la implicación de ambas organizaciones en la comisión bilateral técnica que se desarrollará los convenios de reconocimiento académico, pendientes de ratificación parlamentaria, que firmaron los gobiernos de España y Argentina y cómo facilitar la movilidad de los ingenieros de Caminos a Argentina.

Como afirman desde la Embajada, “con motivo de la visita del presidente Macri a España el pasado año, se pudo llegar a un acuerdo entre los dos

países que se tradujo en la firma del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo de Títulos, Diplomas y Grados Académicos de Educación Superior Universitaria entre los dos estados. Gracias a éste, se ha conseguido un marco legal para la convalidación de títulos. Sin embargo, todavía se debe profundizar en el establecimiento de mecanismos automáticos de convalidación. En todo caso, el Consejo Profesional de Ingeniería Civil tramita matrículas provisionales, por medio de las cuales los ingenieros de Caminos sí que pueden ejercer como tales en el país durante un tiempo determinado, siempre bajo la tutela de un ingeniero aportado por el propio consejo”.

En la actualidad, como afirma el delegado del Colegio en Argentina, Alejandro del Águila, un ingeniero de Caminos español que quiera ejercer su profesión allí “tiene dos posibilidades: trabajar como autónomo o en relación de dependencia. En el primero de los casos, debe matricularse y luego puede ejercer como independiente. En cuanto a la relación de dependencia, se postulará en empresas y entes públicos y privados; incluso para esto último puede conectarse uno desde España y luego venir a realizar las pruebas”.

Alejandro del Águila también recomienda que “antes de viajar se infor-

me sobre la empresa o consultora en la que desea emplearse, dado que puede ocurrir que no cumplan con lo pactado. Desde aquí podemos investigar, con colaboración del Colegio, si se trata de una empresa conocida y con buen nombre en el mercado, al menos como primera información. Mientras se matricule, y si es un profesional joven o con pocos años de experiencia en la tarea a desarrollar, lo tomarán como pasante al menos por 6-8 meses...”.

En la actualidad, el gobierno argentino ha puesto en marcha 61 proyectos de infraestructuras por un importe superior a los 25.000 millones de euros. Uno de los programas que compone este plan es el destinado a autopistas y rutas seguras. El pasado 26 de diciembre se abrió el proceso de licitación y antes de finales de febrero está previsto que se reciban las ofertas de las empresas interesadas en los proyectos.

Alejandro señala que “Argentina necesita modernizar y ampliar los proyectos de infraestructura paralizados por años: hidráulicos, para evitar las inundaciones de los campos y de saneamiento de arroyos y ríos; eléctricos, para el transporte de energía a nuevas zonas de explotación; transporte ferroviario y fluvial, para acercar las producciones a los puertos; aéreo, para

tener más movimiento de transporte aéreo de bajo costo. También hay un gran déficit en viviendas sociales y en infraestructuras energéticas”.

Actualmente, y con el objetivo de aprovechar la presente etapa de reactivación de la inversión pública, están presentes, entre otras, Getinsa-Euroestudios, Comsa, e Indra.

Getinsa-Euroestudios

TPF Getinsa-Euroestudios cuenta con sucursal en Argentina desde 2002. Actualmente, la empresa se encuentra desarrollando los siguientes proyectos:

- inspección de las obras de construcción del Paseo del Bajo. Tramo C: Trinchera semicubierta Norte.
- inspección de obra: ampliación de la cobertura y extensión de redes de agua potable en el área metropolitana de la Ciudad de Formosa.
- revisión del proyecto ejecutivo e inspección de las obras de renovación de la estructura de vías en el ferrocarril General Belgrano –Ramal C, Ramal C6, Ramal C3 y en Ramal C12 – Provincias de Chaco, Santiago del Estero y Santa Fe. Tramos 8 y 9.

El primero de ellos se trata de una vía de más de 7 kilómetros que incluye una autopista y carriles rápidos, ampliando y mejorando los cruces y espacios cruces peatonales actuales, para solucionar el problema de tránsito y romper la barrera existente entre la Ciudad de Buenos Aires y el río. Se prevé que tenga doce carriles: cuatro serán exclusivos para camiones y micros de larga distancia con acceso directo al puerto y la terminal de Retiro y los ocho restantes serán de uso exclusivo para autos y colectivos de corta distancia (cuatro en sentido norte y cuatro en sentido sur).

La obra afectará a unos 25.000 vehículos por día, entre ellos casi 10.000 camiones. “El proyecto contempla además la creación de nuevos espacios verdes y se crearán nuevas ciclo vías para facilitar el acceso en bici fomentando la recreación y la movilidad sustentable en la zona”, señala Isabel Monzón, ingeniera de Caminos.

El desarrollo del proyecto del Paseo del Bajo tiene por objeto incrementar la conectividad Norte-Sur y promover la movilidad regional e integración de la Ciudad de Buenos Aires con el Área Metropolitana, conectar las autopistas 25 de Mayo, Ricardo Balbín (Buenos Aires-La Plata) e Illía con el acceso al Puerto de Buenos Aires y con la Ter-

Córdoba-Viamonte





Vigas cajón en Puente Inmigrantes

mineral de Ómnibus de retiro, agilizar la circulación vehicular Sur-Norte y Norte-Sur para el tránsito en general, aliviar del tránsito pesado al eje Madero-Huergo y promover la separación modal entre el transporte liviano y el de carga y de ómnibus de larga distancia. Además, se pretende lograr un desarrollo armónico del área portuaria y su entorno, disminuir la emisión de gases y ruidos, mejorar la seguridad vial y reducir los costos logísticos asociados al comercio exterior y al abastecimiento interno.

El segundo de los trabajos que está realizando Getinsa-Euroestudios, la ampliación de la cobertura y extensión de redes de agua potable en el área metropolitana de la Ciudad de Formosa, consiste en la construcción de cuatro nuevos centros de distribución, los ramales (acueductos) de vinculación de estos a la red maestra existente y las mallas maestras y secundarias de distribución en determinados puntos de la ciudad a fin de mitigar las falencias del servicio actual, cubriendo un periodo de diseño de 20 años. Cada uno de los centros de distribución estará compuesto por una cisterna, con capacidades entre 1.000 y 2.000 m³ dependiendo el centro en cuestión, las

instalaciones electromecánicas y un tanque elevado de 500 m³ de capacidad, desde el que se distribuye el agua por gravedad a través de las mallas de distribución a construirse como parte de este proyecto.

La red de distribución proyectada es de aproximadamente 113.380 metros de cañería (en total para todos los sectores) y se prevé, además, la ejecución de un acueducto de vinculación entre la planta central con la red de acueductos maestros existentes y provenientes de la nueva planta potabilizadora.

El último de los trabajos es la revisión del proyecto ejecutivo e inspección de las obras de renovación de la estructura de vías en el Ferrocarril General Belgrano, provincias de Chaco, Santiago del Estero y Santa Fe. Tramos 8 y 9. Esta obra se inscribe dentro de lo que se conoce como Plan Belgrano, dividido en tres etapas y con una inversión de 2.500 millones de dólares. Las obras prevén renovar 1.600 kilómetros de vías del ferrocarril Belgrano Cargas para rehabilitar la conexión de las provincias de Salta, Jujuy, Santiago del Estero, Tucumán y Chaco con los puertos de Santa Fe y Rosario, y ge-

nerar así un proceso virtuoso para las economías del norte del país.

