



La revista de los
Ingenieros de Caminos,
Cañales y Puertos

3582 DICIEMBRE 2016

REVISTA DE
OBRAS PÚBLICAS

ROP

INTERNACIONAL, PROFESIÓN Y EMPLEO

Singapur, a la vanguardia de las *smart cities*

- Construcción y bienestar. Oportunidades y retos
Juan-Miguel Villar Mir


FUNDACIÓN CAMINOS

Íñigo de la Serna presidió la entrega del Premio
Rafael Izquierdo a la Solidaridad

CIENCIA Y TÉCNICA

- Indicadores para la evaluación de la
vulnerabilidad sísmica de presas de tierra
Liber Galbán y Paula Sánchez





Hemos unido
dos océanos

para unir más
a las personas

Tras casi siete años de duro trabajo y después de superar multitud de retos técnicos, hemos concluido la construcción de un nuevo paso entre dos océanos, el Pacífico y el Atlántico, a través de un juego de esclusas más grandes y más eficientes diseñadas expresamente. **El nuevo Canal de Panamá, obra liderada por Sacyr, es el proyecto de ingeniería civil más importante de nuestro siglo** y ha sido posible gracias a la contribución de más de 40.000 personas que han puesto su trabajo y su empeño en este gran hito que supondría una fuente de riqueza para Panamá y para toda la Humanidad. Además, contribuirá a preservar el medio ambiente gracias al importante ahorro de energía que produce y a la enorme reducción de emisiones de CO₂. Con el nuevo Canal de Panamá hemos abierto otro camino en la construcción de un futuro y un mundo mejor para todos.



La Revista de Obras Públicas celebra la recuperación de la normalidad institucional después de casi un año de relativa inestabilidad por las dificultades de formar gobierno a partir de una representación política más fracturada. Con todo, el sistema político y socioeconómico español ha dado pruebas de su solidez y resistencia, por cuanto, felizmente, el desarrollo no se ha visto alterado por las vicisitudes institucionales, la tasa de crecimiento se ha mantenido por encima del 3 % del PIB y poco a poco se van recuperando las condiciones de cohesión social anteriores a la gran crisis, aunque aún estemos lejos de aquella cotas de igualdad y bienestar.

El nuevo Gobierno, que representa toda una novedad en un modelo que se caracterizaba por el bipartidismo imperfecto, nace con la pretensión de cumplir los cuatro años de legislatura, y en lo que concierne a los ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, nos produce especial satisfacción el hecho de que el Ministerio de Fomento, que nos vincula al sector público, haya recaído en un ilustre representante de la profesión, Íñigo de la Serna. Es obvio que para desempeñar una cartera ministerial no es preciso un título universitario determinado, pero también lo es que un ingeniero de Caminos aporta al cargo una sensibilidad especial, que puede ser útil en momentos determinados. Y el actual periodo, de reapertura de horizontes para este país, es particularmente atractivo en este sentido, ya que nos hallamos en presencia de grandes cambios metodológicos

relacionados con las nuevas tecnologías y la globalización. De la Serna es, además, un caracterizado experto en la digitalización de las ciudades: durante su periodo como alcalde de Santander ha hecho de su urbe una *'smart city'* pionera en España y puntera en el mundo. Contamos, en cualquier caso, con que el nuevo ministro de Fomento nos conceda en fecha próxima una entrevista para registrar en estas páginas sus principales proyectos.

En este número de la Revista de Obras Públicas hemos incluido tres artículos de ingenieros cubanos, dos de ellos relacionados con la solución de problemas sísmicos y un tercero referente a la reconstrucción de viviendas tras la destrucción provocada por un huracán. Iniciamos así una colaboración más estrecha con el desarrollo de las obras públicas en la isla caribeña, donde nuestras empresas encuentran asimismo oportunidades de trabajo e inversión. En un próximo número incluiremos un reportaje sobre las actividades de las empresas españolas de construcción e ingeniería en Cuba.

Finalmente, hemos querido incluir en este número una lección magistral de nuestro compañero el catedrático y empresario Juan-Miguel Villar Mir impartida en el curso de una Jornada titulada "El papel del sector de la construcción en el crecimiento económico: competitividad, cohesión y calidad de vida".

SUMARIO

La revista decana de la
prensa española no diaria

Director
Antonio Papell

Redactoras Jefe
Paula Muñoz
Diana Prieto

Fotografía
Juan Carlos Gárgoles

Publicidad
MM Mass Media
Hermosilla 64 6ºB
T. 91 431 08 39

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

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

EDITORIAL

FUNDACIÓN CAMINOS

6 Premio Rafael Izquierdo a la Solidaridad

CIENCIA Y TÉCNICA

10 Indicadores para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de presas de tierra Liber Galbán Rodríguez y Paula Sánchez López

30 Análisis No Lineal *Pushover* de un edificio público de 5 pisos rigidizado mediante pórticos espaciales dúctiles de hormigón armado Eduardo Rafael Álvarez Deulofeu, José María Ruiz Ruiz y Eydol Andrial Martínez

38 Apropiabilidad de las tecnologías industrializadas para la reconstrucción post-desastre de viviendas: Huracán Sandy, Santiago de Cuba Erly Arner Reyes y Coralina Vaz Suárez



CONCURSO ROP

44 **Los desarrollos urbanísticos del norte y noreste de Madrid. Un modelo agotado**
Ignacio Ortiz de Andrés

52 **Ingenieros de Caminos: ideas y soluciones para el desarrollo de las ciudades**
José Antonio Rodríguez de la Cruz

INTERNACIONAL, PROFESIÓN Y EMPLEO

59 **Singapur, a la vanguardia de las *smart cities***

72 **Construcción y bienestar. Oportunidades y retos**
Intervención de Juan-Miguel Villar Mir en la jornada 'El papel del sector de la construcción en el crecimiento económico: competitividad, cohesión y calidad de vida'

NOTICIAS DE LAS OBRAS PÚBLICAS

90 **LIBROS**
Novedades editoriales

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 Berodia

M^a del Camino Blázquez Blanco

Comité Editorial

Pepa Cassinello Plaza

Vicente Esteban Chaparría

Jesús Gómez Hermoso

Conchita Lucas Serrano

Antonio Serrano Rodríguez

Foto de portada

Aeropuerto internacional de Changi, Singapur



Íñigo de la Serna: “Esta profesión debe trazar caminos y tender puentes en el futuro”

Premio Rafael Izquierdo a la Solidaridad, promovido por la FUNDACIÓN CAMINOS

El pasado 24 de noviembre tuvo lugar el acto de entrega del premio Rafael Izquierdo a la Solidaridad con la presencia del ministro de Fomento, Íñigo de la Serna. Este año, tras analizar las ocho candidaturas presentadas, el jurado del Premio Rafael Izquierdo a la Solidaridad, ha decidido otorgar este galardón, en su tercera edición, ex aequo a la Fundación Typsa, como institución, y a José María Piñero Campos, en representación de la ONG Yakaar África.

Por un lado, y según recoge el Jurado en su acta, la Fundación Typsa es merecedora del premio por la excelente labor que está realizando en los países menos desarrollados contribuyendo a que estos adquieran la capacidad necesaria para desarrollarse por sí mismos, en particular, construyendo y poniendo en marcha una Escuela Universitaria de Ingeniería Civil en la localidad de Mahagi, en la región nororiental de la República Democrática del Congo.

Durante su intervención, Pablo Bueno, presidente de Typsa, agradeció la entrega de este galardón y aseguró que la construcción de esta Escuela es una garantía para conseguir el desarrollo de esta región. “El interés de Typsa, y de todos los que hemos intervenido en este proyecto, es que esta Escuela Universitaria de Ingeniería Civil proporcione a la población



Carlos del Álamo, Juan-Miguel Villar Mir, José María Piñero Campos, Íñigo de la Serna, Pablo Bueno Sáinz, Julio Gómez Pomar, Juan A. Santamera, José Polimón, José Javier Díez Roncero, Manuel Niño y Jorge Urrecho



Juan A. Santamera, en un momento de su intervención

Este año el galardón lo han recibido ex aequo la Fundación Typsa, como institución, y José María Piñero Campos, en representación de la ONG Yakaar África



Pablo Bueno Sáinz recoge el Premio Rafael Izquierdo a la Solidaridad como presidente de la Fundación Typsa de manos del ministro de Fomento, Íñigo de la Serna



José María Piñero Campos durante su discurso de agradecimiento

de la región una educación con un enfoque práctico, que permita a las generaciones futuras contribuir eficazmente en el desarrollo de su región, de su país y del África Sub-Sahariana en general”.

Y añadió: “Con objeto de integrar y consolidar nuestra actividad solidaria –desde la fundación de Typsa, en 1966, hemos tenido una clara vocación de apoyo al desarrollo de los más desfavorecidos–, en el año 2008, creamos la Fundación TYPSPA para la Cooperación, que desde esa fecha ha gestionado y controlado las acciones realizadas, contando con una aportación anual del 0,7 % de los beneficios del Grupo TYPSPA, una cantidad de unos 70.000 euros anuales”.

Por otro lado, en el caso de Yakaar África, cuyos socios son mayoritariamente ingenieros de Caminos, más que grandes proyectos de infraestructura o de obras públicas, tienen muy presente la importancia del agua en todos sus proyectos, especialmente los relacionados con la lucha contra la anemia y la desnutrición.

Su actual presidente, José María Piñero Campos, fue el encargado de recoger el premio y señaló que “en las zonas en las que trabaja Yakaar se triplica el índice considerado como de alarma global por la Organización Mundial de la Salud ya que la gente no come nada más que hidratos de carbono (arroz, mijo, maíz...) y necesitan diversificar esa alimentación”. De esta manera, “para nosotros son muy importantes las pequeñas aportaciones, se trata de invertir en el futuro de otros, lo que supone

una rentabilidad total para hacer proyectos sostenibles”.

También quiso destacar la “valentía” por parte del Colegio a la hora de premiar una iniciativa como la de Yakaar. En su opinión, “esto demuestra una especial sensibilidad por las pequeñas cosas”.

Esta entrega estuvo presidida por el ministro de Fomento, Íñigo de la Serna, en su primer acto público tras su reciente nombramiento, y se mostró encantado de acudir a su Colegio como hizo en ocasiones anteriores, cuando era alcalde de Santander, en esta ocasión “para honrar la memoria de Rafael Izquierdo que hizo de la solidaridad su modo de vida”. Quiso poner en valor el papel de los ingenieros de Caminos, subrayando la necesidad de aumentar la presencia pública de estos profesionales y de “seguir adquiriendo compromisos en un momento tan difícil como el que vive España”.

De la Serna dijo que “en el mundo de las infraestructuras haremos todo lo posible con las herramientas a nuestro alcance”. En este sentido señaló que ha propuesto la formulación de un Acuerdo Nacional de Infraestructuras, “que creo necesario para llegar a un consenso en las líneas esenciales, un acuerdo que no será fácil pero con esfuerzo y generosidad por parte de todos podremos alcanzar”.

Asimismo, el ministro manifestó el compromiso con el extraordinario rol que realizan los ingenieros de Caminos, “como es la proyección

Íñigo de la Serna, ministro de Fomento, aseguró que pondrá en marcha un Acuerdo Nacional de Infraestructuras y alabó el trabajo de nuestras empresas y organizaciones en materia de solidaridad



Juan A. Santamera, Íñigo de la Serna, José Polimón y José Antonio Sánchez



José María Piñero Campos, presidente de Yakaar África, y Pablo Bueno Sáinz, presidente de la Fundación Typsa

Juan A. Santamera, presidente de la Fundación Caminos, explicó la dedicación de la Fundación a este Premio a la Solidaridad, como expresión máxima del compromiso de la profesión, el compromiso de los ingenieros de Caminos con los desfavorecidos



Íñigo de la Serna, durante su intervención



José Javier Díez Roncero, Sara Izquierdo, José María Piñero Campos, Íñigo de la Serna, Pablo Bueno Sáinz, Juan A. Santamera, José Antonio Sánchez y José Polimón

exterior, lo que supone una posición de liderazgo de nuestro país y la contribución a la Marca España". Para finalizar su intervención, De la Serna aseguró que "esta profesión debe trazar caminos y tender puentes en el futuro que nos toca vivir" y mostró su disposición a trabajar con el Colegio mano a mano.

Por su parte, Juan A. Santamera, presidente de la FUNDACIÓN CAMINOS, quiso reconocer la labor de Rafael Izquierdo así como la labor de los ingenieros de Caminos. "Es verdad que nuestro trabajo y nuestra profesionalidad son nuestra primera credencial y tenemos que ser los primeros portavoces de la trascendencia de las grandes obras realizadas. Pero, al mismo tiempo, si no vemos la realidad que nos circunda, las necesidades, la desigualdad, lo que necesitan los más desfavorecidos, es que estamos ciegos y además condenados a dejar a las generaciones futuras un mundo incompleto, una sociedad carente de sentido", señaló el presidente del Colegio.

Santamera explicó que ahora que la FUNDACIÓN CAMINOS desarrolla e impulsa un amplio programa de actividades, "dedicamos todo nuestro aliento a este Premio a la Solidaridad, como expresión máxima del compromiso de nuestra profesión, el compromiso de los ingenieros de Caminos con los desfavorecidos". Además, felicitó al ministro por su reciente nombramiento y le agradeció su presencia en este acto especialmente emotivo. **ROP**

Indicadores para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de presas de tierra



Liber Galbán Rodríguez
 Doctor en Ciencias Geológicas.
 Profesor auxiliar, Facultad de Construcciones, Departamento de Ingeniería Hidráulica. Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba



Paula Sánchez López
 Ingeniera Hidrotécnica.
 Profesora asistente, Facultad de Construcciones, Departamento de Ingeniería Hidráulica, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba

Resumen

Los estudios de vulnerabilidad de presas construidas alrededor del mundo constituyen una preocupación de especialistas y gobiernos; sin embargo estos se realizan fundamentalmente en presas de hormigón, por cuanto constituye una debilidad la consideración de estos trabajos en presas de tierra o materiales locales. En este trabajo se realizó una revisión de los principales indicadores que inciden en la vulnerabilidad sísmica de las presas de tierra construidas, de manera que su identificación contribuya a realizar una evaluación más eficiente de su funcionamiento futuro ante el impacto de un sismo.

Palabras clave

Presa de tierra, sismo, vulnerabilidad, indicadores, evaluación

Abstract

Vulnerability studies of dams built worldwide are a concern of specialists and governments; however these are predominantly in concrete dams, that is why it constitutes a weakness to considering these works in earth dams or local materials dams. This paper reviews the main indicators that influence the seismic vulnerability of earth constructed dams so that the identification will contribute to a more efficient evaluation of future performance under the impact of an earthquake.

Keywords

Earth dam, earthquake, vulnerability, indicators, assessment

1. Introducción

Se define como presa o conjunto hidráulico, al conjunto de obras que se construyen con el propósito de almacenar, evacuar y distribuir un cierto volumen de agua para satisfacer determinadas demandas de la zona donde se ubique (Pérez, 2001). Las presas tienen muchos usos, como son: en riego para el incremento de la producción agropecuaria, suministro de agua para uso de las poblaciones y de las industrias, control de inundaciones, prevención de daños causados por desbordamiento durante la creciente, en defensa de las poblaciones, infraestructuras económicas, sociales y áreas cultivadas o industriales, generación y suministro de energía para usos domésticos e industriales, navegación; facilidades de transporte por vía fluvial, control de sedimentos en zonas de erosión elevada; pequeños embalses para control de sedimentos a otros embalses o a corrientes de agua, recreación; aumento de bienestar de la población, piscicultura para usos industriales, mejoramiento de la ecología, etc.

Una presa puede estar compuesta de 5 partes fundamentales: el embalse, el aliviadero, la obra de toma, cortina o dique principal de la presa y diques laterales (fig. 1). Cada una de estas partes tiene una respuesta independiente ante el impacto de los sismos. Hoy existen varios tipos de presas, las mayormente construidas internacionalmente son las presas de tierra, las que de acuerdo a la disposición de los materiales térreos con que se construyen y la tecnología empleada pueden clasificarse en: presas de secciones homogéneas, presas de secciones graduadas y presas de secciones mixtas.

Los fenómenos naturales y atmosféricos traen consigo severos daños a estas obras hidráulicas, razón por la que se hace necesario el estudio de su comportamiento ante los mismos, especialmente los fenómenos sísmicos, considerados como los fenómenos geológicos más peligrosos. Hoy día existen a nivel internacional instituciones y especialistas encargadas, tanto del estudio de la actividad sísmica, como del diseño y aplicación de medidas para contrarrestar su impacto.

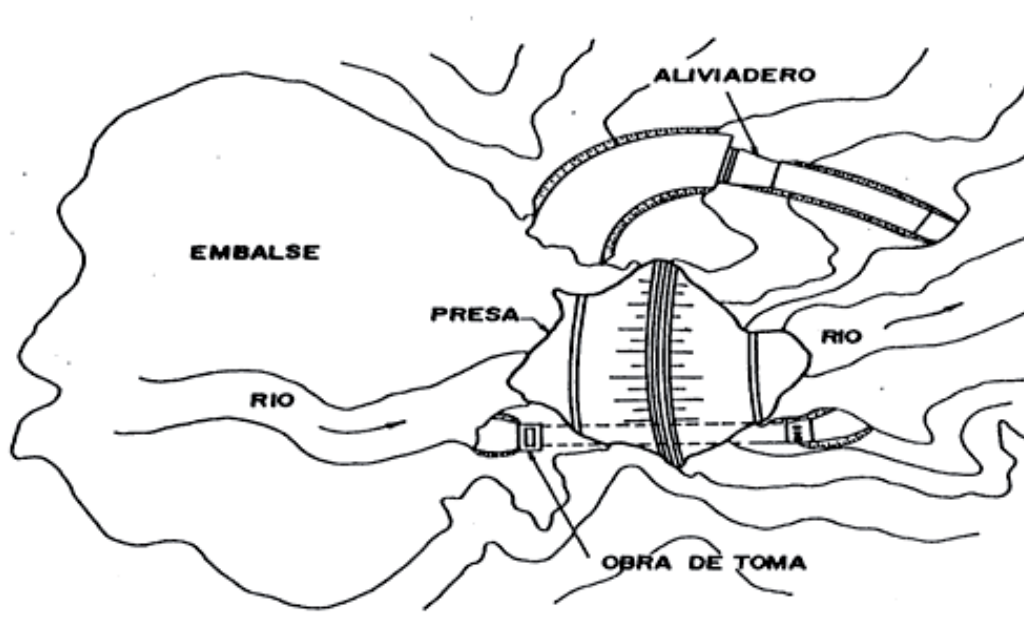


Fig. 1. Esquema general de una presa

En caso de los estudios de vulnerabilidad sísmica de presas, se pudo constatar que, a nivel internacional, se están realizando distintos estudios para abordar la temática. Destacan, por ejemplo, los realizados por Fournier (1985), Spence (1990), Armas (2003), Venegas (2011), Carmona (2011), Arroyo (2011), entre otros. Países como Estados Unidos tienen establecidas guías dentro de la documentación que debe ser revisada para el diseño y evaluación de presas ante fenómenos sísmicos (*Federal Guidelines for Dam Safety: Earthquake Analyses and Design of dams*); también cuentan con normativas al respecto otros como Japón, Canadá, Perú, Panamá, España, Cuba, entre otros.

A pesar de los esfuerzos realizados, los estudios de vulnerabilidad sísmica de presas todavía son incipientes, teniendo como principal dificultad la ausencia de una guía que introdujera los indicadores para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las presas de tierra construidas teniendo en cuenta las distintas causas de fallo identificadas en la literatura internacional.

2. Indicadores para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las presas de tierra construidas teniendo en cuenta las distintas causas de fallo

La revisión bibliográfica pudo constatar que, en muchos casos los sismos aceleran determinados procesos que internamente se vienen desarrollando en las presas de forma más lenta y que con el paso de los años incrementan su

vulnerabilidad y se consideran causas de fallo de las mismas. Por tanto, es difícil ver al sismo como el único gestor de la vulnerabilidad en una presa, pues existen otros factores que unidos pueden hacer colapsar la presa de forma parcial o total. Un resumen de la bibliografía consultada (Venegas, 2011; Carmona, 2011; Armas, 2003; Colectivo de Autores, 2001; Sherard, 1963; Armas y Horta, 1987; IITK-GSDMA, 2007; Gómez, 2008, FEMA, 2013, etc.), señala que los tipos de falla que pueden presentarse en una presa de tierra afectada por un movimiento sísmico son:

- a. Falla por deslizamientos en taludes aguas arriba y/o aguas abajo de la cortina debido a procesos de licuefacción y sifonamiento mecánico.
- b. Falla por tubificación (erosión interna, conducto hidráulico) en la cortina.
- c. Falla por rotura o colapso parcial o total en la cortina de la presa por la fuerza de empuje horizontal y vertical de las olas generadas por el sismo en el embalse.
- d. Falla por pérdida de borde libre debido a los asentamientos diferenciales en la cortina.
- e. Fallas por deslizamientos horizontales y/o verticales en los planos de fallas geológicas activas ubicadas en las proximidades o inmediaciones de la cortina.

f. Falla por colapso parcial o total en el aliviadero(s).

g. Falla en los diques laterales por deslizamientos debido a procesos de licuefacción y sifonamiento mecánico, pérdida de borde libre debido a los asentamientos diferenciales, etc.

h. Falla por deslizamientos en los taludes laterales naturales al embalse o vaso de almacenamiento.

i. Fallas por pérdidas generadas por el incremento de la filtración en la base rocosa del embalse debido a la disminución de la compactación de los materiales, agrietamiento y/o incremento de la porosidad.

j. Falla por afectaciones a la obra de toma (Derrumbes, colapso, roturas, etc.).