Los trabajos que ya están en marcha constan del recambio de los deteriorados durmientes de madera por los nuevos de hormigón, la colocación de rieles más pesados y resistentes, la recomposición de los terraplenes y el recambio de piedra balasto. Estas mejoras permitirán triplicar la carga transportada y reducir sustancialmente los tiempos de viaje.

Comsa

Comsa inició su actividad en Argentina en 1994 con proyectos de desarrollo y modernización del transporte ferroviario del país con el objetivo de mejorar las comunicaciones y, en definitiva, la calidad de vida de sus ciudadanos. Desde entonces, ha participado en la renovación de infraestructuras, tanto líneas convencionales como metro. En los últimos años, la constructora ha consolidado su actividad en el país como empresa de referencia para la Administración, confirmando así la tendencia de crecimiento de su negocio ferroviario en mercados internacionales, especialmente en América Latina.

En la actualidad, mantiene en ejecución cinco proyectos de modernización de vías del Ferrocarril General de Belgrano en las provincias de Buenos Aires, Santa Fe, Salta y Chaco.

El Administrador de Infraestructuras Ferroviarias del país seleccionó a Comsa, en consorcio, para la recuperación de más de 25 kilómetros que separan los municipios de Los Frentones y Pampa del Infierno en la provincia de Chaco. El contrato también incluye el suministro de 80.000 toneladas de balasto, el tratamiento mecanizado de 36 kilómetros adicionales, así como la renovación de nueve pasos a nivel y de las estaciones de Los Frentones, Pampa del Infierno y Concepción del Bermejo.

En la provincia de Santa Fe, Comsa moderniza un tramo férreo de 23 kilómetros entre los municipios de Rosario y Luis Palacios y realiza la mejora de una veintena de pasos a nivel y de parte del sistema de alcantarillado de la sección. Por otro lado, ADIF Argentina también ha confiado en la compañía para construir, en la misma provincia, puentes ferroviarios sobre los ríos Serodino, Monje, Bragado y Matadero, previa demolición de los existentes, junto a otros trabajos de obra civil, tal

Obras Sorrento-La Salada





como la canalización en ambos lados para evitar la acumulación de agua en caso de lluvia o crecidas del cauce.

En la provincia de Salta, la compañía levanta otros cuatro puentes férreos en las líneas C12 y C18, tras derribar los actuales, y realizará el proyecto constructivo para reforzar cinco viaductos más.

Más recientemente, la constructora se ha adjudicado un proyecto para la renovación de 11 kilómetros de vía doble entre las estaciones de Sáenz y Tapiales, en la provincia de Buenos Aires, de la línea Belgrano Sur, así como los sistemas de señalización ferroviaria.

Indra

Indra tiene presencia en Argentina desde 1993, con una destacada trayectoria en la provisión de soluciones y servicios tecnológicos. Cuenta con oficinas en Buenos Aires y dos Centros de Producción en Buenos Aires y Córdoba, que funcionan como un polo tecnológico para el desarrollo de proyectos emergentes y arquitecturas punteras

que se exportan a toda América Latina y otros países bajo los más altos estándares de calidad, como CMMI. Además, la compañía cuenta con un Laboratorio y Centro de Producción y Distribución para Transporte y Tráfico en la provincia de Buenos Aires.

Indra forma parte de algunos de los proyectos innovadores clave para el desarrollo económico y tecnológico

de Argentina en sectores como Transporte y Tráfico, Administraciones Públicas, Telecomunicaciones, Energía o Industria, y cuenta con importantes clientes tanto del sector público como privado.

Recientemente, la compañía ha realizado la implantación de su tecnología de control de accesos y ticketing en la red ferroviaria del Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA), con más de 200 estaciones, y ha desarrollado la tecnología inteligente de control de tráfico para mejorar la seguridad vial en diferentes autopistas del país. Además, ha suministrado una decena de simuladores para el entrenamiento de conductores profesionales de vehículos de carga para el Centro de Formación de la Federación Argentina de Entidades Empresarias del Autotransporte de Cargas (FADEEAC), y para la Mutual y el sindicato de Camioneros de la República Argentina.

En el ámbito de la gestión del tráfico aéreo (ATM), Indra implantó en 2016 sus sistemas en los centros de con-



Comunicación de trenes en Buenos Aires



trol aéreo de los aeropuertos internacionales de Mendoza, Resistencia y Comodoro Rivadavia, que se suman a los desplegados anteriormente para el Aeropuerto Internacional de Ezeiza y el de Córdoba. También ha puesto en marcha un Centro de Instrucción, Perfeccionamiento y Experimentación (CIPE), con dos simuladores, en Ezeiza, en el que se forman gran parte de los controladores que prestan servicio en el país. Asimismo, ha instalado ILS (Sistemas de Aterrizaje Instrumental) en los aeropuertos de San Salvador de Jujuy, San Juan, Trelew y Bahía Blanca, que permiten que los aviones aterricen en situaciones de baja visibilidad manteniendo los máximos niveles de seguridad. Actualmente, el 100 % del tráfico aéreo de Argentina se controla con sistemas de Indra.

También destaca, en el sector de Seguridad, la implantación realizada por Indra del CUCC (Centro Único de Coordinación y Control de Emergencias) de Buenos Aires, que cubre de forma integral los planes de seguridad y emergencia en la ciudad.

En el sector de Administraciones Públicas, Indra es responsable de la implantación del Sistema de Gestión Judicial para el Poder Judicial de la provincia de Santa Fe y ha realizado el procesamiento de las elecciones nacionales desde el año 1997 hasta la fecha (1997, 1999, 2001, 2003, 2005, 2007, 2009, 2011, 2013 y 2015).

Además ha desarrollado soluciones destinadas a un transporte y distribución más eficiente y limpia de la energía y del agua en la ciudad de Buenos Aires.

CUCC Buenos Aires





Alejandro del Águila, delegado del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos en Argentina



Ingenieros de Caminos, en Argentina

Para ejercer la profesión de ingeniero de Caminos en Argentina basta con tener el título universitario con la Apostilla de la Haya y darse de alta en el Consejo de Ingenieros Civiles de Argentina (CPIC). Como afirma Jon Castello, jefe de obra de Comsa en Argentina, “este trámite no es de especial dificultad, pero es lento ya que requiere un mínimo de 16 meses para completarlo. Sin el título convalidado no es posible actuar ni como representante técnico ni como jefe de obra, los dos máximos cargos en un contrato de obra civil”.

“Para según qué contratos y puestos de trabajo a desarrollar es necesario tener la revalidación de título, ya que se solicitan ingenieros con título universitario argentino. Es por ello que, debido a que entre España y Argentina existe convenio de reconocimiento de estudios universitario, es recomendable iniciar el trámite en el Ministerio de Educación lo antes posible, aunque la resolución del mismo se demora en torno a 2 años”, señala Isabel Monzón. “Mientras tanto, puede y debe contar con un tutor que firme por él y que se haga responsable legalmente

de sus trabajos”, concluye Alejandro del Águila.

Jon Castello se encuentra trabajando en la renovación de un tramo del ferrocarril general de Belgrano, en la zona sur de la ciudad de Buenos Aires, para Comsa. Es el único ingeniero español en dicho proyecto, “aunque en la compañía hay otros compañeros españoles también”. Por su parte, Isabel Monzón trabaja en la construcción del Paseo del Bajo, en Buenos Aires. “Soy la única ingeniera de Caminos, aunque hay dos compañeros que trabajaron muchos años en España y tienen su título de ingeniero civil convalidado a ingeniero de Caminos, Canales y Puertos”, afirma. Esta ingeniera de Caminos lleva desde 2006, desarrollando su trabajo “en el lado del contratista, siempre muy ligada a la producción. En España fui jefa de producción y jefa de obra en obras de conservación de carreteras. En los cuatro años que estuve en Chile, un año fui Jefa de Oficina Técnica en una Inspección de pasos superiores e inferiores en una vía de tren de pasajeros y el resto del tiempo, en el lado de la constructora fui jefa de Producción de un Hospital de 90.000 m² GFA y jefa de Oficina Técnica de obras de Metro (tramo de túnel y estaciones)”.



En la página anterior_
Jon Castello, jefe de obra de Comsa en Argentina

En esta página_
Isabel Monzón, de Getinsa-Euroestudios,
trabaja en la construcción del Paseo del Bajo,
en Buenos Aires

Ambos coinciden en señalar las diferencias existentes entre los ingenieros civiles argentinos y los ingenieros de Caminos españoles. Para Jon, “la principal diferencia es que las personas del país tienen un alto conocimiento del mercado local lo cual facilita enormemente el desarrollo del proyecto, sobre todo, fuera del tejido urbano de Buenos Aires. La correcta logística y provisión de los insumos son elementos clave para el éxito de los mismos y, en un país con la extensión de Argentina, son factores que no pueden obviarse”. Para Isabel, “la mayor diferencia que encuentro respecto a España son los estándares de seguridad en las obras y las medidas medioambientales aplicadas en las mismas. Aquí todavía los profesionales no tienen la conciencia en seguridad y ambiental que tenemos en Europa. Poco a poco se va mejorando, pero aún les queda mucho por trabajar en estos temas y sobretodo, integrarlos a la producción y que no sean departamentos independientes como lo son en la actualidad”.

Según afirma Isabel, “el salario medio del ingeniero civil en Argentina es de 2.500 euros netos mensuales, esto es alrededor de 4,6 veces más que un salario medio del país. Los puestos de nivel inicial comienzan en 1.600 euros,

mientras que cuando se va ganando experiencia la mayoría de los trabajadores llegan a los 3.500 euros”.

Establecerse en país como Argentina resulta algo complicado, según comentan nuestros ingenieros. “Buscar un apartamento no es fácil, aunque depende de la época. Las estaciones de primavera y verano tienen una ocupación alta y, en ocasiones, resulta complejo encontrar un piso para una larga estancia. La vía más ágil es hacerlo a través de una inmobiliaria pese a que implica una inversión inicial nada despreciable”, señala Jon. Para Isabel, “te ponen muchas trabas en Migraciones para obtener la residencia (temporal por un año, renovable 3 años hasta obtener la definitiva). Puedes tener suerte y no tener ningún problema, pero el caso general de los españoles es la demora en conseguir el DNI. Tener el DNI es necesario por ejemplo para poder abrirte una cuenta bancaria”.

Entre los principales problemas que destaca Isabel en el día a día de un ingeniero de Caminos, se encuentra el momento de tratar y negociar con el sindicato de la construcción, la UOCRA. “Otro problema para las ingenieras es el machismo que sigue latente en el país. Es muy normal que te di-

gan ‘no estoy acostumbrado a tratar con mujeres en la obra’ y ser la única mujer en reuniones gerenciales. Siendo mujer, en las mismas condiciones que en España, es mucho más complicado que para un hombre hacerse respetar”, señala. Este último punto es confirmado por el delegado del Colegio del Colegio en Argentina: “las colegas femeninas comentan que existe algo de machismo arraigado en obras de las provincias del interior”.

El hecho de trabajar fuera de tu país devuelve, para los ingenieros de Caminos entrevistados, un balance positivo. “A pesar de las dificultades encontradas en el camino, la experiencia global es positiva lo mires por donde lo mires. Esta experiencia de poder desarrollar tu profesión fuera de tu país de origen es un aprendizaje diario, ya no sólo a nivel profesional, si no también y sobre todo, a nivel personal”, manifiesta Isabel. Para Jon, “la mayor ventaja es la experiencia y el enriquecimiento personal, así como salir de la zona de confort y enfrentarse a ello. La cultura y la idiosincrasia del país son diferentes a la que estamos acostumbrados en España y, solo por ello, es un nuevo reto y una experiencia de la que aprender de uno mismo y de su alrededor”. ☺

JAVIER Sandomingo



Embajador de España en Argentina

Javier Sandomingo es licenciado en Derecho y en 1980 ingresó en la Carrera Diplomática.

Desde entonces, ha estado destinado en las representaciones diplomáticas españolas en Costa Rica, México, Tailandia y Cuba. Ha sido subdirector general de Europa Oriental, cónsul general de España en Hong Kong y embajador de España en la República de Zimbabwe. En mayo de 2004 fue nombrado director general de Política Exterior para Iberoamérica y, en 2008, embajador de España en la República del Perú. En 2011 pasó a ocupar el puesto de embajador jefe de la Delegación de la Unión Europea en Centroamérica y Panamá. Antes de dirigir la Embajada de España en la República de Argentina, fue vocal asesor en la Escuela Diplomática.

¿Qué volumen de negocio se puede circunscribir al área de infraestructuras?

Resulta difícil conocer el volumen de negocio exacto que las empresas españolas tienen actualmente en el país. Sin embargo, sabemos que alguna de las mayores constructoras de obra civil del país son españolas. Como el caso de Dycasa, filial del grupo ACS que actualmente cotiza en la bolsa de Buenos Aires. Además, empresas como Grupo San José, Abengoa, Cobra, Euroestudios, Idom, Indra, Comsa o Ineco, entre otras, tienen su propia filial en el país; apostando por el mismo en forma de inversión directa.

Estas empresas están presentes en sectores tan diversos como la construcción de subestaciones eléctricas, carreteras, ferrocarriles, estaciones elevadoras, plantas potabilizadoras de aguas y estaciones transformadoras.

Entre las adjudicaciones recientes a empresas españolas, destacan aquellas financiadas por la CAF, como el Paseo del Bajo (del que han sido adjudicatarias de parte de las obras empre-

sas españolas), y el BID, con el túnel fronterizo "Agua Negra" (US\$ 1.600 M) que une Argentina con Chile, proyecto en el que hay empresas españolas bien situadas en la precalificación. Además, es de destacar que dentro del plan de desarrollo de energías renovables RenovAr, que sacó a licitación proyectos por más de 4200 MW, las empresas españolas han participado con cierto éxito.

¿Qué necesidades en infraestructuras tiene Argentina?