En este sentido la uniformidad en el tratamiento de los datos y modelos que se realicen para evaluar la vulnerabilidad de las presas de tierra construidas es un elemento esencial para su correcto análisis. Al respecto varios autores (Galbán, 2014; Ochoa, 2006; entre otros) coinciden en que estos análisis deben realizarse a través de indicadores, los que independientemente de su procedencia, constituyen elementos imprescindibles para realizar una modelación adecuada y con resultados confiables.

Los indicadores son parámetros relacionados directamente con el fenómeno desencadenante, que sirven para conocer la intensidad o magnitud del mismo. Por ello es recomendable que los indicadores sean – en lo posible – cuantificables, ya que de su valor dependerá la existencia o no de un estado

de emergencia y la gravedad de ésta (Ochoa, 2006). Teniendo en cuenta este criterio y los expresados con anterioridad que dan causa a los fallos en la presa se exponen las siguientes consideraciones:

2.1. Indicadores para evaluar la falla por deslizamientos en taludes aguas arriba y/o aguas abajo de la cortina debido a procesos de licuefacción y sifonamiento mecánico

Se llama deslizamiento a la masa de rocas de baja consolidación o compactación que se ha movido o mueve cuesta abajo por la vertiente o talud (vertiente artificial) bajo el efecto de la gravedad, presión hidrodinámica (por efecto de sobresaturación), fuerzas sísmicas de diversos orígenes, etc.; estos agentes también pueden actuar en los deslizamientos de forma combinada (Galbán, 2012). Los deslizamientos de tierra son fenómenos devastadores en las áreas en que afecta a la población, muchos de estos son inducidos por

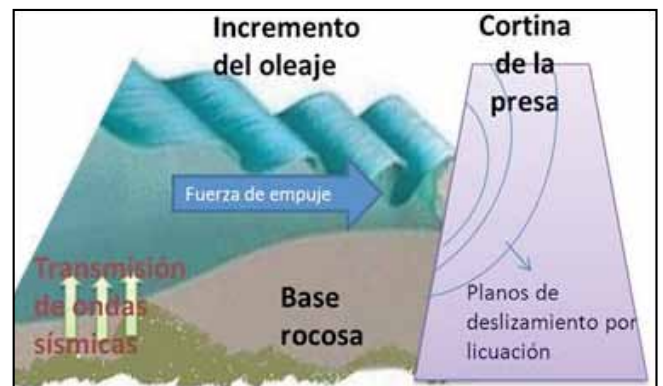


Fig. 2. Falla por deslizamiento en talud aguas arriba de la cortina



Fig. 3. Vistas del deslizamiento del talud aguas arriba en la Presa de Fujinuma por efecto de un sismo, Tohoku el 12 de marzo de 2011. Fujinuma – Ike, colapsando el terraplén de cierre. (Carmona, Juan S., 2011)

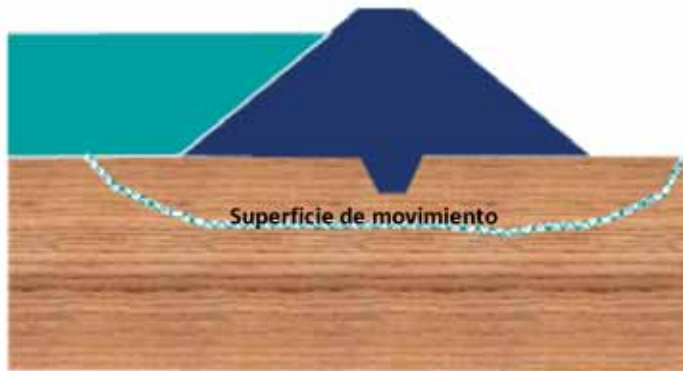


Fig. 4. Falla por sifonamiento mecánico en taludes (izquierda). Vista de la segunda presa de Puentes, después de su rotura, desde aguas abajo. <https://www.chsegura.es/chs/cuenca/infraestructuras/embalses/embalsedePuentes/antecedentes.html>

el hombre, o sea por la comisión de errores tecnológicos en la construcción de obras de ingeniería.

En el caso de la cortina de la presa, el deslizamiento ocurre por efecto de sobresaturación de los materiales rocosos que la componen, manifestándose en estos un proceso de licuación que se caracteriza por la pérdida definitiva o temporal de su resistencia al esfuerzo cortante ante el efecto de la fuerza sísmica. Los procesos de licuación, generalmente dan lugar a fallas de tipo catastrófico. Sin embargo, la movilidad cíclica con el impacto de varias ondas sísmicas puede implicar también, deformaciones permanentes que ponen en peligro la funcionalidad de las estructuras afectadas (Fournier, 1985). Este fenómeno, se puede presentar en suelos de tipo granular fino, con baja densidad relativa y en estado saturado, anulando la capacidad de resistencia a esfuerzos de corte, como consecuencia del aumento de la presión intersticial originados por las vibraciones de tipo dinámico (sismos, voladuras, pilotajes, etc.). La anulación de las tensiones tangenciales, provoca a su vez, que el terreno se comporte como un pseudo líquido.

De acuerdo a la literatura consultada, los indicadores más comunes para evaluar la falla por deslizamientos en taludes aguas arriba y/o aguas abajo de la cortina debido a procesos de licuefacción ante un evento sísmico son:

- Coeficiente sísmico regional.
- Tipos de suelo en el cuerpo de la cortina (según sus propiedades físicas, mecánicas y acuíferas, así como su susceptibilidad al deslizamiento).
- Presencia de sales solubles (yesos, halitas, carbonatos) en el material que compone la cortina.
- Valor de la pendiente en taludes aguas arriba y aguas abajo.
- Coeficiente de asentamiento potencial.

- Presencia y distribución de filtraciones primarias en el cuerpo de la cortina.
- Acumulación de sedimentos en el fondo del embalse (nivel de azolve).
- Magnitud del movimiento sísmico esperado.
- Distancia del epicentro sísmico.
- Presencia de fallas geológicas en las proximidades e inmediaciones de la presa.
- Tensiones probables en el cuerpo de la cortina ante el impacto de un sismo.
- Presencia de fisuración potencial primaria en el cuerpo de la cortina (agrietamiento).
- Tipo y estado técnico constructivo de los recubrimientos.
- Efecto de sitio.
- Factor de deslizamiento potencial.

Se conoce como sifonamiento mecánico, al levantamiento del fondo de las excavaciones o del pie de las presas debido a la presencia de grietas en el terreno, con arrastres importantes y el fenómeno conocido como “arenas movedizas” (presiones efectivas nulas); por tanto, aparece en la masa del suelo en lugares en que se concentra el flujo de agua y en los que la velocidad de filtración es mayor (gradiente hidráulico alto) existiendo en la cimentación un gradiente vertical ascendente fuerte (el gradiente supera a la densidad sumergida del suelo) (Armas, 2003). El sifonamiento tiene dos posibilidades de ocurrencia, por el cimientamiento o por la cortina, y ha sido siempre preocupación de los proyectistas.

Debido al impacto de las ondas sísmicas en las presas esta causa movimientos en las partículas sólidas que componen el material de la cortina y/o el cimientamiento acelerando el proceso de sifonamiento mecánico. Cuando ocurre en la cimentación

de la cortina tiende a licuar finalmente los materiales que la componen. El límite final del fenómeno es el colapso del borde del talud aguas arriba; al quedar este surcado por conductos huecos de gran diámetro que afectan la estabilidad de la sección resistente hasta la falla. Este fenómeno conlleva el levantamiento del fondo de las excavaciones o del pie de las presas.

En el caso del sifonamiento mecánico los indicadores de mayor peso son los siguientes:

- Coeficiente sísmico regional.
- Tipos de suelo en la base de la cortina. (según sus propiedades físicas, mecánicas y acuíferas, así como su susceptibilidad al deslizamiento).
- Presencia de sales solubles (yesos, halitas, carbonatos) en el material que compone la base de la cortina.
- Presencia y profundidad relativa de los niveles freáticos naturales.
- Presencia y distribución de filtraciones primarias en la base de la cortina.
- Magnitud del movimiento sísmico esperado.
- Distancia del epicentro sísmico.
- Presencia de fallas geológicas en las proximidades e inmediaciones de la presa.
- Tensiones probables en la base de la cortina ante el impacto de un sismo.
- Presencia de fisuración potencial primaria en la base de la cortina (agrietamiento).
- Tipo y estado técnico constructivo de los dentellones, tablestacas y/o cortina de inyección.
- Grado de confinamiento del suelo.
- Presencia de formaciones cársicas.
- Efecto de sitio.
- Coeficiente de licuación y sifonamiento potencial.

2.2. Indicadores para evaluar la falla por tubificación (erosión interna, conducto hidráulico) en la cortina

La tubificación consiste en una erosión interna por procesos de filtración erosiva en la cortina, que se puede producir por las siguientes causas:

- Cimientos con sales solubles (yesos, halitas, carbonatos) en los que se desencadena un proceso de disolución. Gómez (2008) aconseja limitar el gradiente a 0,2 en cimentaciones de yeso, con este criterio se proyectó la presa de La Loteta (Zaragoza, España).
- Cimientos con erosión por “arrastre de finos” (areniscas y limolitas escasamente cementada, arenas muy finas, limos no plásticos, arcillas dispersivas).

- Contactos defectuosos del elemento impermeable con los estribos y cimientos (especialmente si la roca está fracturada), estructuras (aliviaderos, desagües de fondo, desvío del río).
- Inadecuados filtros y drenes.
- Disminución de la compactación de los materiales y/o incremento de la porosidad.

La cortina, además, ha de retener el agua logrando la debida estanqueidad; es decir, conviene que no existan filtraciones debido a la disminución de la compactación de los materiales y/o incremento de la porosidad a través de la roca de cimentación, pues aparte de perderse agua embalsada, pueden arrastrar o disolver partículas y producirse fenómenos de degradación de la presa o de su cimiento, con el aumento del caudal filtrado, ocurriendo también una licuefacción.

Ante un evento sísmico estos fenómenos pueden manifestarse por efecto del impacto de ondas sísmicas sobre la estructura de la cortina promoviendo el aumento de la fracturación, creando grietas en la corona, agitando los materiales que componen la cortina disminuyendo su compactación; y por consiguiente también puede incrementar la porosidad, la filtración del agua por debajo de la cortina y a través de ella y por ende el colapso por tubificación (erosión interna).

De acuerdo a la literatura consultada, los indicadores más comunes ante un evento sísmico son:

- Coeficiente sísmico regional.
- Tipos de suelo en la cortina (según sus propiedades físicas, mecánicas y acuíferas, así como su susceptibilidad al deslizamiento).



Fig. 5. Fallas por pérdidas generadas por el incremento de la filtración en la base de cortina debido a la disminución de la compactación de los materiales y/o incremento de la porosidad, ocasionando la tubificación



Fig. 6. Fallas por agrietamientos longitudinales y transversales en el cuerpo de la cortina, la corona y los revestimientos en la represa de Tolomó en Valencia, España. (Colectivo de Autores, 2009)



Fig. 7. Vista de la presa de Caspe USA (izquierda) (www.seprems.es). Vista de la presa de Teton en (USA), la cual fallo por tubificación (erosión interna) en la cortina (derecha): (www.rinconabstracto.com)

- Presencia de sales solubles (yesos, halitas, carbonatos) en el material que compone la cortina.
- Presencia y distribución de filtraciones primarias en la cortina.
- Magnitud del movimiento sísmico esperado.
- Distancia del epicentro sísmico.
- Presencia de fallas geológicas en las proximidades e inmediaciones de la presa.
- Tensiones probables en la base de la cortina ante el impacto de un sismo.
- Presencia de fisuración potencial primaria en la cortina (agrietamiento).
- Tipo y estado técnico constructivo de los de los recubrimientos.
- Fracturación hidráulica.

- Tipo de filtros.
- Tipo de drenes.
- Efecto de sitio.
- Coeficiente de tubificación potencial.

2.3. Indicadores para evaluar la falla por rotura o colapso parcial o total en la cortina de la presa por la fuerza de empuje horizontal y vertical de las olas generadas por el sismo en el embalse

Los sismos determinan incrementos instantáneos de la presión del agua, pues el movimiento vibrante u oscilatorio de la presa no está en completa concordancia con el del agua; originan con frecuencia grandes olas que hacen aumentar el empuje hidrostático, y pueden provocar daños. En el caso del oleaje generado por los sismos y en dependencia de varios factores, los efectos principales son:



Fig. 8. Esquema de falla por rotura o colapso rebase debido al oleaje en la cortina (izquierda). Represa Rincón del Bonete sobre el río negro en Uruguay, durante la crecida de abril de 1959. Aunque no es el caso específico, se puede observar cómo el agua desborda la cortina (derecha)

o Desbordamiento o rebase por encima de cortina.

o Vuelco teniendo como punto de pivote el pie del talud aguas abajo.

o Agrietamientos longitudinales y transversales en el cuerpo de la cortina, la corona, los hombros (anclaje izquierdo y derecho) y los revestimientos.

o Desintegración de la lámina de revestimiento del talud aguas arriba por acción repetitiva de la onda de choque.

El desbordamiento puede ocurrir cuando la altura de las olas al chocar con la cortina rebasa el nivel de la corona. Este fenómeno no es muy común, pero existen posibilidades de que ocurra, sobre todo en presas ubicadas en zonas sísmicas activas.

Por otra parte, las oscilaciones sísmicas originan en la masa cortina de la presa, fuerzas de inercia que pudieran provocar averías en dicha estructura, aunque el embalse esté vacío. En este proceso se involucran las resultantes de las fuerzas debidas al peso propio, el empuje hidrostático y la subpresión que producen las ondas sísmicas, pudiéndose producir deslizamientos en el talud aguas abajo e inclusive el vuelco teniendo como punto de pivote el pie del talud aguas abajo. Por esta razón es imprescindible que sea la cortina de la presa sea estable, junto con su cimiento, como cualquier parte de ella.

Las fallas por agrietamientos en el cuerpo de la cortina, la corona, los hombros y los revestimientos pueden manifestarse debido al impacto generado por las fuerzas sísmicas, creando oscilaciones en los materiales que la componen.

De acuerdo a la literatura consultada, los indicadores más comunes para evaluar la falla por rotura o colapso parcial o total en la cortina de la presa por la fuerza de empuje horizontal y vertical de las olas generadas por el sismo en el embalse son:

- Coeficiente sísmico regional.
- Tipos de suelo en la cortina (según sus propiedades físicas, mecánicas y acuíferas, así como su susceptibilidad al deslizamiento).
- Presencia de sales solubles (yesos, halitas, carbonatos) en el material que compone la cortina.
- Presencia y distribución de filtraciones primarias en la cortina.
- Magnitud del movimiento sísmico esperado.
- Distancia del epicentro sísmico.
- Presencia de fallas geológicas en las proximidades e inmediaciones de la presa.
- Tensiones probables en la base de la cortina ante el impacto de un sismo.
- Presencia de fisuración potencial primaria en la cortina (agrietamiento).
- Tipo y estado técnico constructivo de los recubrimientos.
- Efecto de sitio.
- Fracturación hidráulica.
- Presencia giro y/o el desplazamiento de los estribos de la presa.

- Fuerza de empuje horizontal y vertical de las olas en condiciones de máxima aceleración sísmica esperada en la zona.
- Coeficiente de impacto potencial.

2.4. Indicadores para evaluar la falla por pérdida de borde libre debido a los asentamientos diferenciales en la cortina

La pérdida de borde libre debido a los asentamientos diferenciales en la cortina se debe a los asentamientos del terraplén o de la fundación, hacen que el coronamiento de la presa descienda, produciendo que el resguardo se reduzca y facilitando el sobrepaso del agua, con la consiguiente erosión y colapso posterior del terraplén. Esta pérdida de resguardo puede ser también ocasionada, por movimientos relativos entre el vaso y la presa, debido al desplazamiento de fallas geológicas.

Ante un sismo pueden manifestarse asentamientos diferenciales en la cortina de la presa debido a procesos de compactación y/o asentamiento de los materiales que la componen o de los materiales rocosos que componen el cimientamiento ante las oscilaciones o vibraciones de sitio (también llamado efecto de sitio) en las inmediaciones de la presa. Al perderse el borde libre de la cortina una gran masa de agua puede rebasarla ocurriendo en el talud aguas abajo de la presa los fenómenos de erosión y ruptura de la cortina, destruyendo todo lo que se encuentre a su paso. De acuerdo a la literatura consultada, los indicadores más comunes ante un evento sísmico son:

- Coeficiente sísmico regional.
- Tipos de suelo en el cuerpo de la cortina (según sus propiedades físicas, mecánicas y acuíferas, así como su susceptibilidad al deslizamiento).
- Coeficiente de asentamiento potencial.

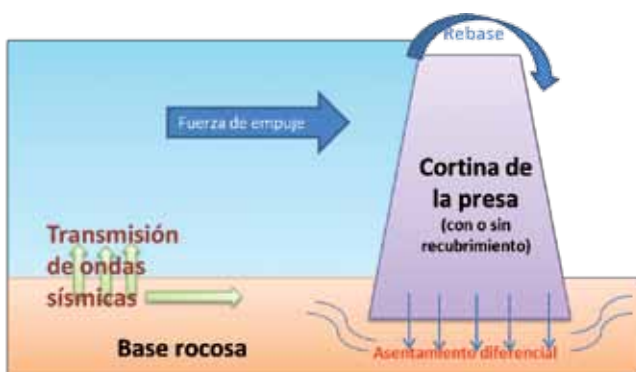


Fig. 9. Falla por pérdida de borde libre debido a los asentamientos diferenciales en la cortina

- Magnitud del movimiento sísmico esperado.
- Distancia del epicentro sísmico.
- Tensiones probables en el cuerpo de la cortina ante el impacto de un sismo.
- Presencia de fisuración potencial primaria en el cuerpo de la cortina (agrietamiento).
- Tipo y estado técnico constructivo del cuerpo de la cortina.
- Efecto de sitio.
- Grado de compactación en la base rocosa de la cimentación.
- Grado de compactación en la cortina.
- Coeficiente de falla por pérdida de borde libre debido a asentamientos.

2.5. Indicadores para evaluar la falla por deslizamientos horizontales y/o verticales en los planos de fallas geológicas activas ubicadas en las inmediaciones de la cortina

Un movimiento de sísmico puede provocar deslizamientos tanto en sentido vertical, como horizontal de alguna falla existente en las inmediaciones de la cortina, su influencia incrementa ostensiblemente el valor de la aceleración sísmica y las velocidades de las ondas, impactando directamente la obra, lo cual a su vez puede provocar la rotura del terraplén de la presa ocasionando su posterior colapso total o parcial.

La fallas geológicas son zonas también donde se pueden producir movimientos diferenciales por constituir planos activos para el incremento de la aceleración sísmica y la amplificación de la velocidad y diámetro de oscilación de las ondas. La literatura consultada no indica valores específicos respecto a este indicador, sin embargo, de acuerdo a la experiencia internacional su influencia en el incremento deberá ser calculada por métodos microsísmicos regionales que considerarán la modelación de su comportamiento según distintas magnitudes registradas históricamente, así como las distancias relativas a los epicentros sísmicos. De acuerdo a la literatura consultada, los indicadores más comunes ante un evento sísmico son:

- Tipos de suelo en el cuerpo de la cortina (según sus propiedades físicas, mecánicas y acuíferas, así como su susceptibilidad al deslizamiento).
- Magnitud del movimiento sísmico esperado.
- Distancia del epicentro sísmico.
- Tensiones probables en el cuerpo de la cortina ante el impacto de un sismo.
- Presencia de fisuración potencial primaria en el cuerpo de la cortina (agrietamiento).
- Presencia de fallas geológicas en las proximidades e inmediaciones de la presa.

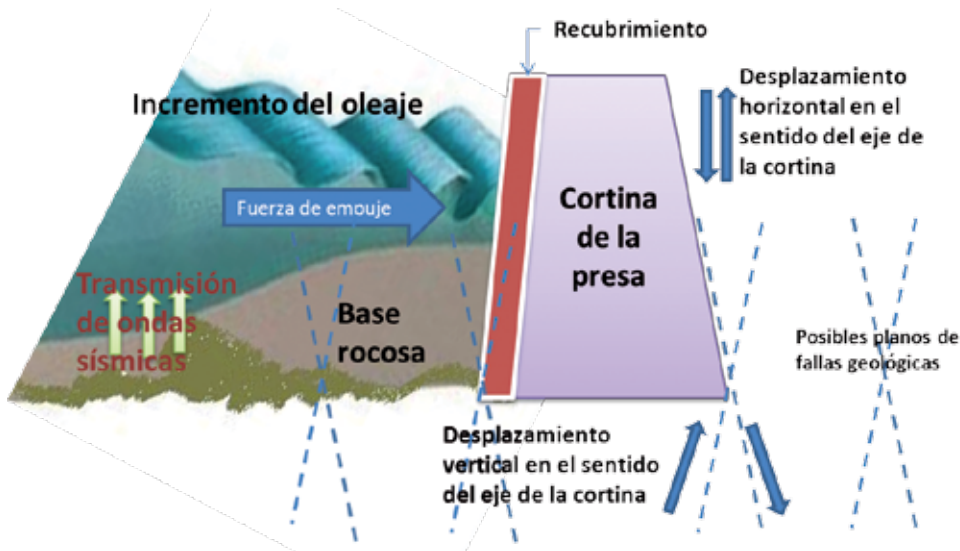


Fig. 10. Fallas deslizamientos horizontales y/o verticales en los planos de fallas geológicas activas

- Efecto de sitio.
- Coeficiente de impacto potencial por fallas en las inmediaciones.