Las infraestructuras son especialmente importantes en Argentina, el octavo país en términos de superficie de carácter agrario exportador. No obstante, a pesar de estar bien dotada de infraestructuras en comparación con la región, ha mostrado un deterioro de las mismas en la última década. Encuentra cuellos de botella importantes en el transporte de materias primas, pero también en la actividad económica en general por los problemas de energía, transporte y comunicaciones.

En los últimos años, la proporción de gasto público dedicado a inversión ha sido escasa respecto al consumo corriente, y ello

se refleja en los datos argentinos en los rankings de competitividad, donde el país figura en el puesto 104 de 140 en el área de calidad de infraestructura (WEF 2017).

Por todo ello, el actual gobierno de Mauricio Macri está llevando a cabo un ambicioso plan de infraestructuras (se prevé una inversión de US\$ 33.225 M entre 2016 y 2019), que abarca desde la construcción de autopistas para conectar zonas importantes del país hasta la elaboración de planes de movilidad urbana para mejorar la vida de los ciudadanos, pasando por la modernización del sistema eléctrico y del sistema de saneamiento.

¿Qué beneficios ofrece Argentina para que las empresas españolas inviertan en este país?

Hay que destacar los cambios que está viviendo la política argentina desde que Mauricio Macri es presidente de la República. La administración argentina ha asumido el compromiso político de mayor transparencia y competencia en las licitaciones, priorizando las internacionales. Ha creado el Ministerio de Modernización, para mejorar la transparencia en la gestión pública, entre otros objetivos, y reforzado las reglas de contratación pública, destacando la aprobación de todo un marco legal que propicie la agilidad y transparencia de las licitaciones.

Este cambio de actitud frente a la inversión extranjera y el ambicioso programa del presidente Macri en materia de infraestructuras, configura un mercado de interés, tanto para las grandes empresas de infraestructura españolas como para las PYMES especializadas en este tipo de construcciones. Además, debido al compromiso del nuevo gobierno de cumplir con sus obligaciones financieras, el país ha vuelto a entrar en los flujos de financiación internacional, lo cual, hace que hayan aumentado las inversiones tanto públicas como privadas de manera sensible.

Por otro lado, las previsiones de crecimiento y la apertura de la economía a la inversión extranjera hacen que se vea a Argentina como un mercado en el que poder invertir con mayor seguridad. Sin embargo, hay que tener en cuenta que el país sigue teniendo desafíos importantes, por lo que existen riesgos para las inversiones. Debido a esto, los contratos suelen tener una cláusula con un índice de reactivación de la inflación; eso sí, en caso de que la licitación no posea este tipo de cláusula, las empresas extranjeras ven más difícil competir, ya que, a la hora de licitar, tienen que tener presente este factor en el precio final.

¿Cuál es el proceso para que una empresa española pueda realizar infraestructuras en suelo argentino?

Por norma general, las empresas españolas se muestran siempre más interesadas en las licitaciones públicas que privadas, esto es así porque las segundas suelen padecer de falta de

crédito. Dentro de las licitaciones públicas, se diferencia entre: licitaciones nacionales; en las que para presentarse hace falta tener una sucursal en el país; internacionales, en las que solo hace falta tener la sucursal una vez te adjudican la obra; y los proyectos de Participación Público Privados, PPPs, los cuales han sido regulados mediante la ley de contratación público privada en 2017. Además, también hay que tener en cuenta que Argentina es un país federal, por tanto, hay varios entes que pueden sacar obras a licitación.

¿Qué requisitos necesita cumplir un ingeniero de caminos español para poder trabajar en Argentina? ¿Están bien considerados?

En líneas generales, los ingenieros de caminos que vienen al país a trabajar lo suelen hacer de la mano de las grandes constructoras internacionales españolas. Esto es así debido a que la convalidación de títulos, hasta hace poco, era muy complicada. Ello supone un cierto problema para las empresas españolas, ya que se enfrentan a muchas dificultades para cumplir con los requisitos de personal de las licitaciones del país.

¿Cómo perciben los argentinos a las empresas constructoras españolas? ¿Y a los españoles en general?

En lo que se refiere a la opinión pública, las empresas de construcción españolas suelen estar relacionadas, sobre todo, con la construcción de autopistas. En este sentido, los argentinos reconocen en general la contribución de las empresas españolas al desarrollo de las infraestructuras del país.

Por otro lado, he podido constatar que los ingenieros civiles de la república tienen una muy favorable visión tanto de las empresas españolas como de los profesionales españoles, gracias, por una parte a la buena trayectoria de nuestras empresas en el país, y, por otra, a la afinidad que nos proporciona el tener el mismo idioma.

¿Qué recomendaciones haría a un español que está pensando en ir a buscarse la vida a Argentina?

Me parece que lo fundamental sería que empiece buscando trabajo desde España, porque la obtención de un pre-contrato de trabajo es un requisito indispensable para la consecución de la residencia temporal, que a su vez es requisito para obtener la CUIL (Constancia Única de Identificación Laboral) que te permite trabajar legalmente en el país.

Una buena forma de empezar la búsqueda de trabajo desde España es intentar contactar con empresas españolas que ya estén implantadas en Argentina. Para ello, la página web del ICEX (Instituto de Comercio Exterior) pone a disposición del público un directorio que refleja todas las empresas españolas con sede en el país. 📍

A black and white photograph of a stack of books. The top book is open, with its pages fanned out, creating a fan-like shape. The pages are white and the edges are dark. The stack consists of at least four books, with the spines visible on the left side. The background is blurred, showing more books on shelves.

Libros

**RESEÑAS DE LAS ÚLTIMAS
NOVEDADES EDITORIALES**

Gaudí
Le Corbusier
Mies van der Rohe
Louis I. Kahn
SOM
Foster

Carlos Nárdiz
Entre la arquitectura
y la ingeniería
6 + 6

Torroja
Nervi
Ove Arup
Schlaich
Peter Rice
Bollinger + Grohmann

ENTRE LA ARQUITECTURA Y LA INGENIERÍA 6+6

Carlos Nárdiz

Monografía N°160
(Universidad de A Coruña)

Colección Ciencias y
Humanidades e Ingeniería
N°97 (CICCP)

N° de Pág.: 668. Edita y
Distribuye: Universidad
de A Coruña, Colegio de
Ingenieros de Caminos, C. y
P. y Fundación de Ingeniería
Civil de Galicia.

El libro “Entre la Arquitectura y la Ingeniería 6+6” analiza la contribución de la ingeniería a la arquitectura contemporánea, a través de la obra de seis arquitectos o estudios de arquitectura: Gaudí, Le Corbusier, Mies van der Rohe, Louis I. Kahn, SOM, Foster y seis ingenieros o estudios de ingeniería: Torroja, Nervi, Ove Arup, Schlaich, Peter Rice, Bollinger+Grohmann.