2.6. Indicadores para evaluar la falla por colapso parcial o total en el aliviadero(s)

Generalmente cuando ocurren los sismos pueden ocasionar daños en las partes que componen el aliviadero, como es en el caso de los taludes. El impacto de las ondas sísmicas deterioran, agrietan y fisuran creando en sí el mal funcionamiento de las partes que componen el aliviadero. Algunas de las fallas que pueden ocurrir son:

- Desplomes totales o parciales en los taludes laterales al impactar las ondas sísmicas.
- Agrietamientos o aberturas en los muros laterales, estructuras disipadoras de energía por las ondas y vibraciones que se transmiten por medios acuosos y terrestres.
- Agrietamientos longitudinales y transversales a lo largo y ancho de la base.
- Agrietamientos del canal de aproximación y de salida, con incremento de la filtración.
- Deslizamientos de la base del aliviadero.
- Rotura de compuertas en el aliviadero.
- Rebase debido a insuficiencia del vertedor en el aliviadero(s).

Los deslizamientos en la base del aliviadero se producen debido a la licuación de los materiales que subyacen bajo el efecto de la gravedad, presión hidrodinámica (por efecto de sobresaturación) y las fuerzas sísmicas, lo que hace que

el aliviadero pierda estabilidad y colapse. Por otro lado, comúnmente las compuertas en el aliviadero se diseñan para resistir presiones hidrostáticas por encima de la calculada para la presa, sin embargo ante un sismo estas presiones de incrementan ostensiblemente debido a que se suma la presión generada por la onda sísmica sobre el cuerpo de agua, existiendo la posibilidad de colapsar, sobre todo si el embalse se encuentra en su altura máxima de diseño.

Otra causa de colapso de la compuerta que puede combinarse con el efecto del oleaje que provocan las ondas sísmicas en el medio acuoso, es el agrietamiento y destrucción mecánica de los muros o estribos laterales que sujetan la compuerta, causando igualmente el desborde del aliviadero y los consecuentes efectos mencionados con anterioridad aguas debajo de la presa.

De acuerdo a la literatura consultada, los indicadores más comunes ante un evento sísmico son:

- Tipos de suelo en el cuerpo de la cortina (según sus propiedades físicas, mecánicas y acuíferas, así como su susceptibilidad al deslizamiento).
- Presencia de sales solubles (yesos, halitas, carbonatos) en el material que compone la base del aliviadero.
- Presencia y distribución de filtraciones primarias en el cuerpo del aliviadero.
- Magnitud del movimiento sísmico esperado.
- Distancia del epicentro sísmico.
- Coeficiente sísmico regional.

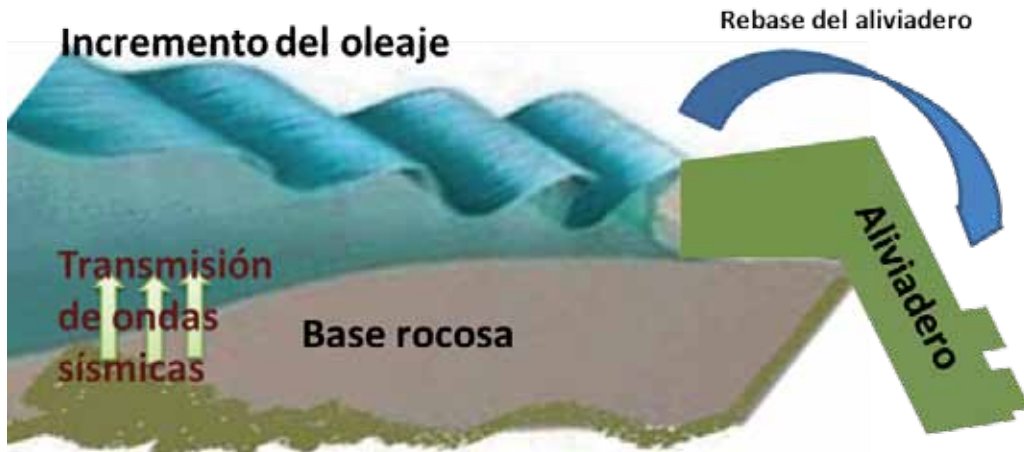


Fig. 11. Falla por rebase debido a insuficiencia del vertedor en el aliviadero

- Presencia de fallas geológicas en las proximidades del aliviadero.
- Presencia de fisuración potencial primaria en revestimientos de taludes, cuerpo del aliviadero, estructuras disipadoras y canales de entrada y salida (agrietamiento).
- Grado de fracturación o fisuración en los estribos del vertedor.
- Estado técnico constructivo del aliviadero.
- Tensiones probables en el cuerpo del aliviadero ante el impacto de un sismo (sumatoria de las fuerzas de inercia impacto ante un sismo, subpresión e hidrostática, carga sísmica).
- Grado de erosión en la base de los canales.
- Grado de erosión en el pozo amortiguador o estanque.
- Grado de compactación en la base rocosa del aliviadero.

- Presencia de niveles freáticos.
- Tipo y estado técnico constructivo de las compuertas.
- Presencia de formaciones cársicas.
- Presencia de deslizamientos primarios en la base del aliviadero.
- Efecto de sitio.
- Factor de deslizamiento potencial en la base del aliviadero.

2.7. Indicadores para evaluar la falla en los diques laterales por deslizamientos debido a procesos de licuefacción y sifonamiento mecánico, pérdida de borde libre debido a los asentamientos diferenciales, etc.

Los diques laterales de las presas, también pueden fallar por las mismas causas que fallan las cortinas, la diferencia radica en que la fuerza de empuje resultante de un sismo



Fig. 12. Imagen sacada pocos días después del desastre en Molare por rebase de aliviadero que muestra los restos de la presa Sella Zerbino (www.eoi.es). Cruz, 2012

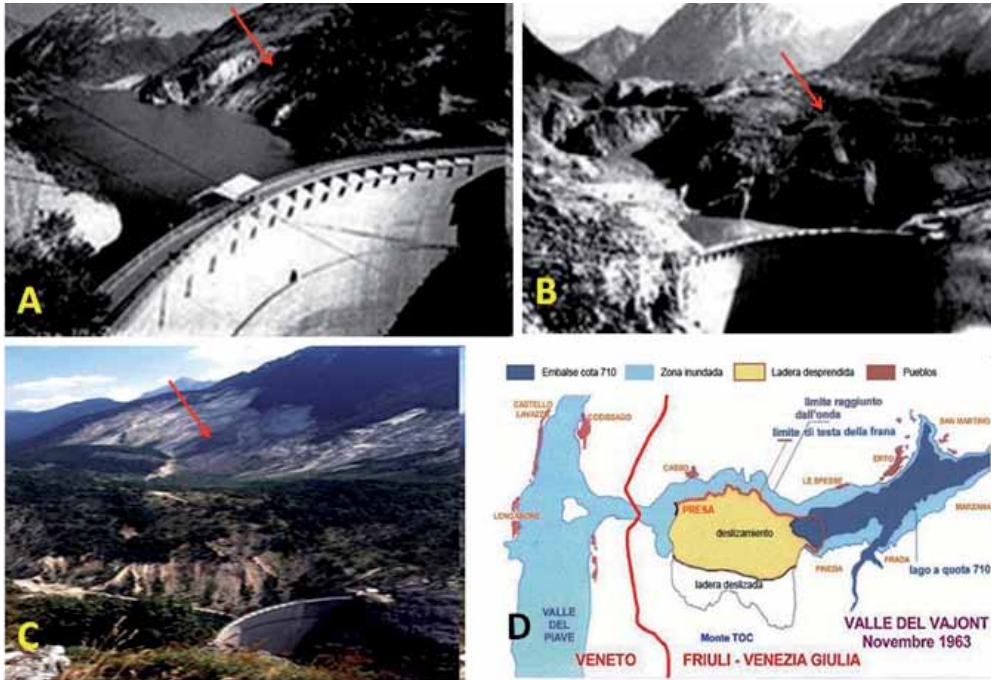


Fig. 13. Imágenes de la presa Vajont en Italia que falló en 1963 por deslizamientos en uno de los taludes laterales naturales al embalse o vaso de almacenamiento; imágenes iniciales de la presa y luego del deslizamiento, también de la actualidad. Esquema de afectación del deslizamiento

es menor, debido a que su longitud generalmente también es menor; teniendo en cuenta su posible similitud en cuanto a construcción y proyección, los indicadores a evaluar son similares a los de la cortina.

2.8. Indicadores para evaluar la falla por deslizamientos en los taludes laterales naturales al embalse o vaso de almacenamiento

Los deslizamientos también pueden ocurrir en los taludes de las laderas circundantes al embalse, los cuales generalmente permanecen saturados, disminuyendo su estabilidad al producirse un sismo. Estas superficies pueden ceder y caer al interior del embalse provocando el ascenso del nivel de agua y oleajes que pueden sobrepasar el muro resistente de la estructura.

Para realizar una correcta evaluación del fenómeno es preciso tener en cuenta que estos tienen por constitución una parte sumergida y otra en estado natural, por tanto las consideraciones de los indicadores deben tomar en cuenta este elemento. De acuerdo a la literatura consultada, los indicadores.

- Tipos de suelo en los taludes laterales naturales (según sus propiedades físicas-mecánicas y acuíferas y su susceptibilidad al deslizamiento).

- Presencia de sales solubles (yesos, halitas, carbonatos) en el material que compone el dique.
- Limite relativo entre área sumergida y área no sumergida.
- Presencia y distribución de filtraciones primarias en el cuerpo del talud.
- Magnitud del movimiento sísmico esperado.
- Distancia del epicentro sísmico.
- Presencia de fallas geológicas en las proximidades e inmediaciones de la presa.
- Presencia de fisuración potencial primaria cuerpo del talud (agrietamiento)
- Valor y distribución de la fuerza de gravedad en el talud.
- Coeficiente sísmico regional.
- Grado de erosión natural.
- Presencia de estructuras o formas de contención a la erosión.
- Presencia de niveles freáticos cercanos al nivel medio del embalse en el talud.
- Valor de la pendiente en taludes.
- Presencia e inclinación en la vegetación que cubre el talud.
- Factor de deslizamiento potencial.

2.9. Indicadores para evaluar la falla por pérdidas generadas por el incremento de la filtración en la base rocosa del embalse debido a la disminución de la compactación de los materiales, agrietamiento y/o incremento de la porosidad

Sucede en presas ubicadas en zonas cercanas a límites tectónicos activos, sobre todo en zonas de rocas duras tectónicamente agrietadas, formándose en ellas carso del tipo en mesetas agrietadas, plegadas o falladas en estratos de rocas compactadas. La mayoría de las presas afectadas por este fenómeno, por lo general solo llegan a llenarse en muy escasas ocasiones durante su vida útil, por cuanto este fenómeno constituye una dificultad en el cumplimiento de los objetivos para los cuales fueron construidas. De acuerdo a la literatura consultada, los indicadores más comunes ante un evento sísmico son:

- Tipos de suelo en la base rocosa del embalse (según sus propiedades físicas-mecánicas y acuíferas).
- Presencia de sales solubles (yesos, halitas, carbonatos) en el material que compone la base rocosa del embalse.
- Presencia y distribución de filtraciones primarias en la base del embalse.
- Acumulación de sedimentos en el fondo del embalse (nivel de azolve).
- Magnitud del movimiento sísmico esperado.
- Distancia del epicentro sísmico.
- Presencia de fallas geológicas en las proximidades e inmediaciones de la presa.
- Grado de fracturación en la base rocosa del embalse.
- Presión hidrostática vertical.
- Coeficiente sísmico regional.
- Presencia de formaciones cársticas.

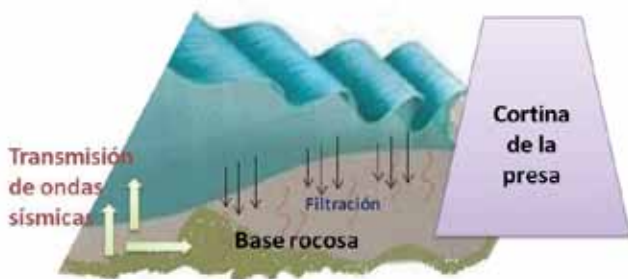


Fig. 14. Fallas por pérdidas generadas por el incremento de la filtración en la base rocosa del embalse debido a la disminución de la compactación de los materiales, agrietamiento y/o incremento de la porosidad

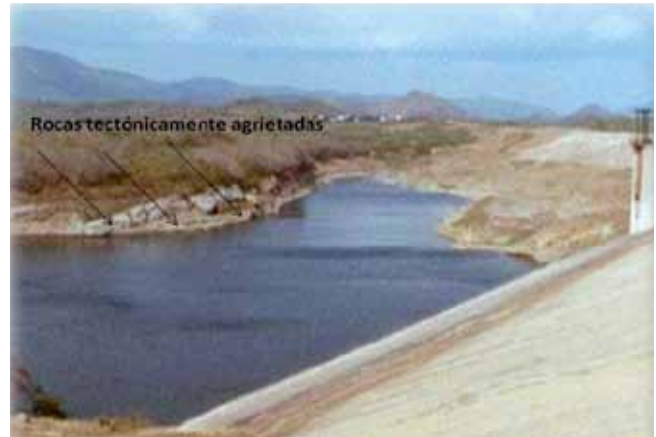


Fig. 15. Imagen de la Presa Parada en Santiago de Cuba. la base rocosa del embalse está agrietada debido a su cercanía a una zona sísmica activa

- Presencia de estructuras o formas de contención a la filtración (arcillas, geotextiles, etc.).
- Presencia de niveles freáticos cercanos en la base del embalse.
- Efecto de sitio.
- Factor de filtración potencial.

2.10 Indicadores para evaluar la falla por afectaciones a la obra de toma (Derrumbes, colapso, roturas, etc.)

En las presas de tierra la obra de toma se hace en forma de canales, túneles y/o galerías en las laderas, o de un túnel artificial sobre el lecho del río; generalmente también cuenta con tuberías y sus accesorios (té, válvulas, codos, entre otros), además de torres de control. Tanto en uno como en otro tipo de presas, deben llevar siempre doble sistema de cierre. Ya que estos conductos trabajan la gran mayoría a presión, al ser afectados por la actividad sísmica pueden ocurrir las siguientes fallas:

- Desplomes totales o parciales en el techo y paredes de los túneles o galerías debido a los impactos de ondas sísmicas.
- También pueden producirse agrietamientos o aberturas causados por las ondas y vibraciones que se transmiten por medios acuáticos y terrestres en las galerías y/o túneles.
- Fallas por asentamiento del túnel y/o galería.
- Producto a las contracciones esto puede conllevar al colapso estructural del conducto soterrado (galerías y/o túneles).
- En el caso de las tuberías que forman partes que componen la obra de toma, llegan a dislocarse produciéndose rupturas, colapsos y averías dañando la estructura de obra.



16. Falla por afectaciones a la obra de toma (Derrumbes, colapso, roturas, etc.). Vista de la Tubificación alrededor de las tuberías de la obra de toma (izquierda). Vista de la rotura anterior, desde el talud aguas abajo, (derecha). Dirección General del Agua de la Conselleria de Medi Ambient, Aigua, Urbanisme i Habitatge. Universidad Politécnica de Valencia, Universidad Jaume I de Castellón (2009)

- En el caso de los canales puede ocurrir agrietamiento, con incremento de la filtración y debilitamiento de taludes laterales y/o deslizamientos de la base.

El posible fallo de una estructura soterrada en la obra de toma de una presa, por ejemplo, puede acarrear consigo la inutilización del embalse o la destrucción de la obra como tal, pudiendo producir grandes pérdidas a la economía e incluso de vidas humanas. De acuerdo a la literatura consultada, los indicadores más comunes ante un evento sísmico son:

- Tipos de suelo en la base de la obra de toma (según sus propiedades físicas-mecánicas y acuíferas).
- Presencia de sales solubles (yesos, halitas, carbonatos) en el material que compone el dique.
- Acumulación de sedimentos en el fondo del embalse (nivel de azolve).
- Magnitud del movimiento sísmico esperado.
- Distancia del epicentro sísmico.
- Presencia de fallas geológicas en las proximidades e inmediaciones de la presa.
- Grado de fracturación en la base rocosa de la obra de toma.
- Tubificación en el exterior de las tuberías de entrada y salida de la obra de toma.

- Agrietamiento primario en conductos de la obra de toma.
- Estado técnico constructivo de las partes componentes de la obra de toma.
- Tensiones probables en las cimentaciones, conductos y elementos hidráulicos de la obra de toma ante el impacto de un sismo (sumatoria de las fuerzas de inercia impacto ante un sismo que incluyen la carga sísmica en la parte sumergida).
- Coeficiente sísmico regional.
- Efecto de sitio.
- Factor de colapso de la obra de toma.

3. Algunas consideraciones generales para la introducción de los indicadores enunciados

De acuerdo a la literatura consultada varios autores (Calderín, 2002; et al; NC-46:1999, entre otros) coinciden en que para las presas de gravedad uno de los indicadores esenciales en su diseño, construcción y evaluación es el coeficiente sísmico regional, el cual depende de la aceleración sísmica potencial de impacto y el valor y distribución de la fuerza de gravedad en la cortina. Para la determinación se realiza por la siguiente formulación:

$$\lambda = \text{aceleración sísmica} / \text{aceleración de la gravedad}$$

Indicador	Grado de evaluación			
	Bajo	Moderado	Alto	Muy alto
Valor de la aceleración sísmica (m/s ²)	Menor que 150	Entre 150 y 200	Entre 200 y 250	Mayor que 250

Tabla 1. Valores considerados para la aceleración sísmica según NC 49:1999, y los niveles de peligro propuestos por Galbán, 2012

Indicador	Grado de evaluación			
	Bajo	Moderado	Alto	Muy alto
Valor de la pendiente topográfica	Entre 0 y 15 %	Entre 15 al 25 %	Entre 25 y 45 %	Más del 45 %

Tabla 2. Consideraciones para la influencia de la pendiente topográfica. Según Galbán, 2012

Los suelos y las rocas se clasifican en función del fenómeno que les dio origen así como por los minerales contenidos. De ahí que, conocer los diversos tipos de litologías que están presentes en el área de estudio, permitirá evaluar el posible comportamiento que puedan tener las ondas sísmicas a su paso por estas teniendo en cuenta sus propiedades físico-mecánicas (nivel de comparación, agrietamiento, porosidad, humedad, entre otras) y acuíferas, las que expresan en su conjunto determinados niveles de susceptibilidad litológica. Una aproximación a la determinación de la susceptibilidad geológica fue ofrecida por Galbán (2014).

Existen algunas reglas para definir preliminarmente si un suelo tiene posibilidad de licuefactar. Bieri et al (1984) mencionan que las arenas limpias y los suelos conteniendo más de 40 % de finos (<0,074 mm), y limos no plásticos son potencialmente licuefactables. Se indican que las arcillas generalmente no tienen problemas, a menos que el contenido de agua natural sea mayor que 0,9 veces el límite líquido; y que el límite líquido sea menor de 35 %.

La presencia de sales solubles (yesos, halitas, carbonatos) en el material que compone la cortina es un elemento que puede acelerar los procesos de licuación al incrementar la acidez relativa del agua contenida en los poros, por tanto inciden en el incremento de posibilidades de ocurrencia de deslizamientos y fenómenos de tubificación.

El valor de la pendiente topográfica es un elemento que incide en la actuación de la fuerza de gravedad en el fenómeno de deslizamiento en las zonas de taludes, pues mientras mayor es la pendiente, mayor actuación tendrá la fuerza de gravedad en conjunto a otros factores que también actúan en los deslizamientos. Para la consideración de este elemento se asume la proposición realizada por Galbán (2012).

Para medir el valor de los asentamientos se toman como referencia la cota de corona inicial de proyecto y cota de corona diseñada producto a los asentamientos. Esta medición se realiza por métodos topográficos. La experiencia práctica indica que cuando los asentamientos experimentados por la

cortina de la presa sobrepasan el diseñado luego de pasado el tiempo, este elemento constituye un factor de preocupación, pues existe la posibilidad de asentamientos primarios en la cortina de la presa debido igualmente a deslizamientos primarios en taludes aguas arriba y/o aguas abajo de la cortina por procesos de licuefacción y sifonamiento mecánico.

La presencia y distribución de filtraciones primarias en el cuerpo de la cortina se mide observando el comportamiento piezométrico de la Cortina (m), que verifica el nivel y distribución de las filtraciones, de manera que permite observar si existen variaciones o alteraciones no programadas de la velocidad y profundidad flujos de agua previamente concebidos en el proyecto. En caso de no existir o ser deficiente la cantidad de sondeos, que se recomienda el empleo de métodos geoeléctricos y geomagnéticos para su verificación.