Aunque la contribución de la ingeniería (fundamentalmente estructural) a la arquitectura contemporánea, ha sido analizada por distintos autores como Rowland Mainstone (1975), David P. Billington (1985), Alan Holgate (1986), Angus J. Macdonald (1994), Bill Addis (2001), Ian Margolious (2002), por ejemplo, e incluso historias de la arquitectura como la que dirigió Pier Luigi Nervi en los años 70, han analizado la forma arquitectónica desde los condicionantes estructurales y constructivos, esta contribución no aparece plenamente aceptada, al quedar oculta bajo la autoría de las obras. Monografías, sin embargo, de ingenieros como las promovidas por “Thomas Telford Publishing”, con estudios sobre Eladio Dieste, Owen Williams, Anthony Hunt, Heinz Isler, Peter Rice, están modificando esta percepción, precisamente a través del estudio de la obra de los ingenieros (fundamentalmente civiles o estructurales), en su colaboración con los arquitectos en el proyecto de las obras más significativas del siglo XX, y que hoy extenderíamos también al siglo XXI.

El estudio de la obra de los arquitectos, primero desde el lenguaje espacial y geométrico, e incluso desde la lectura estructural y constructivo que los arquitectos hacen de su obra desde la etapa del proyecto, y la forma en que la ingeniería introduce modificaciones en los planteamientos iniciales, para concretarla, aporta muchas claves para entender la necesidad de colaboración, en la que como decía también Nervi, las obras generalmente aceptadas, y que gozan de general aceptación (tanto en el pasado, como en el presente), son

también el fruto de técnicas constructivas correctísimas. Y aunque para Peter Rice el arquitecto y el ingeniero se aproximan a la obra de arquitectura desde diferentes lenguajes (e incluso condicionantes) por su diferente formación (que él centraba en las diferencias entre creación e invención), se trata de que trabajen juntos en el mismo proyecto, contribuyendo cada uno a su manera a un proyecto común.

En el libro se reúne a seis arquitectos y seis ingenieros, que explican bastante bien lo que han sido las relaciones entre la arquitectura y la ingeniería durante el siglo XX, y que se proyectan también al siglo XXI. Gaudí desde el análisis de su arquitectura a través de las relaciones entre la estructura y la forma; Torroja, a través de su colaboración creativa con los arquitectos de la República; Le Corbusier, con sus planteamientos iniciales asociados a la estética de la máquina, la producción en serie de viviendas y la transformación de la ciudad; Nervi, con las enseñanzas de la historia y el uso del hormigón armado para expresar lo resistente; Mies van der Rohe, con el lenguaje geométrico y constructivo de su arquitectura y sus modelos de edificios en altura con cierres de cristal; Ove Arup, con su apuesta desde la consultoría por la colaboración entre arquitectos e ingenieros, a pesar del conflicto de la Ópera de Sidney; y Kahn, como modelo de arquitecto artista y su pasión por la arquitectura, que tuvo que reconocer (como hoy reconoce la crítica) el papel de su ingeniero en la sombra, August Komendant, nos sirven para dialogar de forma transversal sobre estas dos formaciones, trabajando conjuntamente (aunque la función directora correspondía en este campo mayormente al arquitecto), hasta los años 60 del siglo XX.

A partir de entonces SOM, con la transformación estructural de las torres de oficinas, especialmente en Chicago y Nueva York; Schlaich, como representante de la conquista de la ligereza, desde las experiencias de mediados de siglo con estructuras espaciales y



Estadio Olímpico de Munich. Behnisch, Otto y Schlaich. Foto C. N.

membranas; Peter Rice, con sus colaboraciones dentro de Arup con arquitectos, mostrando la escala de los materiales y detalles constructivos; Foster, dentro de una filosofía de trabajo de diseño compartido (sobre todo cuando se enfrenta con la complejidad de la arquitectura actual, de mayor escala) y Bollinger + Grohmann, como expresión de la ingeniería al servicio de las formas complejas de la arquitectura, nos está mostrando las posibilidades de colaboración entre arquitectos e ingenieros.

El libro no ha querido entrar en las también posibles colaboraciones de los arquitectos en obras propias de la ingeniería. Tampoco, considera el autor, que le gustaría que en este libro se viera alguna relación con una historia de conflictos, que viene desde el siglo XIX, y que hoy creemos bastante superada por parte de aquellos que piensan en la arquitectura (y también en la ingeniería) como un trabajo colectivo.

Sí intenta profundizar, a través de una amplia bibliografía, y la visita directa a la mayor parte de las obras, relacionadas fundamentalmente con la arquitectura

(aunque con una variedad de tipologías que van desde los edificios residenciales y de oficinas, desde las fábricas a los mercados, desde los palacios de exposiciones a las galerías de arte, desde los teatros a los estadios, desde las estaciones de autobuses y ferrocarril a los aeropuertos, desde los edificios a las propuestas de nuevos modelos de ciudad) en las relaciones entre los arquitectos y los ingenieros.

Igualmente el libro trata a cada arquitecto e ingeniero en su contexto, por lo que en todo el análisis del pensamiento y la obra de cada uno de ellos (que simbolizan por su trayectoria cada campo profesional), desfilan otra serie de arquitectos o ingenieros, de la misma época, algunos de los cuales podrían haber sido también incluidos de forma monográfica en el libro, aunque es difícil no identificar a los relacionados como maestros que han influido en generaciones de arquitectos e ingenieros.

6+6

Los seis arquitectos e ingenieros que constituyen los distintos capítulos del libro, se han ordenado históricamente,

intentando buscar una lectura conjunta y continua de su obra, a través de sus múltiples dependencias, en donde en ningún caso puedan entenderse de forma autónoma, ni en relación a las aportaciones de la arquitectura, ni en las de la ingeniería.

En el análisis, por otra parte, de cada arquitecto e ingeniero, no se ha pretendido ser exhaustivo con la obra de los mismos, sino que se han incluido aquellos aspectos que explican mejor el subtítulo que acompaña al nombre en cada capítulo.

Gaudí (1852-1926), es posiblemente el único arquitecto universal con el que cuenta España. A pesar de haber vivido ajeno a los encuentros estructurales y constructivos de la época, la utilización que hizo de los métodos tradicionales de construcción, tanto en pilares como en paredes y cubiertas, junto con sus experiencias con antifuniculares, y su dominio de la geometría para la búsqueda de toda clase de superficies, permite calificar a Gaudí como un gran constructor, precisamente por las relaciones que plantea entre la estructura y la forma.

Eduardo Torroja (1899-1961) es sin duda el ingeniero español de más prestigio internacional, y este prestigio (a pesar de la importancia de su obra a partir de los años 40, de su labor docente y de su impulso al Instituto Técnico de la Construcción y Edificación, que lleva su nombre) se debe fundamentalmente a la obra realizada en su etapa más creativa en los años 30, en colaboración con los arquitectos que en esos momentos representaban la modernidad de la España Republicana, o si se quiere de los nuevos lenguajes del racionalismo moderno, aunque no todos estaban imbuidos por estos lenguajes.

Le Corbusier (1887-1965) ha sido posiblemente (a pesar de no tener el título como tal) el arquitecto más influyente del siglo XX. Los libros de los años 20 sobre el arte decorativo, la arquitectura

y el urbanismo, apoyados en la aceptación de la estética de la máquina, las técnicas modernas y los nuevos medios de locomoción, informan sus propuestas arquitectónicas y urbanísticas y su relación con el arte de vanguardia (él mismo era pintor), y que tendrán como nexo de unión la importancia que Le Corbusier da a la estética (y también a las posibilidades territoriales) de los automóviles.

Pier Luigi Nervi (1891-1979) se convirtió en su época en el ingeniero civil que más hizo por integrar la estética, la estática y la construcción, despertando la admiración desde el campo de la arquitectura. Nervi miraba desde el acto del proyecto (en el que integraba la sensibilidad estática y la estética) a la construcción, en donde una parte importante de sus obras fueron el resultado de concursos que ganó (presentándose en colaboración con arquitectos) por la solución constructiva y la economía de sus obras. A mayores, se relacionaba con el pasado (a través de un profundo conocimiento de la historia de la arquitectura, desde una visión distinta a la estética) y su manejo de las posibilidades expresivas del hormigón armado, y del material inventado por él, el ferro-cemento.

Mies van der Rohe (1886-1969), aunque nunca recibió el título de arquitecto, es posiblemente el proyectista que, a pesar de rechazar los problemas de la forma (solo problemas de construcción), más ha influido en la forma arquitectónica moderna, sobre todo en los edificios de altura. Su apuesta por el acero y el cristal (después de una primera etapa por el ladrillo) para revelar su esqueleto estructural a través de la transparencia geométrica de sus edificios, y su búsqueda del “menos es más”, le permitió definir un estilo arquitectónico, en el que se ha venido reconociendo la arquitectura moderna a partir de mediados del siglo XX, y a cuya creación contribuyó el ingeniero Frank Kornacker.



Interior del aeropuerto de Beijing. Foster, Arup. Foto C. N.

Ove N. Arup (1895-1988), sigue hoy dando nombre a una de las firmas consultoras de ingeniería (posiblemente la más importante), que han hecho del trabajo de colaboración con las principales firmas de arquitectura su campo principal de actuación. Después de colaborar en los años 30 con arquitectos como Lubetkin, en edificios como el Highpoint I en Londres, que introdujo el lenguaje moderno en Inglaterra, fundó en 1946 “Ove Arup and Partners”, expandiéndose después en gabinetes de ingeniería por todo el mundo. Las reflexiones sobre la colaboración entre arquitectos e ingenieros, sobre la integración de la estructura en la arquitectura, la reflejó en conferencias y artículos, fundamentalmente a partir de su progresivo alejamiento de la firma a mediados de los 60, precisamente en un momento en que estaba viviendo el conflicto con el arquitecto de la Ópera de Sidney.

Louis L. Kahn (1901-1974), demostró a lo largo de toda su vida su pasión por la arquitectura, y aunque formado en la asociación de la arquitectura con las bellas artes, supo dotar a su arquitec-

tura de un componente constructivo, precisamente por los ingenieros que colaboraron con él, que le han permitido pasar a la historia como uno de los grandes arquitectos del siglo XX, más allá de su asociación inicial con la arquitectura americana en la “Monumentalidad”, que seguirá impregnando sus obras hasta el final de su vida, aunque a través del filtro de su ingeniero en la sombra, August Komendant.

La sociedad SOM, formada en 1939 por Louis Skidmore, Nathaniel A. Owing y John O. Merrill para enfrentarse con proyectos complejos, que requiriesen la colaboración de arquitectos e ingenieros, va a realizar sus principales aportaciones a las torres de oficinas a partir de los años 50, cuando arquitectos como Bruce Graham y Gordon Burnsfall, se hagan cargo respectivamente de las oficinas de Chicago y Nueva York y, sobre todo, a partir de los años 60, cuando ingenieros como Myron Goldmith y Fazlur R. Khan, transformen la imagen estructural de estas torres, concentrando los elementos resistentes en la periferia de las mismas.

Jörg Schlaich (1934), cuya primera experiencia profesional entre 1963 y 1979, estará relacionada con la consultora de ingeniería “Leonhardt und Andrä”, en el proyecto de láminas de hormigón y torres de comunicaciones, vivirá a partir de 1971, con el ingeniero Rudolf Bergermann (también integrado en la consultora de ingeniería), la experiencia del proyecto de la cubierta del estadio olímpico de Munich, que les abrirá a nuevas colaboraciones con arquitectos en cubiertas ligeras, fundando a partir de 1980 su propia consultora “Schlaich Bergermann und Partners”, que se mantendrá hasta hoy en día a través de sus colaboradores, apoyando su trabajo en la búsqueda de la ligereza, especialmente en sus puentes y cubiertas.

Peter Rice (1935-1992), por su colaboración con los arquitectos en algunas de las obras más significativas de la segunda mitad del siglo XX, y por haber reflexionado sobre esa colaboración en el libro “An Engineer Imagines” (publicado en 1994, después de su muerte), merece un capítulo destacado en la historia de la arquitectura. Aunque trabajó en la Ópera de Sidney, después de entrar en Arup&Partners en 1956, el verdadero comienzo de su carrera de colaboración se va a producir con el Pompidou. A él aportó una reflexión que había aprendido en Sidney sobre la escala de los materiales y los detalles constructivos, que determinará sus colaboraciones posteriores con arquitectos como Renzo Piano y Richard Rogers, con los que había ganado el concurso, en una colaboración que incluye un amplio número de arquitectos.

Norman Foster (1935) ha hecho del diseño compartido con otros arquitectos e ingenieros el eje de su trabajo. Desde sus primeras obras en los años 60, cuando con Richard Rogers creó “Team Four Architects”, su obra hasta los años 70, dentro ya de “Foster Associates”, la realizará en colaboración con el ingeniero Anthony Hunt.



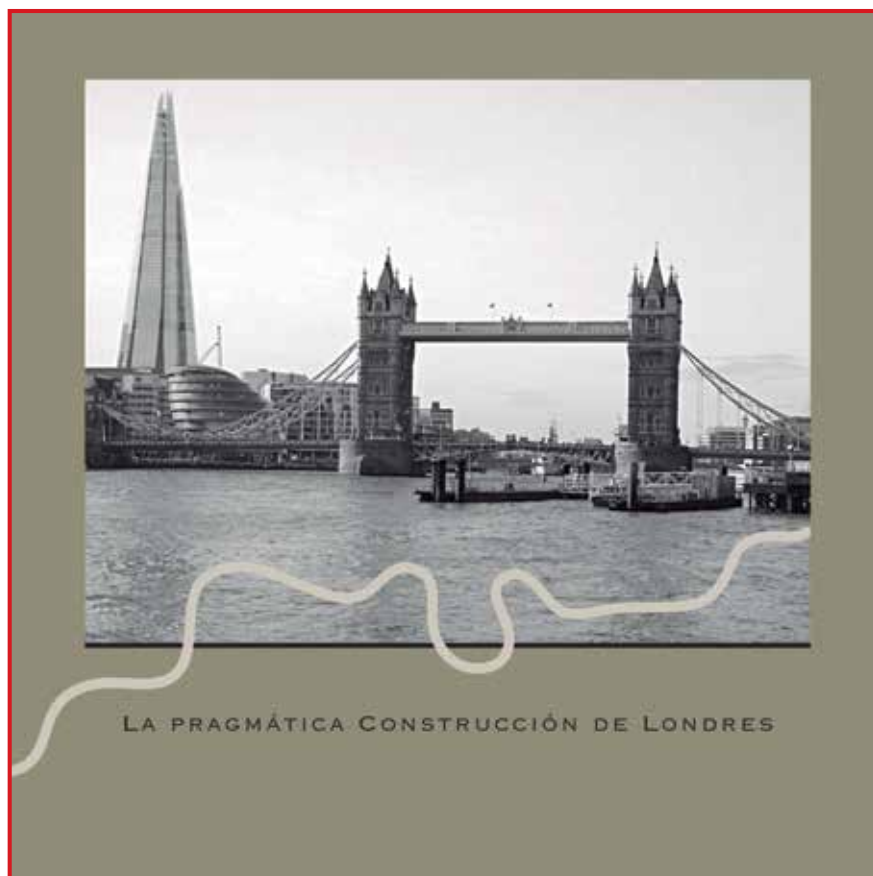
Rolex Learning Center en Lausana.SANAA y Bollinger+Grohmann. Foto C. N.