La acumulación de sedimentos en el fondo del embalse (nivel de asolve) incide en la disminución de los deslizamientos, sobre todo, cuando su potencia es significativa, debido a que tiende a oponer resistencia al material que probablemente pueda deslizarse del talud aguas arriba de la presa.

Para la evaluación fallas activas y grietas en el terreno ante la ocurrencia de deslizamiento, está dada sobre todo en el hecho de que estas constituyen zonas débiles en superficie donde se producen incrementos de la intensidad sísmica, son zonas también donde se pueden producir movimientos diferenciales por constituir planos activos para los deslizamientos.

Las tensiones probables en el cuerpo de la cortina ante el impacto un sismo están dadas por la sumatoria de las fuerzas de inercia impacto:

- La fuerza de empuje hidrostático.
- Fuerza desubpresión hidrostática.
- Fuerza intersticial del agua contenida en los materiales de la cortina y la cimentación.
- La fuerza sísmica.

Las oscilaciones provocadas por las ondas sísmicas o vibraciones de sitio (también llamado efecto de sitio), inciden en la

estabilidad de la obra y además de provocar deslizamientos en los taludes de la cortina, pueden manifestarse diversas fallas como es asentamientos diferenciales en aliviaderos, en los canales, obra de toma y en las inmediaciones de estas obras debido el efecto cíclico del impacto en un período de tiempo. Según Galbán (2012), para el análisis del efecto de sitio, los análisis de respuesta dinámica del suelo deben realizarse a través de métodos microsísmicos, utilizando por lo menos tres historias de movimiento en función del tiempo, representativas de cada una de las diferentes fuentes sismogénicas que sean relevantes para el sitio de estudio y que sean compatibles con los niveles de peligro sísmico para el sitio.

Perfil tipo	Ks
Grupo I. Duras y estables.	0,67
Grupo II. Rocas semiduras, semi estables.	0,89
Grupo III. Suelos arenosos, no cohesivos.	1,12
Grupo IV. Suelos arcillosos cohesivos	1,33
Grupo V. Suelos blandos	1,5

Nota: Ks = coeficiente de sitio que se toma en función del perfil del suelo

Tabla 3 Coeficiente de sitio estimado en la NC-46:1999 adaptado para los suelos propuestos por Galbán (2012)

El tipo y estado técnico constructivo de los recubrimientos de la cortina en los taludes aguas arriba y aguas abajo inciden en la vulnerabilidad.

La vulnerabilidad sísmica estructural de las construcciones está dada por elementos relacionados a los estados técnicos constructivos y se evalúa, teniendo en cuenta las diferentes patologías constructivas, expresándose los estados. Para

los estados es frecuente adoptar cuatro niveles o estados de daño que pudieran sufrir estas edificaciones y obras de infraestructura (Cardona, 2003):

- E1 = no daños
- E2 = daños leves; operativo
- E3 = daños reparables; no operativo
- E4 = daños graves o ruina; fuera de servicio

El agua contenida en el manto freático es un agente extremadamente destructivo cuando las ondas sísmicas impactan los suelos y las rocas, provocando el fenómeno conocido como licuefacción. Su influencia se expresa según la tabla 4.

Profundidades de niveles freáticos (m)	Categorías
0 a 3	Alta
3 a 10	Medio
10 a 15	Baja
Mayor de 15	Muy Baja

Tabla 4. Influencia por profundidades de los niveles freáticos en el fenómeno de la licuefacción. Adaptado del Japan Working Group, 1993

El terreno cársico tiene menos resistencia a la presión de carga, es más susceptible a colapsarse, ya que la masa de roca está en un proceso continuo de disolución. Para la evaluación del desarrollo cársico se deberá tener en cuenta el índice de susceptibilidad cársica propuesto por Galbán (2012) (tabla 5).

Los aliviaderos en ocasiones incluyen compuertas, su tipo y estado técnico constructivo es un indicador que influye en la vulnerabilidad, pues estas reciben el impacto del sismo en la estructura y además, el de la masa oscilada de agua en el embalse; determinar su resistencia estructural es un elemento clave.

Tipo de carso	(ISC)	Grado de evaluación
Zonas donde prácticamente no se manifiestan los procesos cársicos	0-0,25	Bajo
Mesetas diseccionadas que pueden ser mogotiformes	0,25 - 0,50	Moderado
Zonas muy falladas, diente de perro, lentes calcáreos en estratos vulcanógeno sedimentarios muy porosos y/o agrietados.	0,50 -0,75	Alto
Cuevas, cavernas, carso en meseta desarrollado en terrazas marinas, áreas de mogotes bien desarrollados, acantilados cársicos, etc.	0,75 - 1	Muy alto

ISC: Índice de susceptibilidad cársica

Tabla 5. Consideraciones para la influencia de la susceptibilidad cársica. Según Galbán, (2012)

El correcto funcionamiento de las obras de toma depende en gran medida de la estructura que se diseña, la cual independientemente de su dimensionamiento hidráulico exige un correcto diseño estructural, donde se contemplen todas las posibles cargas actuantes, tanto en su período de construcción como de operación.

Otras consideraciones pueden introducirse a partir de los valores expresados a continuación:

Indicador	Grado de evaluación			
	Bajo	Moderado	Alto	Muy alto
Distancia al epicentro	Más de 500 km	Entre 500 y 250 km	Entre 250 y 50 km	Menos de 50 km

Tabla 6. Evaluación del peligro por distancias epicentrales según Galbán, 2012

Variable	Grado de evaluación			
	Bajo	Moderado	Alto	Muy alto
Presencia de estructuras tectónicas activas	En ubicaciones alejadas del área seleccionada (más de 300 km ²)	En las cercanías a la ubicación seleccionada (entre 50 y 300 km ²)	En las proximidades a la ubicación seleccionada (entre 5 y 50 km ²)	En las inmediaciones de la ubicación seleccionada (menos de 5 km ²)

Tabla 7. Consideraciones para la influencia de las fallas tectónicas activas y/o diaclasamiento. Según Galbán, 2012

Variable	Grado de evaluación			
	Bajo	Moderado	Alto	Muy alto
Agrietamiento primario del terreno (%)	Menor que 3	Entre el 3 y 10	Entre el 10 y 30	Más de 30

Tabla 8. Consideraciones para la influencia de las grietas en zonas de taludes para peligro a deslizamiento. Según Galbán, 2012

Tipos de los recubrimientos	Potencialidad para deslizamientos
Hormigón armado	Bajo
Escolleras	Moderado
Enrocamiento con o sin gravas	Alto
Recubrimiento con capa vegetal	Muy alto

Tabla 9. Proposición para las consideraciones para la influencia de los recubrimientos en la ocurrencia de deslizamientos, tubificación, licuefacción en la cortina de una presa

Conclusiones

- La información disponible con relación al comportamiento de una presa de tierra durante las sacudidas sísmicas a nivel internacional es escasa, por cuanto se hace necesario encontrar nuevas vías para evaluar la vulnerabilidad que estas presentan ante los sismos.
- Se introducen distintos indicadores para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las presas de tierra construidas teniendo en cuenta las distintas causas de fallo identificadas en la literatura internacional.

Recomendaciones

A cada indicador se le deben definir valores umbrales, es decir, valores críticos dentro del rango de variación del indicador, los que sirven para declarar los estados de vulnerabilidad. Con esto se significa que esta constituye una primera etapa en la investigación, lo que está en correspondencia con niveles de profundización posteriores. **ROP**

Referencias

- Alonso Batista, R. 2009. Estudio de peligro y efecto sísmico para la presa Melones, municipio Mayarí, provincia Holguín. Trabajo de diploma. Facultad de Ingeniería. Universidad de Holguín. Cuba.
- Armas Novoa, R. y Horta Mestas, E. 1987. "Presas de Tierra". Editorial ISPJAE, Habana, Cuba.
- Armas Novoa, R.; González Haramboure, 2003. "Desastres Originados por Fallos en Presas de Tierra. ¿Cómo Evitarlos?" VI Congreso Internacional sobre Desastres, 2003.
- Barreda T., Ángel. 2008. "Apuntes Estática Tema III-Asignatura: Estática de los Sólidos y los Fluidos". Facultad de Construcciones. Universidad de Oriente. Cuba.
- Benedetti D.; Petrini V. 1984. "Sulla vulnerabilità sísmica di edifici in muratura: Proposte di un método di valutazione, L'industria delle Costruzioni". Vol. 149, pp. 66-78, Roma, Italia.
- Caballero, C. 2010. "Aspectos Sísmicos de Presas. Verificación a la Estabilidad Dinámica de la Presa Las Tunas". VI Congreso Argentino de Presas y Aprovechamientos Hidroeléctricos". Argentina.
- Calderín, F. "Evaluación de la seguridad sísmica de los edificios de hormigón armado". Tesis doctoral, Archivos Facultad de Construcciones, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba. 2002.
- Carmona S., Juan. 2011, "Curso: Seguridad y Riesgo en la ingeniería de presas". Universidad Nacional de San Juan. Puerto Rico.
- Colectivo de Autores. 2001. "Diseño Hidráulico de Aliviaderos para Presas Pequeñas". Editorial: Félix Varela, La Habana, Cuba.
- Colectivo de Autores. 2001. "Diseño Hidráulico de Aliviaderos para Presas Pequeñas". Editorial: Félix Varela, La Habana, Cuba.
- FEMA. 2013. Federal Guidelines for Dam Safety: Earthquake Analyses and Design of dams. <http://www.fema.gov/media-library/assets/documents/2482>
- Fournier, d'Albe E. M. 1985. "The Quantification of Seismic Hazard for the Purposes of Risk Assessment",

International Conference on Reconstruction, Restoration and Urban Planning of Towns and Regions in Seismic Prone Areas, Skopje.

- Galbán Rodríguez, Liber et al. 2012. "Geología básica aplicada". Elementos básicos de la ingeniería geológica aplicados a la ingeniería civil e hidráulica. Editorial Académica Española. ISBN: 978-3-659-04793-0 Madrid. Spain.

- Galbán Rodríguez, Liber et al. 2012. "Indicadores más comunes en la evaluación de riesgos geológicos. Indicadores cualitativos y cuantitativos para la evaluación de peligro, vulnerabilidad y riesgos geológicos". Editorial Académica Española. ISBN: 978-3-8484-6869-0 Madrid. Spain.

- Gómez López de Munain, René. 2008. "Geocondicionantes de presas y embalses". Comité Nacional Español de Grandes Presas, España.

- IITK-GSDMA. 2007. "Guidelines for Seismic Design of Earth Dams and Embankments", Indian Institute of Technology Kanpur, India.

- Metodología para modelar el riesgo sísmico considerando los pesos de las variables determinantes, L. Galbán Rodríguez, E. Quiala Ortiz and R. Guardado Lacaba.

- NC 46:1999 – "Construcciones sismoresistentes. Requisitos básicos para el diseño y construcción". Oficina

Nacional de Normalización. Cuba. <http://moodle.uho.edu.cu/mod/resource/view.php?inpopup=true&id=6315>.

- Ochoa Rivera, Juan. C. 2006. "Diseño de planes de emergencia de obras hidráulicas ante su riesgo de fallo – teoría y caso de estudio". Universidad Nacional de Colombia, Colombia.

- Pérez Franco, A. 2001. "Filtración no lineal permanente a través de presas de tierra y enrocamiento", Revista Ingeniería Hidráulica, Vol. V N°3, página (352-367), 1984.

- Pérez Monteagudo. F. 2003. "Introducción a la Ingeniería Hidráulica Ambiental"; Editorial Félix Varela, La Habana. Cuba.

- Sherard, J. L.; R, J, Woodward; S, F, Gizienski, y W, A, Clevenger. 1963. "Earth and Earth – Rock Dams". Jhon Wiley and Sons, Inc., New York, USA.

- Spence, R.J. 1990. "Seismic Risk Modeling - A review of Methods", contribution to "Velso il New Planning", University of Naples, Papers of Martin Centre for Architectural and Urban Studies, Cambridge.

- The japanese geotechnical society. 1999. "Manual for zonation of seismic geotechnical hazards (Revised version)". ISBN: 4-88644-809-7.

- Venegas Conrados, F. José. 2011. "Respuesta sísmica reciente en balsas de relaves chilenas y presas de material suelto". Tesis de Maestría, Universidad Politécnica de Madrid. España.

+ 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

Análisis No Lineal *Pushover* de un edificio público de 5 pisos rigidizado mediante pórticos espaciales dúctiles de hormigón armado



Dr. Ing. Eduardo Rafael Álvarez Deulofeu

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



MSc. Ing. José María Ruiz Ruiz

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

Ing. Eydol Andrial Martínez

Empresa Constructora Guantánamo, GUANCO, Guantánamo, Cuba

Resumen

Se evalúa el desempeño de un edificio público de cinco niveles rigidizado mediante pórticos espaciales dúctiles de hormigón armado a construir sobre suelo rígido en la zona de mayor peligrosidad sísmica de Cuba para los niveles de demanda sísmica especificados en la nueva propuesta de norma sísmica NC 46:2014, haciéndose una comparación con la norma vigente NC 46:1999. Los niveles de desempeño se determinan del análisis estático no lineal por el método de espectro de capacidad. Se emplea el SAP2000 utilizando la opción de articulaciones plásticas generadas por el programa a partir de un modelo experimental del acero cubano G-40.

Palabras clave

Pushover, Análisis Estático No Lineal, Análisis No Lineal, Diseño Estructural por Desempeño, Diseño Sismorresistente, Edificios Públicos

Abstract

An evaluation is made of the performance of a five-storey public building stiffened by ductile reinforced concrete space frames to be built on stiff soil in the area of greatest seismic hazard in Cuba for the levels of resistance specified in the new draft of the Cuban earthquake resistant design code NC 46:2014. The levels of performance are determined by non-linear static analysis using the capacity spectrum method. The frame is modelled by SAP2000 using the plastic hinge option generated by the programme on the basis of an experimental model of Cuban G40 steel.

Keywords

Pushover, Non-linear Static Analysis, Performance based Structural Design, Earthquake-resistant design, Public Building

Introducción

El diseño de estructuras de hormigón armado para disipar energía mediante deformaciones plásticas, no concluye con el juicioso detallado, la disposición y cuantías del acero de refuerzo recomendadas para el diseño en zonas de alta peligrosidad sísmica; será necesario obtener la capacidad portante real del edificio y evaluar el real desempeño ante acciones sísmicas para los niveles de peligrosidad y características del suelo especificados en los reglamentos, aún en el caso que se hayan respetado estrictamente las recomendaciones especiales de diseño.

Para la evaluación del desempeño de un edificio y la obtención de la curva de capacidad portante se comprueba que resulta apropiado la aplicación del Análisis No Lineal (*Pushover*), mediante el cual se determina el mecanismo de fallo de la

estructura portante a partir de formación de articulaciones plásticas. El análisis estático no lineal aplicado a un edificio que ha sido diseñado por el Método de Cálculo de la Capacidad Resistente Límite permite además estimar el nivel de ductilidad alcanzado durante su desempeño sísmico; siendo posible predecir su nivel de daños. Esto permite ajustar el diseño estructural y llegar a conclusiones acerca del alcance de la respuesta sísmica del edificio proyectado, conduciendo a recomendaciones relacionadas a su construcción.

Materiales y métodos

Modelación Estructural del Edificio

Se utiliza el SAP2000 NL en su versión 11.0 para evaluar el desempeño estructural de un edificio público de cinco pisos, rigidizado a cargas horizontales mediante pórticos

espaciales dúctiles de hormigón armado. El edificio tiene 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 NC46:2014 se corresponde con los parámetros físico-mecánicos de un perfil de suelo rígido. El edificio se ubica en la ciudad de Santiago de Cuba, la zona de mayor peligrosidad sísmica del país según la NC46:2014. De acuerdo al uso, la norma sísmica cubana lo clasifica como obra ordinaria (categoría II). El nivel mínimo de protección sísmica para este tipo de obra en Santiago de Cuba se alcanza para un sismo ordinario o básico con un período de recurrencia de 310 años, el cual acepta una probabilidad de excedencia de un 15 % para obras con períodos de vida útil de 50 años. Para este sismo de cálculo deben esperarse en la ciudad de Santiago de Cuba aceleraciones máximas del terreno de aproximadamente 0,3 g para el perfil de suelo D.

Método de Análisis Estático No Lineal (Pushover)

Métodos de análisis no lineal. Actualmente existen dos tipos de análisis sísmico inelástico: Análisis Dinámico o Historia de Respuesta en el Tiempo (NLRHA) y Análisis Estático no Lineal (*Pushover*). El primero es más riguroso y complicado de realizar y sus resultados se consideran más veraces; además permite conocer la variación de cualquier respuesta

de la edificación (desplazamientos de piso, derivas, fuerza cortante, etc.) en el tiempo, pero debido a su complejidad es menos utilizado; en contraste, el Análisis Estático No Lineal o *Pushover*, descrito en algunos documentos como FEMA273 o ATC40 resulta más simple por lo que su uso es más frecuente.

Método de análisis estático no lineal (*Pushover*). El *Pushover* es un método aproximado que consiste en empujar lateralmente al edificio mediante una distribución de cargas horizontales, controlando el proceso a través de las cargas aplicadas o de las deformaciones del edificio. El proceso se realiza paso a paso teniendo en cuenta el comportamiento no lineal del edificio, detectando la iniciación de la fluencia, las plastificaciones de sus elementos y la formación del mecanismo de colapso (fig. 1).

El *Pushover* evalúa la capacidad de la estructura para resistir las fuerzas y deformaciones por sismo, la cual se determina gráficamente y requiere la construcción de dos curvas:

- o Curva de capacidad de la estructura para resistir las fuerzas laterales (“Curva de Capacidad”).
- o Curva de demanda del movimiento del suelo (“Curva de Demanda”).



Fig 1. *Pushover*. Planteamiento conceptual (FEMA 1997)

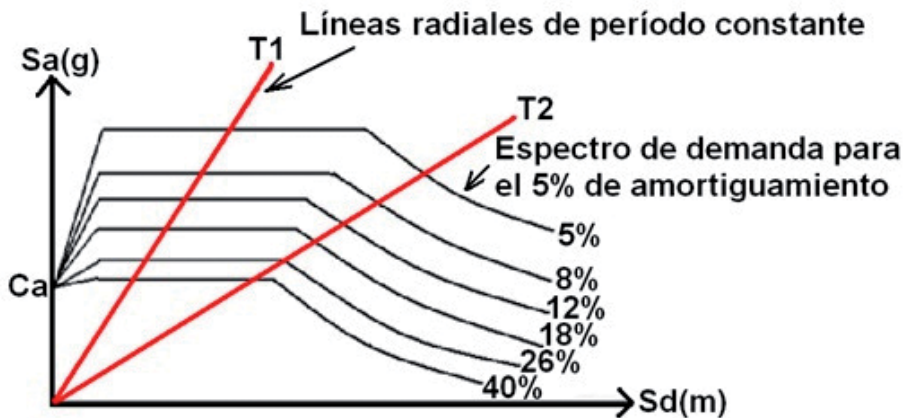


Fig. 2. Familia de espectros de demanda sísmica en formato ADRS

A partir de la representación de los espectros de capacidad y de demanda sísmica en un mismo gráfico, puede definirse el Método del Espectro de Capacidad como sigue: si el espectro de capacidad puede extenderse a través de la envolvente de la curva del espectro de demanda, el edificio sobrevive al sismo. La intersección de la curva de capacidad y la curva de demanda sísmica (fig. 2) para un valor de amortiguamiento apropiado que representa el valor de ductilidad asociado al punto de respuesta inelástica de la estructura se define como Punto de Desempeño (fig. 3).

El ATC-40 muestra tres diferentes métodos A, B y C para estimar la demanda sísmica; todos se basan en el mismo principio de la intersección de los espectros de demanda y de capacidad pero se diferencian en su implementación (Chopra et al, 1999). Estos métodos estandarizan y simplifi-

can el proceso iterativo que ha de seguirse para encontrar el punto de desempeño.

El código FEMA307 de 1998 plantea que “este método puede ser implementado a través de la iteración sucesiva de valores de desplazamientos de respuesta”. El desplazamiento inicial es estimado utilizando la rigidez inicial de la estructura y asumiendo una respuesta elástica para un 5 % del amortiguamiento crítico. La intersección del desplazamiento estimado con la curva idealizada fuerza/ desplazamiento determina un estimado corregido de la rigidez secante. El amortiguamiento viscoso efectivo es modificado en base al desplazamiento estimado. Esta modificación representa el incremento del amortiguamiento efectivo con la degradación histerética incremental. Las iteraciones continúan hasta que se obtiene una convergencia satisfactoria (fig. 4).