Es en esos años cuando Foster irá definiendo un lenguaje arquitectónico, en que la noción de obra colectiva va a estar siempre presente, cuyas obras del final de esta etapa como el Willians Faber&Dumas en Inswich y el Centro de Artes Visuales de Sainsbury, muestran ya una preocupación por el espacio, el lugar, la luz y los detalles constructivos, en los que no se va a reflejar a partir de entonces la apuesta arquitectónica de su autor. A partir de los años 80, su obra con torres, estaciones y aeropuertos, subirá de escala por su colaboración con Arup.

Arquitectos como Frank O. Gehry (1929), Rem Koolhaas (1944), Zaha Hadid (1950-2016), Walter Pric (1942), Ben van Berkel (1957), lideran hoy equipos de arquitectura, integrados a finales de los años 80 en el deconstructivismo, que buscan en las formas complejas, apoyadas en maquetas y en el diseño por ordenador, generar imágenes atractivas con las que defender la autonomía del proyecto arquitectónico. La respuesta desde la ingeniería, a las formas complejas de la arquitectura, ha producido también

un revulsivo en las consultoras de ingeniería. A las firmas tradicionales de ingeniería como Arup, Schlaich Bergermann, SOM Structural Engineering, orientadas a la colaboración con arquitectos, se han unido hoy numerosas firmas (que de forma creciente van estableciendo oficinas por el mundo) de las que el libro escoge como modelo la firma Bollinger+Grohmann, que está detrás de las realizaciones más recientes de arquitectos como Gehry, CoopHimmelb(l)au, Zaha Hadid, o de otras firmas de arquitectura como SANAA, con obras como el “Rolex Learning Center” en Lausana.

El libro, por tanto, es un esfuerzo, por realizar un recorrido por la arquitectura contemporánea, a través de la mirada de su autor, ingeniero de caminos, canales y puertos, buscando no solamente manifestar la contribución de la ingeniería a la arquitectura, sino también el que los propios ingenieros vean en la arquitectura un campo profesional, que amplíe y enriquezca los campos tradicionales de la ingeniería civil. 📍



LA PRAGMÁTICA CONSTRUCCIÓN DE LONDRES

Miguel Aguiló

ACS Libros de Grandes
Ciudades. Madrid, 2017.

Acaba de aparecer el quinto volumen de la colección de ACS Libros de Grandes Ciudades, dirigida y elaborada por Miguel Aguiló a razón de un volumen por año, que sucede en el tiempo y conceptualmente a la serie ACS Libros de Ingeniería Civil y Arquitectura en España, formada por otros diez volúmenes. Como en los precedentes, este que acaba de aparecer no es un libro de historia, ni un catálogo de obras, ni una guía turística: tan solo pretende ofrecer una visión sintética de lo construido. Y lo logra, con la misma incisiva perspicacia que los que le anteceden.

La obra recién aparecida, que versa sobre la ciudad de Londres, sucede a las dedicadas a Madrid, Nueva York, Berlín y Sidney, y es sin duda la más

compleja y elaborada de todas ellas, ya que, como destaca desde el primer momento el autor, Londres es una ciudad intrínsecamente referencial, que ha servido históricamente como pauta para el desarrollo de teorías y conceptualizaciones sobre el urbanismo y sobre el transporte urbano. Teorías y conceptualizaciones que, lógicamente, sirven para cualquier urbe en principio, excepto para la propia ciudad de Londres, que es el baremo fluyente, la pauta evolutiva que indefectiblemente se adelanta con descaro a los análisis que el observador osa efectuar.

Esta circunstancia desemboca en “la impotencia de la teoría para explicar la ciudad” y en la inutilidad de la pretensión de predecir o encauzar su crecimiento. Lo cual ha de ser interpretado —dice Aguiló en la introducción a la obra— no como una renuncia sino como un desafío ya que “se trata de elaborar una visión de la ciudad, precisamente a partir de los hechos, buscando las razones y contradicciones de cuanto nos ha llegado, sin intentar ajustarlo a lo que debería ser o haber sido”.

El planteamiento del libro es audaz, y se aferra en su estructura a los trabajos del historiador Eric Hobsbawm: elige Aguiló una fecha de arranque, que resulta ser 1848, año cuya singularidad puede ser opinable pero en el que terminaron muchas cosas, antes de arrancar otras nuevas que determinarían la configuración definitiva de la urbe. En 1848, escribió, Hobsbawm, ‘sólo la economía británica estaba efectivamente industrializada, y lógicamente dominó el mundo’. Hobsbawm (1917-2012), marxista y judío, publicó como es conocido una célebre trilogía sobre las tres edades, “La era de la revolución: Europa 1789-1848” (1962); “La era del capital: 1848-1875” (1975) y “La era del imperio: 1875-1914” (1987), a la que añadió en 1994 “The Age of Extremes”, que apareció en español y en otras lenguas como “Historia del siglo XX”.

Una parte sustancial de la bibliografía establece, como es sabido, que la Segunda Revolución Industrial comenzó en 1850 y se prolongó hasta el estallido de la Primera Guerra Mundial. Por lo que el hito de arranque del ensayo de Aguiló tiene también esta apoyatura.

El desarrollo de la obra se ordena en cuatro épocas relevantes, que responden a los periodos delimitados por el propio Hobsbawm en su historia, materialista e intensamente interesada en el contexto social: revolución, imperio, modernidad y globalización. Para cada época, Aguiló ha identificado un tema representativo vinculado al mundo de la construcción, y que ha relacionado finalmente con un elemento construido, que no se estudia en solitario sino enmarcado en su contexto y ligado a otros semejantes.

El primero de estos periodos, la revolución industrial (correspondiente al segundo capítulo, tras la introducción), se centra en los ferrocarriles, que desarrollan tecnológicamente el concepto de modernidad, y sobre esta base el autor elige la estación por su impacto en la ciudad, como elemento más relevante que el material rodante o que los procesos constructivos.

El segundo período (tercer capítulo) se acomodaría al tercer libro de Hobsbawm, 'La era del imperio', abarcaría el período 1875-1914 y se centraría en el río "como origen, frontera y bulvar de la ciudad por medio de unos muelles y puentes capaces de generar un paisaje construido, tan esencial para el funcionamiento de la ciudad como para su imaginario". Los elementos de estudio son por tanto los muelles y los puentes. "Al proporcionar vínculos longitudinales y transversales, esas construcciones extienden la ciudad, proporcionan nuevos recorridos, eli-

minan las fronteras y recuperan el río como corredor. Esa múltiple presencia y funcionalidad incluye también su papel central en el saneamiento de todo Londres, cuyo control fue decisivo para la sanidad y el medio ambiente urbano, y utilizado después como modelo en todas las grandes ciudades occidentales".

El tercer periodo (cuarto capítulo) analiza las propuestas de modernidad de entreguerras, concretadas en el uso y aspecto de la calle, siempre congestionada y escasa, que forma un muestrario de estilos arquitectónicos y teorías urbanas. Los elementos de estudio son en este caso el planeamiento y la calle. "Sus antiguos y atiborrados caminos y calles —escribe Aguiló en la introducción— muestran la radical oposición de la ciudad al automóvil, el mayor emblema de modernidad de entreguerras, mientras se revelan como un ubicuo escaparate de la desigualdad social, estética y de usos, tan persistente como capaz de generar variedad sin destruir la convivencia".

El cuarto periodo (quinto capítulo) contempla Londres como ciudad global, "que busca aumentar su densidad sin extenderse, parar reorientarse hacia los servicios financieros, de ocio y turismo ofrecidos al mundo entero con la telecomunicación y los aviones. Una intensificación concretada en grandes áreas de oficinas dotadas de buena accesibilidad, cada vez más altas y causantes de su cambiante silueta". Los elementos de estudio son la densificación y la torre, entendida como elemento de concentración demográfica, que influye en el skyline de la ciudad.

El libro hace además hincapié constante en la relación centro-periferia,

ya que, aunque Londres ha sido etiquetada como ciudad policéntrica, lo cierto es que tiene un centro bien delimitado, definido por una serie de estaciones de ferrocarril enlazadas por una línea circular subterránea, y apoyado en el Támesis, que le da acceso al mar. Y en la periferia, conectada con el centro y a menos de una hora de viaje, están "los grandes espacios de concurrencia para el ocio y el deporte, y núcleos de residencias donde millones de personas prefieren —o han de— vivir en lugar de hacerlo en el centro. Y desde ella, Londres se prolonga hacia el mundo, antes con barcos desde el río y hoy con aviones desde sus cinco aeropuertos, para convertirse en uno de los destinos más frecuentados del mundo".

La obra es en sí misma descomunal, omnicomprendida y de una sobriedad impactante, pero está tan bien estructurada que resulta de fácil aprehensión, tanto si se aborda en su conjunto como si se entresacan aspectos fragmentarios. Y de su lectura el lector obtiene una visión dinámica y progresiva de una urbe que seguramente ya conoce pero que adquiere a través del libro dimensiones inéditas, no sólo en el plano urbanístico sino también en el estético, el social y el ideológico. Una urbe fotografiada con rigor y sentido de totalidad, que aparece exultante ante los ojos, en prueba de una civilización y una cultura que son previas a la propia conurbación pero que finalmente se funden con ella y acaban componiendo un gran mosaico que no puede entenderse del todo sin considerar a la vez lo que ha sido Inglaterra en la historia y como impulso primigenio de esta globalización que, pese a todo, ha de mirarse en los arcanos y en el espejo del clasicismo. 📍

Antonio Papell

**Colegio de
Ingenieros de Caminos,
Canales y Puertos**



FONDOS DE INVERSIÓN PREMIER

Decida el rumbo de sus inversiones.

Gestifonsa Cartera Premier 10, F.I. (Nº REG. CNMV: 5157)

Categoría CNMV: Renta Fija Mixta Internacional.

Política de inversión: Fondo de fondos con inversión máxima del 10% en activos de renta variable.

Comisiones:

Gestión: 0,40% (*)

Depositaria: 0,10%

Perfil de riesgo CNMV

< Potencialmente
menor rendimiento >
< Menor riesgo

Potencialmente
mayor rendimiento >
Mayor riesgo >

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

(*) Cuando la rentabilidad de la deuda española a 2 años sea inferior al 0,75%. Cuando sea igual o superior al 0,75% e inferior al 1,00%, la comisión será del 0,60% y cuando sea superior al 1,00% la comisión será del 0,80%.

Gestifonsa Cartera Premier 25, F.I. (Nº REG. CNMV: 5155)

Categoría CNMV: Renta Fija Mixta Internacional.

Política de inversión: Fondo de fondos con inversión máxima del 25% en activos de renta variable.

Comisiones:

Gestión: 0,75% (*)

Depositaria: 0,10%

Perfil de riesgo CNMV

< Potencialmente
menor rendimiento >
< Menor riesgo

Potencialmente
mayor rendimiento >
Mayor riesgo >

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

(*) Cuando la rentabilidad de la deuda española a 2 años sea inferior al 0,75%. Cuando sea igual o superior al 0,75% e inferior al 1,00%, la comisión será del 0,90% y cuando sea superior al 1,00% la comisión será del 1,10%.

Gestifonsa Cartera Premier 50, F.I. (Nº REG. CNMV: 5156)

Categoría CNMV: Renta Variable Mixta Internacional.

Política de inversión: Fondo de fondos con inversión máxima del 50% en activos de renta variable.

Comisiones:

Gestión: 1,15% (*)

Depositaria: 0,10%

Perfil de riesgo CNMV

< Potencialmente
menor rendimiento >
< Menor riesgo

Potencialmente
mayor rendimiento >
Mayor riesgo >

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

(*) Cuando la rentabilidad de la deuda española a 2 años sea inferior al 0,75%. Cuando sea igual o superior al 0,75% e inferior al 1,00%, la comisión será del 1,30% y cuando sea superior al 1,00% la comisión será del 1,40%.

IMPORTANTE: Rentabilidades pasadas no garantizan rentabilidades futuras. Para invertir en estos productos es necesario tener conocimientos y experiencia en los Mercados conforme a la Normativa MiFID. Existe riesgo de pérdida de capital invertido. Las cifras y datos contenidos en este anuncio no constituyen recomendación de compra o venta de una inversión y tienen estricto contenido publicitario. Los Fondos de Inversión disponen de un folleto informativo y documento con los datos fundamentales para el inversor (DFI) que pueden consultarse en las oficinas de Gestifonsa SGIIC SAU, Nº Registro Administrativo CNMV-123, C/ Almagro, 8-5ª planta, 28010 Madrid, en la página web del Grupo Banco Caminos-Bancofar www.bancocaminos.es, en el apartado Gestifonsa y en la página web de la Comisión Nacional del Mercado de Valores (www.cnmv.es). La Entidad Depositaria de los Fondos de Inversión es Banco Caminos SA, Entidad de Crédito registrada en el Banco de España con el código de entidad 0234. Estos fondos pueden no ser adecuados para inversores que prevean retirar su dinero en un plazo inferior a 2 años.

Banco Caminos Madrid

Calle Almagro, 8 y 42 • 28010 Madrid • Tel. 91 310 95 50
info@bancocaminos.es

Banco Caminos Barcelona

Vía Augusta, 153 • 08021 Barcelona • Tel. 93 277 06 00
barcelona@banccamins.cat