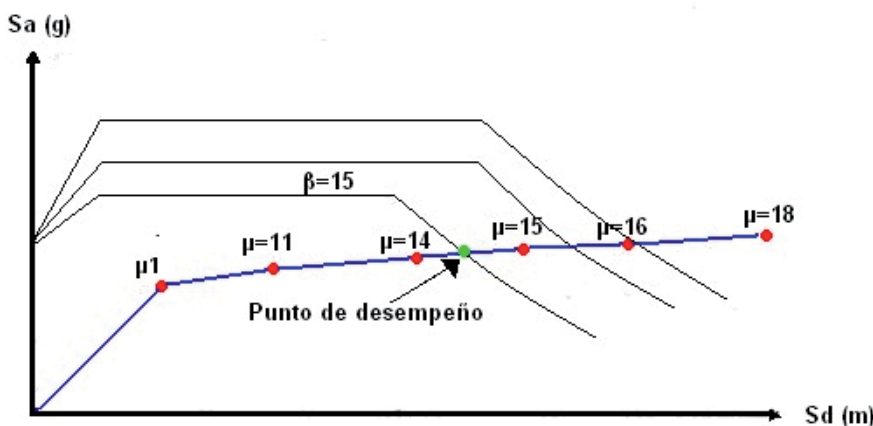


Fig. 3. Solución gráfica del punto de desempeño según el Método del Espectro de Capacidad

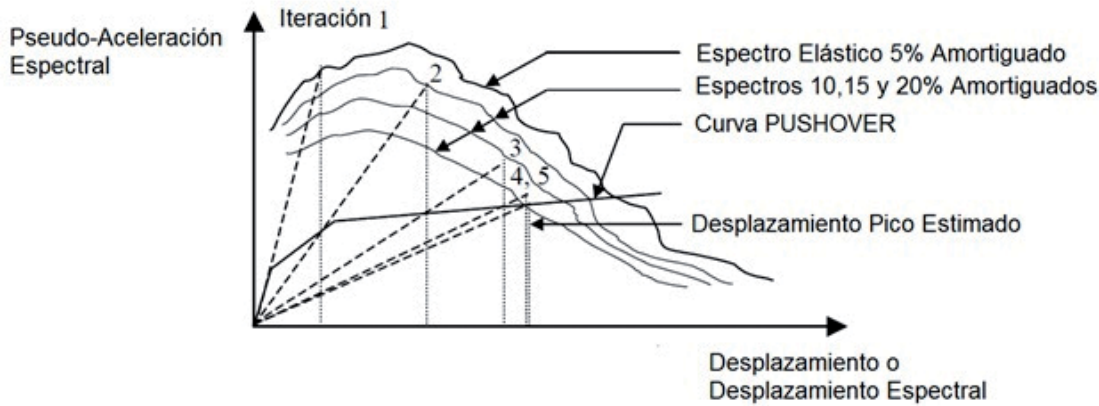


Fig. 4. Iteraciones sucesivas para estimar desplazamientos de respuesta usando CSM

Procedimiento de Cálculo

En este trabajo se utiliza el Método del Espectro de Capacidad (CSM) según el ATC40, el cual supone primero determinar la capacidad de la estructura considerando las propiedades inelásticas de las secciones de cada elemento del modelo, mediante un análisis estático no lineal. La capacidad se representa a través de la relación entre la fuerza cortante basal y el desplazamiento lateral del último nivel. La curva de capacidad se construye para representar la respuesta del primer modo basándose en la suposición de que este sea el que predomina en la respuesta. Así para el Análisis Estático no Lineal *Pushover* se definieron tres casos de cargas *Pushover*:

- i. Cargas gravitatorias sobre la estructura: (GRAV)
- ii. Carga horizontal en la dirección del eje X: (ACASE1)
- iii. Carga horizontal en la dirección del eje Y: (ACASE2)

Siendo X e Y las direcciones principales del edificio y la opción definida por el usuario para el análisis de *Pushover* de establecer un desplazamiento total límite en el último piso, para una distribución vertical de las cargas horizontales proporcionales al primer modo de oscilación de la respuesta cuasi-elástica de la estructura, lo cual se corresponde con el procedimiento estandarizado en el código sísmico cubano (Método Estático Equivalente), del cual parte el método de diseño utilizado para el diseño sismorresistente por capacidad de la estructura analizada.

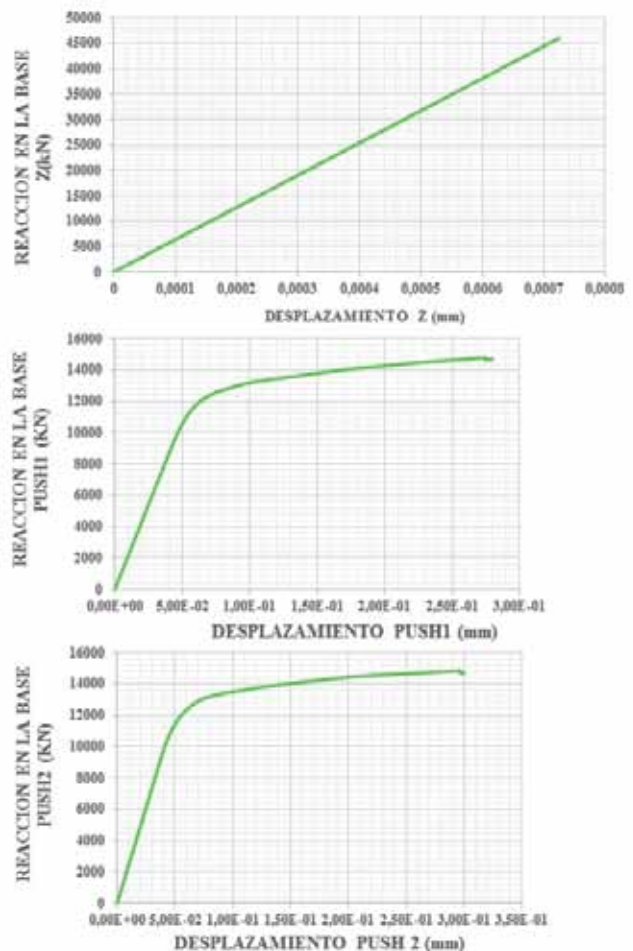
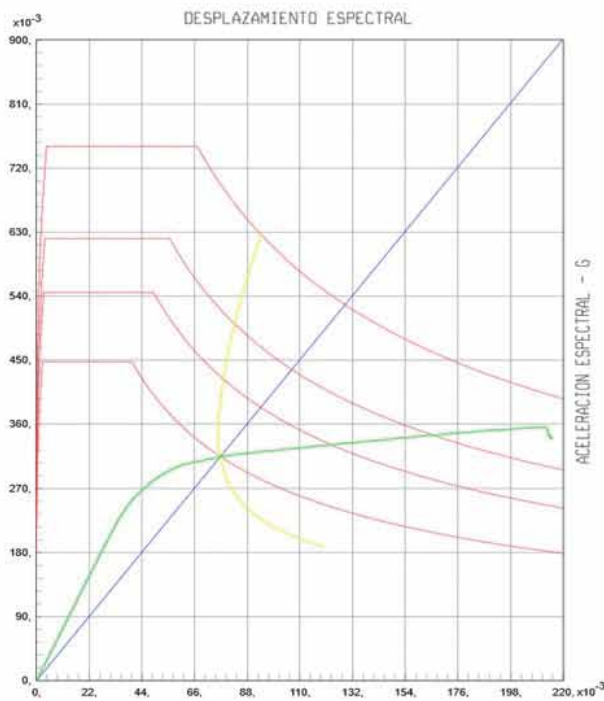
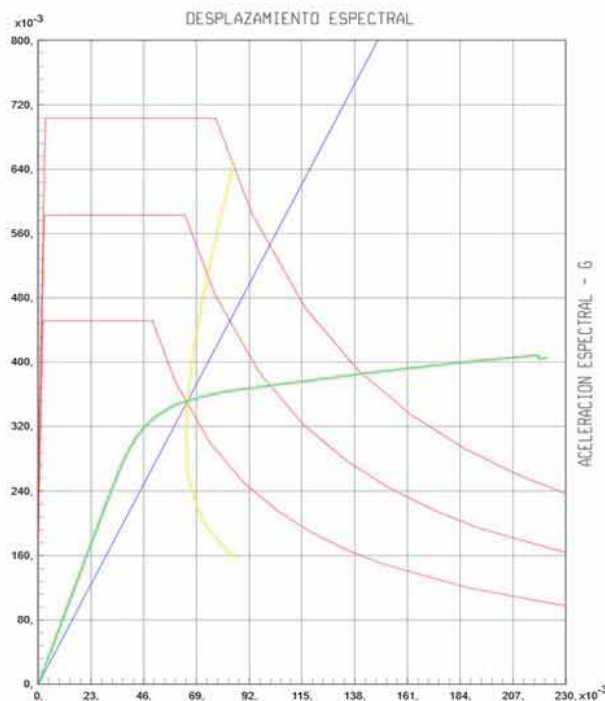


Fig. 5 Curvas de capacidad

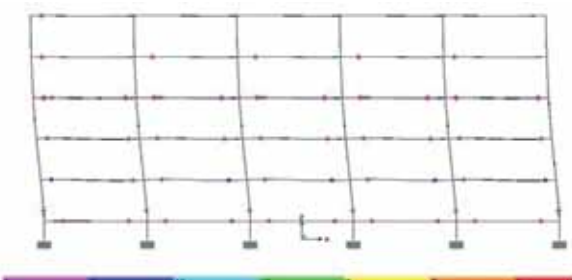


Norma Vigente NC 46:1999

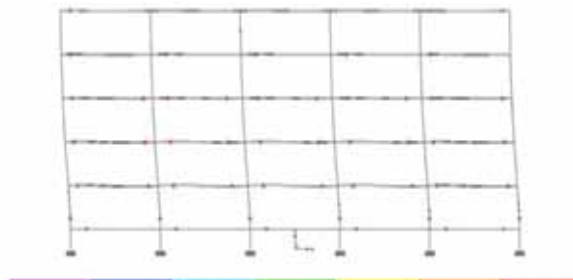


Nueva Propuesta NC 46:2014

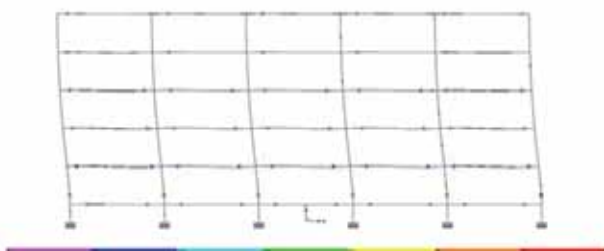
Fig. 6. Punto de desempeño. Sismo Ordinario PUSH 1



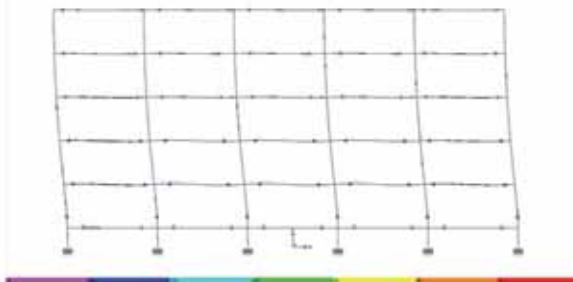
PUSH 1 - NC 46:1999



PUSH 1 - NC 46:2014 - Sismo Ordinario



PUSH 1 - NC 46:2014 - Sismo Severo



PUSH 1 - NC 46:2014 - Sismo Extremo

Fig. 7. Estado deformado para el punto de desempeño

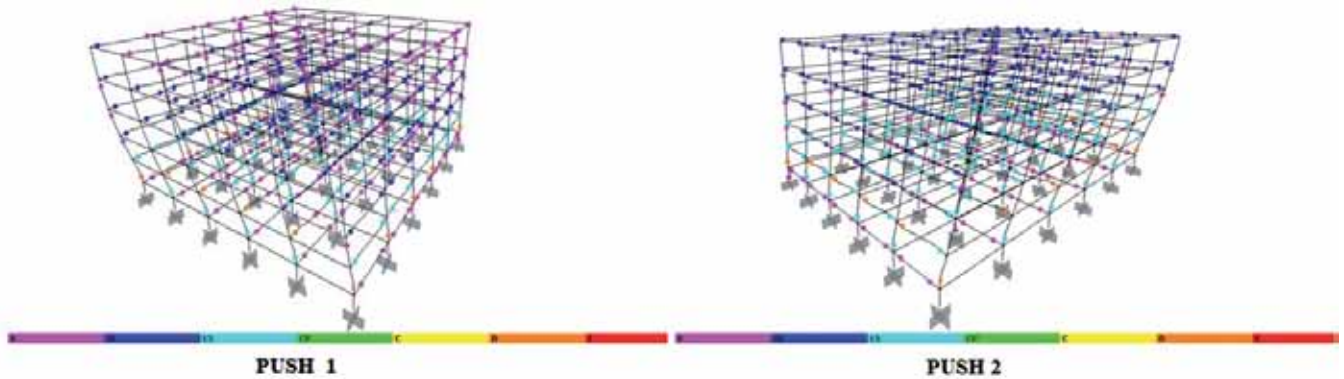


Fig. 8. Mecanismo de fallo de la estructura

Resultados y discusión

Resultados del Análisis Pushover

El análisis *Pushover* permitió evaluar el comportamiento estructural del edificio basado en el desempeño para los dos tipos de espectros objetos utilizados. Así se obtuvieron las curvas de capacidad (fig. 5) y los espectros de capacidad y demandas sísmicas (fig. 6) por el método CSM como resultado del análisis de los estados deformados (fig. 7), donde se consideran las deformaciones inducidas por los sismos ordinario, severo y extremo según la nueva propuesta de norma sísmica cubana NC46:2014 en un perfil de suelo D y las deformaciones inducidas por el sismo de diseño según la norma vigente NC46:1999 para un perfil de suelo S2, así como evaluar la influencia del efecto de segundo orden P-Delta para el primer caso. Se realiza también una evaluación de las reservas de capacidad de la estructura a partir del mecanismo de fallo obtenido de la aplicación del *Pushover* (fig. 8).

Evaluación del Diseño Estructural basado en el Desempeño

El análisis *Pushover* permitió evaluar los parámetros fundamentales que gobiernan el desempeño. Se corrobora la no influencia de los efectos de segundo orden P-delta en la capacidad de la estructura. Para los análisis realizados el punto de desempeño está caracterizado por los valores resumidos en la tabla 1. Según la matriz de daño recomendada por la NC46:2014 y los resultados ofrecidos por el SAP2000 versión 11.0 se pudo conocer y ubicar a la estructura en el desempeño esperado en el cual se encontrará después del evento sísmico. Para los niveles de demanda especificados se puede afirmar que

la estructura presenta un diseño estructural conservador de acuerdo a los límites de deformación empleados como criterio de aceptación para asignar a la estructura un nivel de desempeño (ATC40, 1996).

Los resultados en la tabla 1 suponen que el desempeño de la estructura según la NC46:1999 es adecuado pues se manifiestan niveles consecuentes con la matriz de daño recomendada por la NC46:2014 para los distintos niveles de peligrosidad analizados según el uso y la importancia de la obra. Los cortantes basales ofrecidos por el programa para los puntos de desempeño según la NC 46:1999 y la nueva propuesta NC 46:2014 resultan superiores a los cortantes de diseño (la diferencia está en el orden del 90 %). Así de la comparación de la capacidad alcanzada para el punto de desempeño con la capacidad de diseño obtenida del método del espectro de respuesta resulta una considerable reserva de capacidad de la estructura ante eventos que superen el sismo de cálculo que establece la norma.

Conforme a las reflexiones anteriores el desempeño de la estructura manifiesta niveles de ductilidad inferiores al considerado en el diseño a través del factor de reducción global $R_d=4,5$ para la tipología adoptada (pórtico espacial dúctil de hormigón armado). Los resultados del *Pushover* demuestran que el edificio dispone de una suficiente reserva de ductilidad sin disminución de su capacidad para el sismo de diseño según la norma vigente y los espectros de demanda para sismos ordinarios y severos según la nueva propuesta de norma (valores de μ entre 2,99 y 4,25), lo que permite suponer un desempeño estructural adecuado ante eventos sísmicos que pudieran exceder

Pushover	V (KN)	D (m)	Sa (%g)	Sd (m)	T _{eff} (S)	β _{eff} (%)	μ	ND
Sismo de Diseño NC 46:1999								
Push 1	13136,41	0,096	0,314	0,077	0,991	0,254	3,97	LS
Push 2	13411,42	0,089	0,319	0,071	0,950	0,264	4,02	LS
NC 46:2014								
Sismo Ordinario								
Push 1	12750,74	0,081	0,352	0,065	0,863	0,221	2,99	IO
Push 2	13076,68	0,076	0,358	0,061	0,829	0,22	3,18	IO
Sismo Severo								
Push 1	13133,21	0,097	0,361	0,078	0,931	0,258	3,97	O
Push 2	13381,66	0,091	0,367	0,074	0,901	0,271	4,25	O
Sismo Extremo								
Push 1	13500,72	0,124	0,370	0,099	1,04	0,311	5,25	LS
Push 2	13701,53	0,117	0,374	0,095	1,01	0,321	5,52	LS

Tabla 1. Resultados del *Pushover*

los valores de aceleraciones máximas del terreno establecidas en la norma sísmica cubana para la ciudad de Santiago de Cuba, mientras que para un sismo extremo supera la demanda de ductilidad para la que fue diseñada ($\mu=5,25$ (x), $\mu=5,52$ (y)).

Conclusiones

- 1) El diseño estructural basado en formulaciones de la norma neozelandesa garantiza niveles de desempeño que se corresponden con los exigidos por la nueva propuesta de norma sísmica cubana NC46:2014 para los niveles de peligrosidad establecidos.
- 2) Para los distintos niveles de demanda sísmica según la NC46:2014 se esperan daños por debajo de los límites establecidos para la edificación diseñada para el nivel de peligro establecido por la NC46:1999. Así resultan los niveles de desempeño de “Ocupación Inmediata” para el sismo ordinario, “Operativo” para el sismo severo y “Seguridad para la Vida” para un sismo extremo.
- 3) El desempeño de la estructura diseñada para la demanda sísmica según la norma vigente NC 46:1999 no resultó aceptable según la matriz de daños en la NC 46:2014 para los niveles de demanda analizados en función del uso y

la importancia de la obra. Según los análisis *Pushover* para el sismo de diseño establecido por la NC46:1999 se esperan niveles de daños superiores (“Seguridad para la Vida”) a los esperados para el sismo ordinario propuesto por la NC46:2014 (“Ocupación Inmediata”).

- 4) Las curvas de capacidad corroboran la influencia de la sobrerresistencia del acero G-40 según su modelo experimental, lo que se evidencia a través de incrementos de la capacidad de carga por encima de su valor de diseño y un acentuado incremento en la pendiente de la curva de capacidad para el comportamiento postelástico. Esto permitió alcanzar un nivel de desempeño aceptable según la nueva norma NC46:2014 pero no el perseguido por el diseño estructural.
- 5) El mecanismo de fallo obtenido del *Pushover* permite asegurar que se verifica el mecanismo de vigas supuesto para el diseño estructural de los pórticos, presentándose grandes rotaciones plásticas en las vigas de los pisos inferiores, con demandas de rotaciones plásticas que disminuyen para las vigas de los pisos superiores y que son mínimas en las vigas de la cimentación. El fallo queda determinado por grandes demandas de rotaciones plásticas en la base de las columnas del primer nivel. **ROP**

Referencias

- ACI318, Building Code Requirements for Reinforced Concrete (2008): ACI Committee 318. American Concrete Institute. Farmington Hills.
- Aguiar, R. (2003): Verificación del desempeño en el diseño sismorresistente. Centro de Investigaciones Científicas, Escuela Politécnica del Ejército. Ecuador.
- Applied Technology Council (1996): ATC40 Report The Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings, California, EUA.
- Applied Technology Council (2005): Improvement of nonlinear static analysis procedures, FEMA440, ATC. California, EUA.
- Chopra A., Goel R. (1999): Capacity-demand-diagram methods for estimating seismic deformation of inelastic structures: SDF systems. University of California. Berkeley, California, EUA.
- Chopra A., Goel R. (2001): A Modal Pushover Analysis Procedure to estimate Seismic Demands for

Buildings: Theory and Preliminary Evaluation. University of California. Berkeley, California, EUA.

- Del Re, G. (2006): Evaluación de los métodos de análisis estático no lineal para determinar el desempeño sísmico en estructuras aporticadas de concreto armado. Tesis de Maestría. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
- FEMA307 (1998): Evaluation of earthquake damaged concrete and masonry wall buildings. California, EUA.
- Frómeta, Z. (2009): Caracterización y evaluación de los aceros de refuerzo producidos por ACINOX Las Tunas para su empleo en zona sísmica. Tesis Doctoral. Universidad de Oriente. Santiago de Cuba, Cuba.
- NC46:1999 (1999): Construcciones sismorresistentes. Requisitos básicos para el diseño y construcción. Comité Estatal de Normalización. La Habana, Cuba.
- NC46:2014 (2014): Construcciones sismorresistentes. Requisitos básicos para el diseño y construcción. Comité Estatal de Normalización. La Habana, Cuba.



Apropiabilidad de las tecnologías industrializadas para la reconstrucción post-desastre de viviendas: Huracán Sandy, Santiago de Cuba



Ms C. Arq. Erly Arner Reyes
Departamento de Arquitectura y Urbanismo,
Facultad de Construcciones, Universidad de
Oriente, Santiago de Cuba



Dra. Arq. Coralina Vaz Suárez
Departamento de Arquitectura y Urbanismo,
Facultad de Construcciones, Universidad de
Oriente, Santiago de Cuba

Resumen

En el presente trabajo se analizan las ventajas del empleo de las tecnologías industrializadas en procesos de reconstrucción post-desastre a pesar de las problemáticas que ha representado su uso. Esto derivó la necesidad de un enfoque multidimensional para definir su carácter apropiado en dichas circunstancias, partiendo de las bases de la resiliencia y la sustentabilidad. El enfoque propuesto fue analizado en dos de las soluciones industrializadas que se llevan a cabo en la reconstrucción post-huracán Sandy en la ciudad de Santiago de Cuba

Palabras clave

Tecnologías apropiadas, tecnologías industrializadas, post-desastre, resiliencia, sustentabilidad

Abstract

The present article analyses the advantages of using industrialized technologies in post-disaster reconstruction processes in spite of the problems implied by their use. This then requires a multi-dimensional focus to establish its suitability under these circumstances, based on criteria of resilience and sustainability. The proposed focus has been analysed with respect to two industrialized solutions that are being applied in the reconstruction of the city of Santiago de Cuba following Hurricane Sandy.

Keywords

Appropriate technology, industrialized technologies, post-disaster, resilience, sustainability

I. Introducción

En la actualidad, la reconstrucción post-desastre se lleva a cabo en un escenario donde es creciente la manifestación de eventos naturales extremos y la exposición de las personas y los bienes [1]. En este marco, la representatividad de las pérdidas en el número de viviendas con el consecuente impacto social, hacen de la reconstrucción del fondo habitacional uno de los objetivos de la recuperación post-desastre. Al respecto, la selección de las tecnologías constructivas para llevarlo a cabo, constituye un pilar para el logro de dichos objetivos.

Muchos programas de ayuda internacional y los propios gobiernos, optan por tecnologías industrializadas ante la urgencia y las elevadas demandas de viviendas [2] [3], factores que llevan a evaluaciones en función del número

de viviendas producidas y no en términos de los beneficiarios [4]. Se busca darle solución al déficit, sin pensar en los moradores finales.

En Cuba, el empleo de tecnologías industrializadas para la reconstrucción de viviendas luego de impacto de eventos naturales extremos, y para la construcción de viviendas sociales, no ha estado libre de estas problemáticas.

En este sentido, es común encontrar detractores de las tecnologías industrializadas. Sin embargo, partiendo de las ventajas que puedan representar en circunstancias post-desastre y de la concepción de que las tecnologías no son un fin, sino un medio para lograrlo, se precisa un enfoque para evaluar su carácter apropiado en dependencia del contexto donde se emplee.



Fig. 1. Apropriabilidad de las tecnologías industrializadas para la reconstrucción post-desastre

II. Materiales y métodos

El movimiento de las tecnologías apropiadas surge en el contexto donde se definía el término de desarrollo sustentable acuñado en el informe Brutland, en la década de 1980.

Schumacher, en 1973 en su libro “Lo pequeño es hermoso”, fue uno de los pioneros en abordar el término de tecnología apropiada, cuyas características serían, entre otras, ser intensiva en mano de obra antes que en capital, la pequeña escala, la simplicidad tecnológica, el aprovechamiento de los recursos y materiales locales y más barata que la sofisticada, dotándola de una visión local o regional del desarrollo. Esta se centraba en los recursos humanos y prácticas existentes, que no generasen dependencias externas.

A la luz de esto, las prácticas seguidas supusieron abordar el desarrollo tecnológico mediante la recuperación de tecnologías antiguas o en desuso, mejorándolas si procedía; la simplificación de tecnologías modernas; la adopción de tecnología apropiada utilizada en otros países; o la invención directa de nuevas tecnologías apropiadas [5].

Es recurrente entonces, que al referir tecnologías apropiadas, se piense en tecnologías de pequeña escala, en comunidades rurales o indígenas, con enfoques ambientalistas, para personas de bajos ingresos y en desventajas sociales, con recursos y materiales estrictamente locales y que provengan de conocimientos muy arraigados en la comunidad, criterios que se contraponen a las tecnologías industrializadas. Sin embargo, no es un debate entre los sistemas tradicionales y los sistemas industrializados, se

trata es de identificar el enfoque más apropiado para cada situación. El que una tecnología deba ser sostenible en el tiempo no implica que deba ser simple o autóctona [5].

La industrialización no necesariamente supone una contradicción con el concepto de tecnologías apropiadas. La pequeña escala o la producción industrializada así como el uso o no de recursos no renovables, cuando se adoptan bajo un uso racional y responsable, centrado en atender las necesidades y calidad de vida de las mayorías, no se contraponen una a la otra.

A partir de esto no existen soluciones universales sino tecnologías apropiadas para cada contexto económico, natural y sociocultural. El carácter apropiado no es condición intrínseca de ningún tipo de tecnología, sino que es una cualidad que se adquiere o no, a posteriori, en dependencia del modo que satisface las necesidades locales donde se desarrolle [6]. Esto significa contribuir a la resiliencia y a la sustentabilidad (fig. 1), vista la resiliencia como uno de los enfoques más actuales de la gestión de riesgos, que implica la capacidad de hacer frente a los cambios que genere el evento, adaptarse a ellos de forma positiva y recuperar el funcionamiento superando las condiciones existentes antes del desastre sin perder la identidad. La resiliencia, estando dentro de los objetivos de la sustentabilidad [7], implica que las decisiones que se tomen ante la urgencia de las circunstancias, deben medir las consecuencias a largo plazo que no comprometan el desarrollo sustentable.

En los escenarios post-desastre, la combinación de las condicionantes existentes antes del evento y de los im-

pactos del evento mismo, marcan las particularidades o demandas a las cuales deben responder las tecnologías. De este modo, las tecnologías son apropiadas en la medida que se adapten y contribuyan a solucionar las demandas de la situación inmediata del post desastre, sin que a largo plazo los resultados obtenidos en la reconstrucción, generen otros impactos negativos ni comprometan la satisfacción de las necesidades y seguridad de las generaciones futuras, ya sean industrializadas o no.

A partir de esto, la selección de las tecnologías en los procesos de reconstrucción post-desastre debería estar dada por un análisis del contexto económico, sociocultural, ambiental y político e institucional [8] [9] [10]. Esto se sitúa la reconstrucción como un proceso de carácter multidimensional que abarca la adecuación al medio natural, sociocultural y económico.

Las características específicas del post-desastre, así como de las tecnologías industrializadas son el fundamento para plantear los requerimientos que marcan el carácter apropiado desde el enfoque multidimensional que se propone. Comenzando en lo tecnológico, es necesario la máxima productividad, mínimo tiempo de ejecución, asimilación de mano de obra no especializada, racionalización en las necesidades de transporte, independencia de equipos de izaje, independencia de fuentes de energía convencional en obra y demanda mínima de equipos e instalaciones complejas como requerimientos inmediatos, sin embargo a largo plazo es necesario la seguridad ante las amenazas locales y posibilidades de mantenimiento.

La dimensión económica propone bajos costos respecto a las tecnologías que se llevaban a cabo antes de la ocurrencia del desastre y la asequibilidad de los costos de mantenimiento por parte de sus ocupantes. El posible impacto sobre el medio natural convoca a soluciones que contribuyan a la gestión de escombros asimilando materiales reciclados y no generar otros que se sumen al volumen acumulado luego del desastre. A largo plazo, se demanda racionalidad en el uso de materiales de alto consumo energético, la posibilidad de reutilización y/o reciclaje de los materiales y elementos componentes de las nuevas viviendas al final de su vida útil y la adaptabilidad a las condiciones climáticas. Igualmente serán apropiadas las tecnologías aceptables social y culturalmente importantes, tomando como referencia las necesidades de restablecimiento de las estructuras socioculturales.

III. Resultados y discusión

El caso de Cuba 1959 - 1990

En Cuba la industrialización para la construcción de vivienda social masiva, ha sido representativa luego del triunfo revolucionario en 1959, donde a pesar de aliviar el déficit de viviendas heredado de siglos anteriores, tuvo problemáticas similares a las encontradas en el plano internacional. Se ha caracterizado por el predominio de un enfoque de la vivienda como un objeto a construir, como una cifra, más que como un proceso que involucra la economía, la sociedad y la cultura [11].

Entre los factores que incidieron en su fracaso, estuvo la repetitividad de los edificios tipo “bloques” prefabricados, el anonimato y la monotonía de los conjuntos, el deficiente tratamiento de los espacios exteriores y la falta de identidad que produjo el rechazo de sus habitantes. Se ocasionó una relación directa entre la industrialización de la vivienda y la monotonía de los conjuntos urbanos [12].

Las primeras experiencias estuvieron dadas por elementos prefabricados de pequeño formato. En un segundo momento, luego del impacto del huracán Flora en 1963, se introduce en Cuba el Gran Panel Soviético. La planta, donada por la Unión Soviética ocasionó importantes cambios en la construcción de viviendas, con esta experiencia se diseñaron otras plantas que se distribuyeron por zonas de desarrollo industrial. Se construyeron masivamente viviendas, en casi un único modelo de edificio que correspondía a un proyecto típico de volumen prismático de cuatro o cinco plantas, no adaptado a los requerimientos climáticos cubanos [11].

Otros sistemas que combinaban la prefabricación con la construcción in situ, dieron como resultado edificios de 4 plantas que igualmente se desarrollaron bajo el esquema de proyectos típicos.

Otras tecnologías industrializadas para edificios hasta veinte plantas fueron importadas y ubicadas en las ciudades más importantes, sin relación alguna con la arquitectura y el urbanismo tradicional, lo que afectó la identidad de cada ciudad [12].

En los años 90, a raíz de la crisis económica en la que sumergió el país luego de la caída del campo socialista, estas tecnologías demostraron no ser sustentables



1. Edificio VHCOA, soluciones con estructuras metálicas y cierres de panelería ligera, combinado con albañilería tradicional



2. Edificio FORSA, soluciones de hormigón armado fundido in situ con el empleo de moldes metálicos. Fuente: fotos tomadas por las autoras

y se buscaron formas alternativas. Se basaron en las producciones locales, que se caracterizaron por un bajo aprovechamiento del suelo y mala calidad de materiales y ejecución.

2000 hasta la actualidad

A partir de la recuperación económica del país, aunque se aboga por el desarrollo de la industria local de materiales y la construcción de viviendas por esfuerzo propio de la población, lo cierto es que el Estado Cubano es su principal promotor.

Se mantiene la concepción de proyectos típicos y repetitivos, ajenos a las necesidades de la población, aun cuando no se emplee la industrialización. Uno de los ejemplos más recientes del empleo de las tecnologías industrializadas, en el escenario de reconstrucción post-desastre, lo constituye la ciudad de Santiago de Cuba luego del huracán Sandy en el año 2012.

Reconstrucción post-huracán Sandy

En la reconstrucción viviendas, se destacan los edificios FORSA y VHICOA, que responden a sistemas constructivos con alto grado de industrialización (fotos 1 y 2).

Estas tecnologías, crean un fondo habitacional con baja vulnerabilidad ante eventos sísmicos e hidrometeorológicos, consideradas las principales amenazas para Santiago de Cuba. Sin embargo, desde un enfoque multidimensional, analizando los requerimientos planteados, es muy difícil en una evaluación de las soluciones adoptadas, encontrar un balance de las dimensiones propuestas. Desde lo tecnológico, la tecnología FORSA tiene mayores ventajas tomando en cuenta la rapidez de ejecución, así como la minimización de plantas y equipos complejos. En cuanto a los requerimientos económicos, aunque a corto plazo las soluciones VHICOA llegan a ser en algunos casos más económicas tomando como referencia las unidades de vivienda. A largo plazo, los costos de mantenimiento, aunque no están establecidos, pero debido a al desconocimiento popular de soluciones de estructura metálica y paneles ligeros, las personas se sienten más seguras con las soluciones FORSA por la tradición existente en la ciudad en cuanto al uso de este material.

Desde el impacto sobre el medio natural, a largo plazo los edificios VHICOA muestran las mayores potencialidades, no existiendo diferencias sustanciales a corto plazo. Los

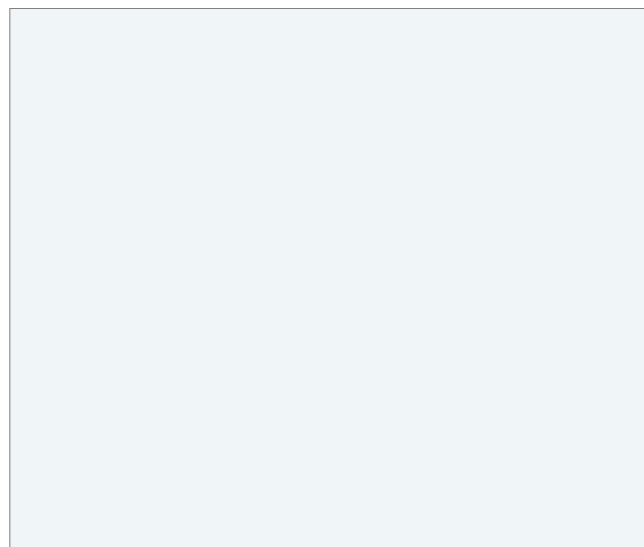
resultados de las encuestas para evaluar la aceptación sociocultural, evidencian la preferencia por la tecnología FORSA, a partir de las experiencias existentes, sin embargo los criterios desfavorables respecto al VHICOA, son indicadores de cómo potenciar esta tecnología en el futuro con modificaciones en su uso, que aumenten estos niveles de satisfacción.

IV. Conclusiones

No se puede afirmar que las tecnologías industrializadas son responsables de las problemáticas de las viviendas sociales y en particular de las que son fruto de procesos de reconstrucción post-desastre. Los insuficientes análisis en la selección, son la causa.

Para poder afirmar el carácter apropiado de una tecnología en circunstancias post-desastre, es necesario que esta brinde la posibilidad a corto plazo de resolver la problemática del déficit habitacional, potenciando la capacidad de resiliencia, sin que a largo plazo comprometa el desarrollo sustentable, visto este desde un enfoque multidimensional.

Las insuficiencias e insatisfacciones detectadas en las tecnologías empleadas en la reconstrucción post-huracán Sandy en la ciudad de Santiago de Cuba, son la base para desarrollar un método que permita la selección de tecnologías industrializadas para reconstrucción post-desastre. **ROP**



Referencias

- [1] Naciones Unidas (2014). Comité Preparatorio de la Tercera Conferencia Mundial de las Naciones Unidas sobre la Reducción del Riesgo de Desastres, Segundo período de sesiones, Consideraciones sobre el marco para la reducción del riesgo de desastres después de 2015.
- [2] Gordillo, F. (2004). Hábitat transitorio y vivienda para emergencias. Tabula Rasa, núm. 2, enero-diciembre, 2004, pp. 145-166, Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, Bogotá, Colombia. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=39600209>
- [3] Lizarralde, G. y Davidson, C. (2008). Myths and realities of prefabrication for post-disaster reconstruction. Building resilience achieving effective post-disaster reconstruction i-Rec 2008
- [4] Lara, Ch. (2014). Criterios para la construcción de viviendas de carácter social post-desastre para República Dominicana. Tesis de Maestría. Tutores: Dr. Arq. Jaume Avellaneda y Dr. Arq. Joan Lluís Zamora i Mestre. Universidad Politécnica de Cataluña.
- [5] Fernández-Baldor, A. Hueso, A.; Boni, A. (2011). Technologies for Freedom: un modelo de tecnología para el desarrollo humano y sostenible.
- [6] Pettersen, G. (1999). Especificaciones del desarrollo sostenible en los materiales de construcción: Tesis Doctoral. La Habana.
- [7] Calvente, A. (2007). Resiliencia: un concepto clave para la sustentabilidad. Complejidad y sustentabilidad UAIS-CS-200-003. Universidad Abierta Interamericana.
- [8] Duyne, J. (2006). Housing reconstruction in post-earthquake Gujarat. A comparative analysis. Network paper. Number 54, march 2006, UK.
- [9] Olivera, A., González, G. (2010). Enfoque multi-dimensional de la reconstrucción post-desastre de la vivienda social y el hábitat en países en vías de desarrollo: estudios de casos en Cuba. Revista de la Construcción. Volumen 9 No 2 – 53-62
- [10] Arner, E. (2010). Recomendaciones para la selección de tecnologías apropiadas en intervenciones post-desastre en viviendas. Tesis de Maestría en Hábitat y Medio Ambiente en Zonas Sísmicas, Tutor: Dra. C. Coralina Vaz Suárez. Universidad de Oriente.
- [11] González, D. (2007). La vivienda como tema de diseño. Facultad de Arquitectura, ISPJAE, La Habana, Cuba.
- [12] De las Cuevas, J. (2001) 500 Años de Construcciones en Cuba. Editoriales, S.L. Madrid.



Los desarrollos urbanísticos del norte y noreste de Madrid. Un modelo agotado



Ignacio Ortiz de Andrés

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.
Especialidad Urbanismo y Ordenación del Territorio.
Consultor inmobiliario

Resumen

Los desarrollos urbanísticos del norte y noreste de Madrid quedaron definidos por el Plan General de Ordenación Urbana de 1997. Desde el año 2000, de las 54.000 viviendas contempladas en el planeamiento, se han desarrollado un 75 %. Las diferentes proyecciones de tendencia sitúan su colmatación a principios de la próxima década. Es, por lo tanto, un modelo agotado en su capacidad, a lo que hay que añadir que sus características urbanísticas son sensiblemente mejorables.

Palabras clave

Urbanismo, planeamiento, viviendas, Madrid, Arroyo del Fresno, Montecarmelo, Las Tablas, Sanchinarro, Valdebebas, Solana de Valdebebas, Ensanche de Barajas, Operación Chamartín

Abstract

The urban developments in North and Northwest Madrid were defined by the 1997 General Town Planning Scheme. Since the year 2000, 75 % of the 54,000 houses considered under the scheme have been completed. Different forecasts suggest saturation by the beginning of the next decade. This model, which left much to be desired in terms of urban characteristics, has finally reached the point of exhaustion.

Keywords

Town planning, housing, Madrid, Arroyo del Fresno, Montecarmelo, Las Tablas, Sanchinarro, Valdebebas, Solana de Valdebebas, Ensanche de Barajas, Chamartín Operation

La ciudad de Madrid ha crecido de manera extraordinaria, desde el año 2000, en sus desarrollos de la zona norte y noreste. Nos encontramos con un modelo próximo al agotamiento desde un doble enfoque. En primer lugar, de seguir la tendencia actual de demanda de vivienda en esta localización, se agotará la oferta en un horizonte temporal de aproximadamente cinco años. Si analizamos cómo se ha urbanizado la ciudad, comprobamos que no se ha conseguido una ciudad compacta, con una adecuada disposición de los servicios y medios de transporte, y cuyas calles sobredimensionadas impiden un estilo de vida de barrio tradicional. El futuro septentrional de la capital estriba en la conocida como Operación Chamartín. Auténtica oportunidad de conseguir una “ciudad” sostenible, densa, con un distrito financiero de primer nivel y perfectamente comunicada.

1. Origen de los PAU y desarrollos urbanísticos. PG 1997

Hay que remontarse al año 1992, fecha a partir de la cual

el Ayuntamiento de Madrid comienza a trabajar en los Programas de Actuación Urbanística (PAU). Se estaba gestando en el inicio de la década de los noventa el Plan General de Ordenación Urbana del año 1997 (PG97), vigente en la actualidad. Se culpaba al precedente PG85 del encarecimiento de la vivienda, por lo que se planteó un marco urbanístico de crecimiento, en claro contraste con las teorías de desarrollo nulo del término municipal que regían en el planeamiento anterior¹.

Los PAU son una figura técnico-jurídica muy popularizada y en el caso del norte de la capital tenemos un total de cuatro. Son, de oeste a este: Arroyo del Fresno, Montecarmelo, Sanchinarro y Las Tablas. Como otras figuras urbanísticas, el PG97 califica también los desarrollos Ciudad Aeroportuaria-Parque de Valdebebas y Ensanche de Barajas. Posteriormente se planifica Solana de Valdebebas, siendo el más reciente y no habiendo sido urbanizado todavía.

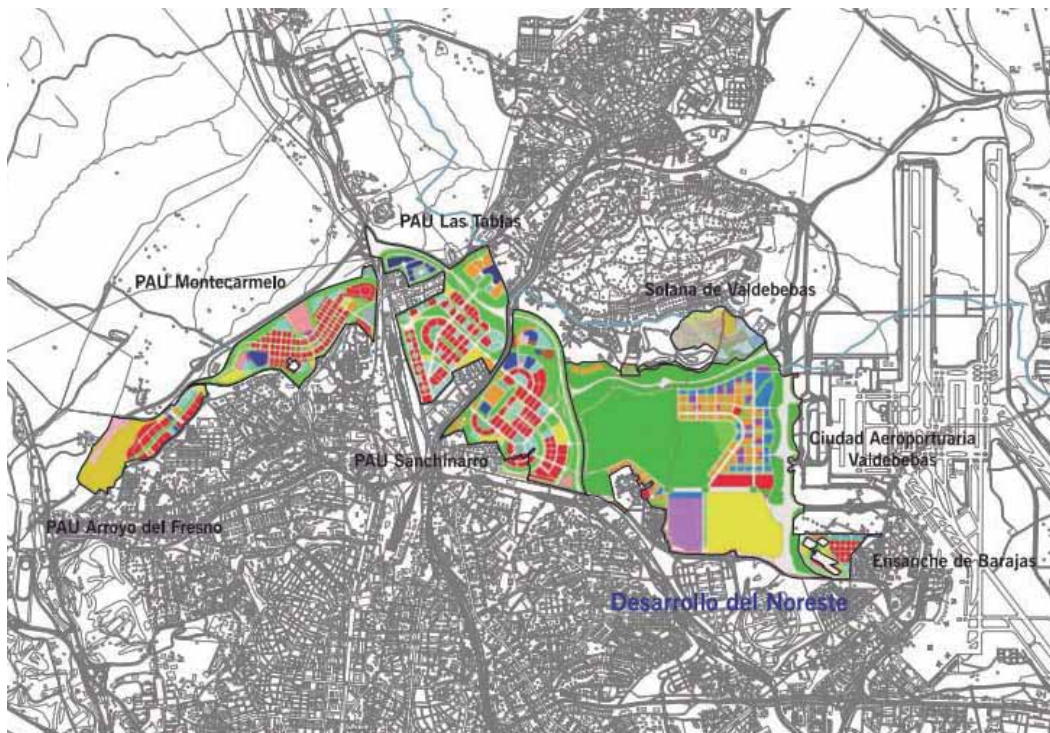


Fig. 1. Desarrollos del norte y noreste de Madrid.
Fuente: Ayuntamiento de Madrid



Foto 1. Edificio Mirador. Sanchinarro. Foto: Jorge Alonso de Juan

Para incrementar la oferta de suelo residencial, se flexibiliza y simplifican los contenidos normativos del planeamiento, tanto en la edificación como en el uso del suelo. A su vez, se concierta con el Estado y con la Comunidad de Madrid la definición de un programa que garantice la sostenibilidad del PG97.

La rápida urbanización quedó empañada por las vicisitudes judiciales que conllevó la limitación de alturas establecida en la Ley del Suelo de la Comunidad de Madrid. Actualmente, dichos límites han quedado anulados².

Todos los PAU han obtenido como suelos públicos para Madrid un 75 % del suelo privado delimitado. Permitió cumplir, por parte del Ayuntamiento, los compromisos asumidos con el entonces Ministerio de Obras Públicas respecto a la expropiación de los terrenos destinados al tramo norte de la M-40.

En relación a un objetivo pretendido, el abaratamiento de la vivienda –fundamental en las tesis del PG97–, es conveniente indicar que el mayor desarrollo de los PAU coincidió temporalmente con el progresivo encarecimiento de la misma, circunscrito en un período de bonanza económica. La facilidad de crédito, el buen curso de la economía y las halagüeñas perspectivas soportaron el alza de precios. La crisis americana de las *subprime* derivó en una tormenta financiera de dimensión mundial. Se produce una importante crisis desde el año 2007, con drásticos efectos en lo inmobiliario. Tal vez, sea injusto considerar que respecto a este punto ha fracasado el PG97, puesto

que la coyuntura no propició un adecuado funcionamiento del mercado de la vivienda. Es decir, en contra de lo que ha podido parecer, estamos ante un bien elástico, donde un exceso de oferta produciría un descenso de precios. Sin embargo, la demanda era muy sustancial.

2. Desarrollo y evolución

Los siete ámbitos estudiados suman, en su programación, un total de 54.000 viviendas (fig. 2).

Los que tienen un número mayor de viviendas previstas son, en este orden: Sanchinarro, Valdebebas y Las Tablas. En el caso de Valdebebas, de acuerdo con la última ordenación, se han contado las 1.000 viviendas de más que aporta la

Número de viviendas programadas	
Ámbito	Viviendas programadas
Arroyo del Fresno	2.754
Montecarmerlo	8.547
Las Tablas	12.272
Sanchinarro	14.000
Valdebebas	13.533
Solana de Valdebebas	1.393
Ensanche de Barajas	1.500
TOTAL	53.999

Fig. 2. Elaboración propia a partir del planeamiento del Ayuntamiento de Madrid

Viviendas desarrolladas por ámbito			
Ámbito	Viviendas programadas	Viviendas por desarrollar	% desarrollado
Arroyo del Fresno	2.754	2.327	15,50 %
Montecarmerlo	8.547	276	96,77 %
Las Tablas	12.272	439	96,42 %
Sanchinarro	14.000	1.166	91,67 %
Valdebebas	13.533	7.280	46,21 %
Solana de Valdebebas	1.393	1.393	0,00 %
Ensanche de Barajas	1.500	226	84,93 %
TOTAL	53.999	13.107	75,73 %

Fig. 3. Elaboración propia a partir del planeamiento del Ayuntamiento de Madrid y último informe de edificabilidad remanente³

reparcerlación de la denominada “Pastilla Comercial”. Los tres desarrollos mencionados suponen un 73,7 % del total planificado para el norte y noreste de Madrid. El Ensanche de Barajas y Solana de Valdebebas suponen apenas un 3 % y un 2 % del total, respectivamente.

En cuanto al número de viviendas desarrolladas, de acuerdo con los datos del Área de Gobierno de Desarrollo Urbano y Sostenible del Ayuntamiento de Madrid de edificabilidad remanente a 1 de enero de 2016 (fig.3.), se obtiene lo siguiente:

Las tres cuartas partes de las viviendas programadas han sido ya objeto de desarrollo. Los ámbitos más avanzados son los PAU de Montecarmelo, Las Tablas y Sanchinarro, seguidos por el UZP.1.01 Ensanche de Barajas. Destaca Solana de Valdebebas, con todas las viviendas pendientes, ya que todavía ni siquiera ha sido urbanizado. Valdebebas avanza a un buen ritmo, registrando las primeras Licencias de Nueva Edificación en 2011. Es decir, es el último gran ámbito del norte en desarrollarse.

Es importante señalar que el avance real es, en determinados casos, sustancialmente superior al reflejado en la tabla. Por ejemplo, en el caso de Arroyo del Fresno donde una de las dos Unidades de Ejecución (UE) estaba pendiente de tramitación urbanística. Sin embargo, ya se habían comercializado viviendas en dicha UE, cifrándose la cantidad en 600. En Valdebebas, debido al elevado ritmo

de ventas y que el informe de edificabilidad remanente data del 1 de enero de 2016, el avance real estimado es considerablemente superior, especialmente en el caso de vivienda protegida.

3. Situación actual del suelo. Cuantificación del suelo residencial disponible

El suelo disponible guarda una lógica relación con el número de viviendas por desarrollar. De acuerdo con los datos de edificabilidad disponible a 1 de enero de 2016, obtenemos la tabla de la figura 4.

Todos los ámbitos de estudio suman 319 hectáreas de suelo, con una edificabilidad total de 5.383.621 metros cuadrados. Sanchinarro, Valdebebas y Las Tablas superan holgadamente el millón de metros cuadrados de techo cada uno. Queda un remanente total de 1,4 millones de metros cuadrados edificables, lo que supone un 26 % de lo inicialmente programado.

4. Evolución y proyecciones de tendencia

Si atendemos a las viviendas totales, libres y protegidas programadas de todos los ámbitos urbanísticos y su evolución en el tiempo, respecto de las viviendas que quedan por desarrollarse, se obtiene la siguiente tabla. Se estima la evolución con el progreso de las Licencias de Nueva Edificación.

En cuanto a un cálculo de tendencia, se atiende a diferentes hipótesis o escenarios. En primer lugar, una que

Edificabilidad Remanente en los diferentes ámbitos					
Ámbito	m ² s	Edificabilidad m ² t	Edificabilidad consumida m ² t	Edificabilidad remanente m ² t	% desarrollado
Arroyo del Fresno	271.418	324.000	21.048	302.952	6,50 %
Montecarmelo	546.815	854.470	822.933	31.537	96,31 %
Las Tablas	530.768	1.198.867	1.159.862	39.005	96,75 %
Sanchinarro	643.719	1.291.602	1.175.049	116.553	90,98 %
Valdebebas	573.700	1.353.347	682.739	670.608	50,45 %
Solana de Valdebebas	502.657	212.525	0	212.525	0,00 %
Ensanche de Barajas	123.926	148.810	126.241	22.569	84,83 %
Total	3.193.003	5.383.621	3.987.872	1.395.749	74,07 %

Fig. 4. Elaboración propia a partir del planeamiento del Ayuntamiento de Madrid y último informe de edificabilidad remanente³

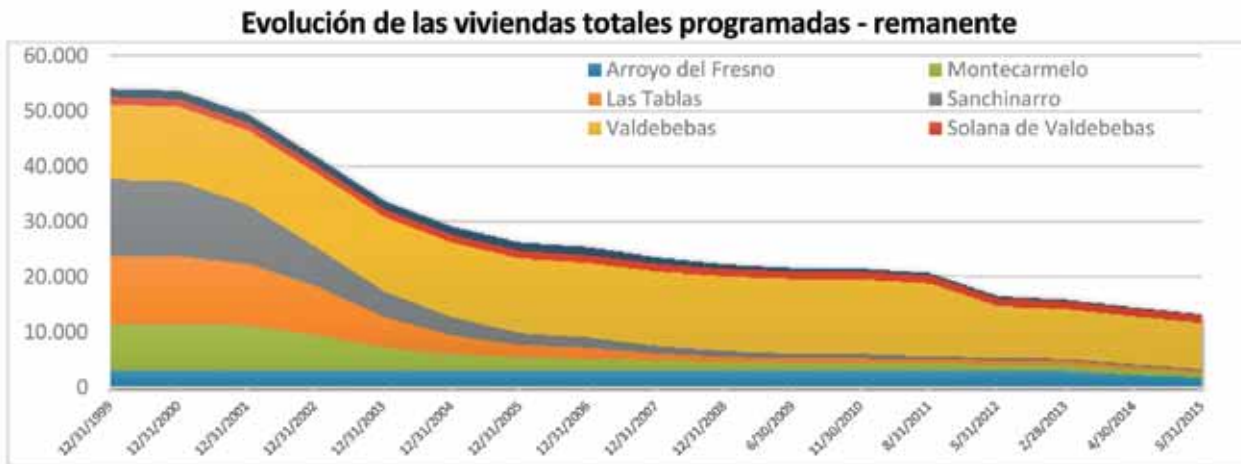


Fig. 5. Evolución agregada 2000-2015

contempla la media histórica del consumo de viviendas. En segundo lugar, una proyección más conservadora en la que se considera la reducción porcentual del stock total en los dos últimos años. Y, por último, un cálculo en el que se analiza que sucedería si nos aproximásemos a valores altos de demanda, aunque sin llegar a los niveles de los años inmediatamente posteriores al año 2000.

4.1. Primera proyección-Media histórica

La capacidad programada de todos los desarrollos urbanísticos en su origen –54.000 viviendas– se ha reducido en la actualidad a 12.947, lo que supone un descenso

del 76 %. La producción anual de viviendas registra una media desde el año 2000 (16 años) de 2.565 unidades. Si proyectamos esta media, llegamos a la conclusión de que se agotaría la capacidad de todos los ámbitos del norte de la capital en 5 años desde mayo de 2015, es decir, en 2020.

4.2. Segunda proyección-Variación porcentual del stock en los dos últimos años

Haciendo un cálculo más conservador, en la que se analiza el descenso porcentual del stock (fig. 6), para la línea de variación respecto del total programado, obtenemos unos dos últimos valores de 2,58 % y 2,42 %.



Fig. 6. Variaciones de stock de las viviendas totales. Variación interanual y variación respecto al total



Fig. 7. Elaboración propia a través de los datos de viviendas proyectadas del Ayuntamiento de Madrid

de se registran los datos tienen un intervalo respectivo de 14 y 13 meses. Se obtiene una media anual de descenso del 2,22 % respecto del total programado (54.000 viviendas). Esto supone un descenso anual de 1.188 viviendas. Proyectando esta media en el futuro, se agotaría toda la oferta en 11 años desde mayo de 2015, es decir en 2026. Esta proyección es excesivamente conservadora y la más improbable.

4.3. Tercera proyección-Alta demanda

En el período que va del año 2001 al 2005, de máximo desarrollo inmobiliario, se concedieron una media de 5.500 Licencias de Nueva Edificación (LNE) al año. Se alcanza un máximo de 8.026 en el año 2003. Si se produjese una alta demanda, que podemos estimar en un conservador 60 % sobre la media expuesta de 5.500 LNE al año, se agotaría el stock de todos los desarrollos en apenas 4 años desde mayo de 2015. Es muy posible que, si se registra gran demanda, los precios de vivienda libre experimentarían un alza. Esto se potenciaría aún más debido a la escasez de suelo en la zona norte de la capital.

De todas estas proyecciones de tendencia, que arrojan un agotamiento de la oferta que va desde el año 2019 al 2026, lo más verosímil es que dicho agotamiento se produzca a principio de la década 2020 e incluso antes. Estas proyecciones de los desarrollos urbanísticos del norte de Madrid, no tienen en cuenta el replanteamiento del proyecto Madrid Puerta Norte. Esto es debido a que hay un debate abierto sobre el futuro del ámbito y cuando haya

avanzado en sus trámites urbanísticos y de urbanización, se habrán agotado los desarrollos urbanos existentes.

5. Conclusiones. El futuro pasa por Distrito Castellana Norte

Los desarrollos urbanísticos del norte de Madrid (Arroyo del Fresno, Montecarmelo, Las Tablas, Sanchinarro, Valdebebas, Solana de Valdebebas y Ensanche de Barajas) aportan un total de 54.000 viviendas programadas, de las cuales el 54,6 % son protegidas. A lo largo de sus 15 años de actividad (desde el año 2000), se han construido un 75 % de las mismas aproximadamente.

En cuanto a la tendencia del mercado residencial en los desarrollos urbanísticos del norte de Madrid, de todas las opciones contempladas como posibles, se concluye que el parque de viviendas se agotará a principios de la próxima década (2020-2022 aproximadamente). Es posible que Solana de Valdebebas, pendiente de avance urbanístico y obra civil, no dé tiempo a ser desarrollado en este período. En cualquier caso, es residual (1.393 inmuebles programados). Madrid Puerta Norte (anteriormente denominada Distrito Castellana Norte y Operación Chamartín) cuenta todavía con un largo proceso para que se materialicen viviendas en ese ámbito. Esto último, añadido a lo anterior, nos aboca a una carestía prácticamente inmediata de vivienda en el norte de la capital.

Los desarrollos estudiados adolecen de un urbanismo disperso en el espacio, deficitariamente comunicado,

edificios de protección de dudoso gusto –hecho que se acentúa en los PAU del sur–, con una distribución de usos que no crea una estructura de barrio tradicional. Es justo indicar que en el caso de Valdebebas se mitiga el déficit de espacios verdes que tienen los demás ámbitos, mediante el gran Parque Felipe VI. Se impone planear de manera diferente. El presente artículo evidencia que en el norte de la capital, desde el punto de vista inmobiliario, hay que actuar de manera inmediata en el entorno de la estación de Chamartín. Acabar con la brecha que supone en la ciudad la playa de vías y suelo limítrofe –sin uso– se hace especialmente necesario. La ubicación es extraordinaria y, si se respeta el planteamiento inicial, aportará 17.000 viviendas, tres estaciones de cercanías, red de metro, autobús de alta capacidad y un gran parque central de veinte hectáreas. Minimizará la subida de precio del suelo –que se está produciendo en la actualidad– y por ende el precio de la vivienda. Factores como una compacidad que libera espacio para el disfrute del vecino, la posibilidad de ubicar sedes de empresas en edificios singulares y sostenibles, adecuados medios de transporte, conforman las características deseadas y exigibles del planeamiento urbanístico contemporáneo. **ROP**

Notas

- (1) Reflexiones a propósito de la revisión del Plan General de Madrid (Vinuesa y otros autores).
- (2) “La modificación puntual de la Ley del Suelo de la Comunidad de Madrid, supone la supresión del apdo. 8 del art. 39 de la Ley que contenía dicha limitación, de tal manera que, a partir de su publicación en el Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid, el planeamiento de los municipios madrileños no estará limitado en altura”. NOTA INFORMATIVA. Modificación de la Ley 9/2001, de 17 de julio, del Suelo de la Comunidad de Madrid, para la eliminación del límite urbanístico de “tres alturas más ático”. (Marta Velasco Izquierdo y Alberto Ibort Franch. Pérez-Llorca. Diciembre 2015).
- (3) Informe unificado de estado de desarrollo y remanente de edificabilidad de los ámbitos de ordenación vigentes. Situación a 1 de enero de 2016. Área de Gobierno y Desarrollo Urbano Sostenible. Ayuntamiento de Madrid.



Foto 2. CTBA vías.
Foto: Jorge Alonso
de Juan

Referencias

- Plan General de Ordenación Urbana de Madrid 1997. Compendio de las Normas Urbanísticas. Edición actualizada a 15 de julio de 2009. Área de Gobierno de Urbanismo y Vivienda. Ayuntamiento de Madrid.

- Memorias de Gestión. Ejemplares de 2000 a 2011. Nuevos Desarrollos Urbanos. Área de Gobierno de Urbanismo y Vivienda. Ayuntamiento de Madrid.

- Ley 9/2001, de 17 de julio, del Suelo de la Comunidad de Madrid.

- Los nuevos “barrios” de Madrid: en busca de su identidad. Julio Fernández Portela. Universidad Autónoma de Madrid. 2010.

- Demanda de vivienda, crecimiento residencial y segregación socio-espacial: el caso de los PAU madrileños. José Riva Ámez, Antonio J. Palacios García, Julio Vinuesa Angulo. Universidad Autónoma de Madrid. 2010.

- Reflexiones a propósito de la revisión del Plan General de Madrid. Autores: Julio Vinuesa Angulo, David Porras Alfaro, José Riva Ámez, Felipe Fernández García. Universidad Autónoma de Madrid. Grupo TRyS. 2013.

- Modificación de la Ley 9/2001, de 17 de julio, del Suelo de la Comunidad de Madrid, para la eliminación del límite urbanístico de “tres alturas más ático”. Marta Velasco Izquierdo y Alberto Ibort Franch. Pérez – Llorca. Diciembre de 2015.

- Informe unificado de estado de desarrollo y remanente de edificabilidad de los ámbitos de ordenación vigentes. Situación a 1 de enero de 2016. Área de Gobierno y Desarrollo Urbano Sostenible. Ayuntamiento de Madrid.

- El Ayuntamiento de Madrid da luz verde, por fin, a la fase 1 del nuevo PAU de Arroyo del Fresno. Jorge Salido Cobo. EL MUNDO. 28 de abril de 2016.

- Operación Chamartín, una vuelta al pasado. Blog Entorno habitable, ELMUNDO.es. Ignacio Ortiz de Andrés. 17 de mayo de 2016.



Ingenieros de Caminos: ideas y soluciones para el desarrollo de las ciudades



José Antonio Rodríguez de la Cruz
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Resumen

Los ingenieros de Caminos hemos estado presentes en el desarrollo de las ciudades desde el inicio de nuestra profesión. En la actualidad es importante que sepamos poner en valor la herencia recibida y seguir trabajando para convertir las ciudades de hoy en ciudades del mañana. De esta manera, trabajando en nuestro terreno tradicional, pero a la vez en nuevos nichos de mercado en colaboración con otras profesiones, seguiremos aportando ideas innovadoras para las ciudades y haremos que nuestro trabajo sea visible, reconocido y apreciado.

Palabras clave

Ciudades inteligentes, personas, necesidades, servicios, futuro, colaboración

Abstract

Civil engineers have been present in the development of cities since the early years of our profession. Nowadays, is important to value the received legacy and to keep working in order to transform the contemporary cities into the cities of tomorrow. In this way, working in our traditional field, but, at the same time in new niche markets, in collaboration with other professions, civil engineers will keep providing innovative ideas for the cities and we will make our work distinct, recognized and appreciated.

Keywords

Smart cities, people, needs, services, future, collaboration

1. Introducción

Los ingenieros de Caminos, Canales y Puertos somos profesionales con una formación generalista, lo que nos aporta un amplio abanico de conocimientos que nos hace ser capaces de adaptarnos al medio y en consecuencia, adaptar el medio a las necesidades de las personas.

Las obras que llevamos a cabo así como los servicios que prestamos, pueden encontrarse tanto en el campo como en la ciudad. No obstante, la relevancia del ingeniero de Caminos en el ámbito urbano ha sido más tardía que el de otras profesiones, ya que la nuestra es relativamente moderna si la comparamos con otras. Sin embargo, no cabe duda de que nuestro trabajo es y ha sido determinante en el desarrollo de las urbes, independientemente de su tamaño.

Poco a poco nuestras actuaciones se han adentrando cada vez más en las ciudades; buen ejemplo de las primeras

grandes actuaciones que supusieron un espaldarazo definitivo al desarrollo de las mismas, puede ser la traída de aguas a mediados del siglo XIX.

El presente artículo no pretende más que ser un repaso muy breve a la importancia que los ingenieros de Caminos hemos tenido hasta el momento en el desarrollo de las ciudades y cuál puede ser nuestro futuro como profesionales que siempre nos ponemos al servicio del ciudadano. Si hace más de 150 años éramos los principales impulsores de llevar agua corriente a las casas, hoy debemos participar activamente en el desarrollo de la ciudad inteligente.

2. Evolución de las ciudades y su contraste con las zonas rurales

El hombre moderno puebla la Tierra desde hace más de 40.000 años, sin embargo la evolución de su forma de vida ha sido paulatina hasta hace algo más de dos siglos, cuan-

do esta evolución se convirtió en revolución. El punto de inflexión podemos situarlo en la segunda mitad del siglo XVIII, es decir, en la Revolución Industrial, a partir de la cual empezó a usarse de forma masiva la tecnología. Este es el germen de la ingeniería según la entendemos ahora. Aunque muchos conceptos físicos y matemáticos eran conocidos desde la antigüedad, fue la ingeniería la que hizo posible ponerlos en práctica; entendiendo ingeniería como la puesta al servicio del ser humano de toda la tecnología posible para satisfacer sus necesidades y posibilitar su desarrollo. El progreso es debido al empleo de la tecnología que permite resolver los problemas de las personas y cubrir gran parte de sus necesidades básicas. Por tanto, la razón de ser de la ingeniería es y debe ser el progreso humano, facilitando en consecuencia el quehacer diario de cada individuo.

Hay que tener muy en cuenta, que el análisis de la ciudad ha de hacerse desde un punto de vista holístico, esto es, tomar en consideración la ciudad como un “conjunto”, un “todo” en el que estarían incluidas, personas, infraestructuras, servicios, gestión y la relación existente entre todas ellas.

En la actualidad, estos centros de actividad económica, política, empresarial, etc. agrupan a más de la mitad de la población mundial, lo que hace que sean grandes demandantes de agua, energía, alimentación, etc. necesidades que han de ser cubiertas de forma satisfactoria en todo momento. Siempre se ha de asegurar el acceso a los servicios básicos para todos los ciudadanos, independientemente de cuál sea su condición social o lugar de residencia, así como la igualdad de oportunidades entre todos ellos. La gestión urbana ha de tener como uno de sus objetivos básicos que todo lo anterior se consiga de una forma económicamente justa para todos los factores implicados y con el máximo respeto al medio ambiente.

A pesar de las grandes diferencias y el contraste existente entre campo y ciudad, es indiscutible que la ciudad no puede subsistir sin el campo –puesto que en gran parte es el campo el que abastece a la ciudad–, ni los habitantes de las zonas rurales pueden subsistir sin la ciudad, –puesto que hay una serie de servicios que solo se ofrecen en las urbes–. Este equilibrio y entendimiento entre estos dos mundos aparentemente tan diferentes ya venía indicado por el gran urbanista Ildefonso Cerdá cuando decía que es necesario “ruralizar la ciudad y urbanizar el campo”. De la satisfactoria relación entre ciudades, áreas metropolitanas

y zonas rurales, dependerá en gran parte la calidad de vida del conjunto de los ciudadanos.

3. Muestrario de obras que impulsan el desarrollo

Vistas las especiales necesidades de las ciudades en comparación con las zonas rurales, así como la revolución urbana vigente, vamos a dar un pequeño repaso a diversas obras llevadas a cabo en ciudades repartidas por toda la geografía española donde la mano de los ingenieros de Caminos ha sido determinante. Muchas de estas obras han sido proyectadas por reconocidos compañeros.

Comenzaremos hablando de algo tan fundamental para la vida diaria como es el agua y qué mejor ejemplo que la traída de aguas a la capital. No cabe duda de que ésta fue



Fuente para la inauguración del Canal de Isabel II (Madrid, 1858)



Vista aérea de
Madrid Río

en su momento –y sigue siendo actualmente– una de las obras más emblemáticas de todo el territorio nacional. A mediados del siglo XIX con la creación del Canal de Isabel II (empresa pública más longeva de España), se resuelve el problema de falta de agua que sufría la Villa de Madrid y que se había agudizado con el paso de los años y el crecimiento de la población. La captación de agua del río Lozoya supuso la modernización radical de la ciudad. Poco a poco, el Canal de Isabel II fue asumiendo más funciones. Si bien en su origen el cometido era el abastecimiento a la capital, hoy en día se encarga del ciclo integral del agua de la práctica totalidad de los municipios de la Comunidad de Madrid, incluyendo la obtención de agua regenerada en determinadas zonas de la provincia, que van en aumento poco a poco.

Sin necesidad de cambiarnos de ciudad, podemos hablar de un pulmón para el tráfico de Madrid, que no es otro que la M-30, una de las carreteras más famosas del país. Con la cantidad de tráfico que soporta, cuesta creer que esta importantísima vía de circunvalación no se construyera hasta la década de los 70. Se puede entender que la obra está dividida en tres sectores principales que son: al norte la Avenida de la Ilustración, al este la Avenida de la Paz (en alguno de sus tramos llega a haber hasta 20 carriles en total) y al oeste la Autopista del Manzanares. Este último tramo es el que se soterró hace unos años dando lugar a una autopista urbana soterrada que en conjunto supone el túnel de carretera más largo de España. Con el espacio que quedó libre en superficie se pudo crear un nuevo cinturón

verde, Madrid Río, un parque lineal que ha conseguido “acercar” ambas orillas, aumentando de forma exponencial la movilidad del peatón y reduciendo la distancia entre barrios vecinos. Este nuevo pulmón para el ciudadano ha recibido un gran número de galardones. Sin ir más lejos, recientemente ha ganado el premio Verónica Rudge Green de la Universidad de Harvard, premio que reconoce los proyectos que suponen una contribución ejemplar para la ciudad donde se ubican, por tener una elevada sensibilidad con el entorno y la ciudadanía y que, por tanto, pueden considerarse como ejemplo a seguir por otras ciudades en el futuro.

Respecto a obras tan relevantes como son los puentes, no podemos evitar mencionar los que cruzan la Dársena del Guadalquivir en Sevilla, dinamizando el tráfico de vehículos y personas en la ciudad y que suponen además un atractivo turístico. Toda persona que visita la ciudad de Sevilla se va con el recuerdo del Puente de Isabel II, popularmente conocido como Puente de Triana. El de Rande –récord del mundo en su categoría en el momento de su inauguración– localizado en la ría de Vigo y que está siendo ampliado en la actualidad, supuso en su momento un hito para la movilidad de la zona y lo sigue siendo a día de hoy. No se debe acabar este pequeño glosario sin hacer referencia al Puente de la Constitución de 1812, inaugurado en Cádiz hace unos meses –que ya de por sí supone un hito con su gálibo marítimo solo superado por el puente de Verranazo-Narrows en EE. UU.– y que supondrá un impulso inmediato para la bahía.



Puente de Rande al atardecer (Ría de Vigo)



Barco perteneciente a la flota de "Los Reginas" (Bahía de Santander)

Sin necesidad de referirnos a grandes infraestructuras, se puede comentar la gestión inteligente del transporte adaptada a cada ciudad. Un buen ejemplo podemos encontrarlo en Santander, donde el barco se usa como medio habitual de transporte de pasajeros por el entorno de su bahía, que es el estuario más grande de la costa norte española. Queda conectada así, de forma rápida y eficaz, la capital cántabra con localidades cercanas como Somo, Pedreña,

etc. Estos barcos no son usados únicamente por los vecinos de la zona, sino que también hace uso de ellos un gran número de turistas debido a la belleza de las rutas y a la panorámica de la ciudad que se puede observar a bordo.

En muchas ocasiones ocurre que se suceden una serie de actuaciones, a priori puntuales, que sumadas en conjunto hacen que cambie por completo una ciudad o una parte



Puente de la Constitución de 1812 (Bahía de Cádiz)

de ella. Tal es el caso del barrio del Carmel en Barcelona, situado en la parte alta de la ciudad, en las estribaciones de la sierra de Collserola. La transformación de este barrio desde principios del siglo XX hasta la actualidad ha sido enorme. Pasó de tener un carácter prácticamente rural a recibir una gran avalancha de inmigrantes a partir de la década de los sesenta, procedente de todos los rincones de España. El gran volumen de nuevos vecinos del barrio, unido a las condiciones económicas, hizo que muchos de ellos acabaran viviendo en barracas. Desde entonces el barrio se ha transformado, no sin dificultades. A finales de los años 80 se abrió al tráfico el túnel de la Rovira, tras un parón de diez años en su construcción por problemas económicos y políticos. El túnel consta de dos tubos de más de 1 km de longitud, mediante el que se permite la conexión de la ronda de Dalt con el ensanche en las proximidades del Hospital de Sant Pau, cuyo conjunto de edificios son, por cierto, un bellissimo ejemplo del modernismo catalán. A principios de los 90 se resolvió el fenómeno de las barracas de forma definitiva. En 2010 se inauguró su estación de metro, correspondiente al tramo de la línea 5 que enlaza la estación de Horta con el hospital Vall d'Hebrón, obras que se ralentizaron por los hundimientos que tuvieron lugar durante su ejecución y que alcanzaron gran relevancia en los medios de comunicación por su repercusión en el barrio



Túnel de La Rovira bajo la colina del Guinardó (Barcelona)

y sus vecinos. Además el barrio cuenta con funiculares que mejoran la movilidad. Incluso ha empezado a coger fama un mirador, hasta ahora no muy conocido, desde el que se divisan unas espectaculares vistas de la ciudad; son los conocidos como búnkers del Carmel. Todo esto es ejemplo de cómo un barrio puede cambiar en cuestión de tiempo, haciendo uso de la ingeniería.



Panorámica nocturna de Barcelona desde los búnkers del Carmel (Barcelona)

4. El futuro del ingeniero de Caminos en la ciudad

Valgan las actuaciones mencionadas en el punto anterior como meros ejemplos, puesto que si quisiéramos citar todas las obras de ingeniería civil que sirven para dinamizar la ciudad, el presente artículo no tendría fin. Pero no solo debemos detenernos ahí, sino dar un paso más allá de lo que se entiende estrictamente por ingeniería civil y poner todos nuestros conocimientos al servicio de la ciudad; entendiendo por ejemplo que tan importante ha podido ser la construcción de los dos remotes de la ciudad de Toledo para favorecer la llegada de turistas, como el cambio de iluminación de edificios históricos llevada a cabo en 2015 y que ha conseguido hacer, si cabe, más atractiva la ciudad. O que tan importante es construir una infraestructura, como explotarla de tal forma que se convierta en inteligente.

La ciudad del futuro ha de basarse en tres pilares fundamentales: en primer lugar, todo lo concerniente al urbanismo y las infraestructuras; en segundo lugar, todos aquellos servicios urbanos que hacen que la ciudad funcione y, por último, la regulación y la gestión de los anteriores. El resultado final ha de ser una ciudad cómoda para vivir y que además sea sostenible en lo social, lo económico y lo medioambiental. Esto no es otra cosa que una ciudad inteligente.

El futuro de las ciudades pasa por su conversión efectiva en ciudades inteligentes. De unos años a esta parte, las urbes han experimentado una adaptación paulatina a las nuevas tecnologías, estando en la actualidad bastante implantadas en algunas de ellas y siendo prácticamente inexistentes en otras. El problema es que el camino a seguir no siempre está claro. Mientras el concepto “ciudad inteligente” es fácil de entender, lo complicado es saber cómo alcanzarlo. ¿Qué camino hay que seguir? ¿Qué tecnologías se han de aplicar? ¿Qué actuaciones son las más urgentes? ¿Qué métodos han de cambiar? ¿Qué servicios se han de empezar a prestar de una forma diferente?

En relación a esto último, están comenzando a aparecer los primeros estudios detallados que determinan cuáles han de ser los indicadores estandarizados que valoren hasta qué punto una ciudad es realmente inteligente. Estos indicadores tienen en cuenta aspectos relacionados con la economía, el medioambiente, la relación ciudadano-administración, la forma en que se prestan los servicios y el grado de satisfacción del usuario, el uso que hace el ciudadano medio de las nuevas tecnologías, etc.

Es evidente que una ciudad inteligente no es únicamente aquella que aplica mucha tecnología o en la que el ciuda-



• Panorámica nocturna de Toledo

dano dispone de mucha información. Una ciudad inteligente ha de estar respaldada por infraestructuras y servicios racionales, coordinados de forma eficaz. Como profesionales hemos de estar presentes como hasta ahora en la planificación, proyecto, construcción y explotación de infraestructuras y en el diseño y explotación de servicios. Pero hemos de introducirnos más aún en la evolución de las ciudades en su camino hacia la ciudad inteligente, tomando partida de forma clara en las decisiones que guiarán sus pasos y como consecuencia ser éste un nicho de mercado relevante para nuestra profesión.

En conclusión, los ingenieros de Caminos hemos influido de forma decisiva con nuestras actuaciones en la mejora de las ciudades. En la actualidad seguimos haciéndolo y además tenemos el reto no solo de seguir trabajando como lo hemos hecho hasta ahora, sino de aumentar aún más nuestra colaboración con el resto de profesionales para participar de forma activa en los nuevos retos que plantean las ciudades.

Me gustaría terminar con un pequeño texto extraído del discurso que pronunció Francisco Javier Martín Carrasco, director de la Escuela de la Universidad Politécnica de

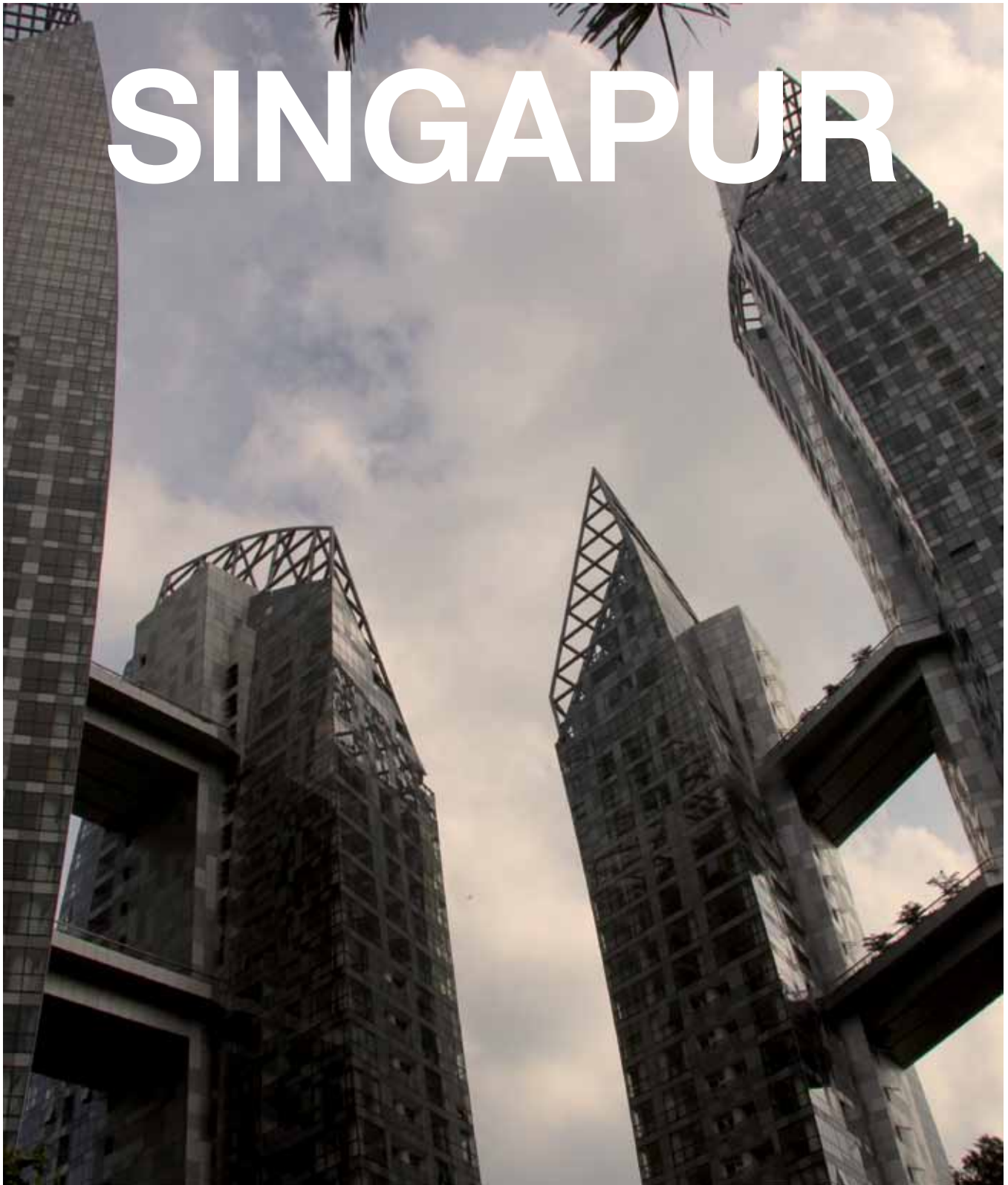
Madrid, en el acto de entrega de diplomas a los titulados celebrado en mayo de este mismo año, que he podido leer recientemente y que traigo a colación: “Los ingenieros de Caminos no somos científicos, pero tenemos formación para entender y aplicar la ciencia. No somos humanistas, pero nuestros proyectos se orientan a las personas, para mejorar su calidad de vida. No somos medioambientalistas, pero sabemos que el desarrollo económico y el crecimiento de la población están alterando los sistemas de los que depende la vida en la Tierra y procuramos hacer nuestros proyectos compatibles con los medios naturales”.

Sirva esta pequeña cita como síntesis de la esencia del presente artículo, recordando que los ingenieros de Caminos, nos hemos adaptado al medio desde nuestros orígenes y hemos adaptado el medio a las personas, desempeñando por ello un papel fundamental en las ciudades. Esa adaptación continúa hoy más que nunca ya que desde hace unos años la ciudad tiene cada vez más necesidades y éstas aparecen de forma más rápida. Es nuestra labor seguir trabajando –y hacerlo en estrecha colaboración con otros muchos profesionales– para hacer más sencillo y amable el día a día de las personas, aportando ideas y soluciones para el desarrollo de las ciudades. **ROP**

Referencias

- SÁENZ RIDRUEJO, FERNANDO (Mayo de 1972). “Ildelfonso Cerdá y la evolución urbana de Barcelona”. Revista de Obras Públicas (nº 3085) 385-392.
- MELIS MAYNAR, MANUEL J. (Junio de 1999). “Los túneles y los ingenieros de Caminos” Revista de Obras Públicas (nº 3388) 187-202.
- AGUILÓ ALONSO, MIGUEL (Octubre de 2001). “El Canal de Isabel II y la Revista de Obras Públicas: 150 años de encuentro”. Revista de Obras Públicas (nº 3414) 7-10.
- DE LA SERNA HERNÁIZ, ÍÑIGO (Enero de 2014). “El reto de convertirse en smart city”. Revista de Obras Públicas (nº 3550) 15-18.
- GONZÁLES PRATS, RAÚL (Enero de 2014). “Infraestructuras urbanas: entorno de colaboración e innovación” Revista de Obras Públicas (nº 3550) 71-76.
- PELLEJERO, GONZALO; SERNA, SERGIO (Enero de 2014). “El siglo de las ciudades”. Revista de Obras Públicas (nº3550) 77-80.
- MANTEROLA ARMISÉN, JAVIER (Abril de 2015). “Arquitectos e ingenieros ¿se parecen en algo?” Revista de Obras Públicas (nº 3564) 27-30.
- ROP (Mayo de 2016) “Acto de entrega de diplomas a los titulados del curso 2014-15. Discurso de Francisco Javier Martín Carrasco, director de la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, UPM”. Revista de Obras Públicas (nº 3576).
- ARIZMENDI GUTIÉRREZ, SANTIAGO; NAVÍO MARCO, JULIO; PORTILLA FIGUERAS, JOSÉ ANTONIO (Octubre de 2016). “¿Cómo determinar el estado de desarrollo de una ciudad inteligente?”. Revista Telos (nº 105) 49-65.

SINGAPUR



Singapur, a la vanguardia de las *smart cities*

Paula Muñoz Rodríguez



Singapur. *Singapura*. ‘Ciudad de los leones’. Así era conocida en el siglo XIV la isla de Temasek, con la creación del puerto marítimo. Desde entonces, han pasado siete siglos y Singapur se ha convertido en el país de referencia de las *smart cities*. Ya en 1965, cuando Singapur se convirtió en una república independiente, se pusieron las bases para convertir al país en lo que es en la actualidad. Con el objetivo de hacer frente al desempleo y a una grave crisis inmobiliaria, Singapur puso en marcha un programa de modernización, que se centró sobre todo en la creación de manufacturas, el desarrollo de grandes urbanizaciones y altas inversiones en educación pública. En este ámbito, Singapur ocupa el primer puesto a escala mundial, según el último informe PISA. Una de las claves de este éxito parece ser el uso de ordenadores y el empleo de la programación.

La historia de Singapur comienza en el siglo XIV. Desde entonces, su evolución se ha desarrollado durante siete siglos hasta alcanzar cotas insospechadas por aquel entonces. En la actualidad, este país es un ejemplo a seguir en todo lo concerniente a las *smart cities*. En este sentido, Singapur es un país de especial interés para aquellos profesionales españoles que quieren especializarse en esta materia.

La incorporación de estas herramientas en el sistema educativo es una de las líneas básicas del programa gubernamental Smart Nation, con el que se pretende convertir a Singapur en “un lugar donde las ideas se hagan realidad en el menor tiempo posible”. Este programa fue presentado en 2014 y son tres sus principales líneas de actuación: la atención a los mayores, la movilidad urbana y la seguridad de los datos.

Durante el discurso de lanzamiento de este programa, el primer ministro,

Lee Hsien Loong, abogó por “integrar toda la tecnología y sus posibilidades en un conjunto coherente y global. Esto hará que nuestra economía sea más productiva, nuestras vidas mejores y nuestra sociedad más receptiva a las necesidades y aspiraciones de nuestro pueblo. Nuestra visión es que Singapur sea una nación inteligente. Debemos verlo en nuestra vida cotidiana donde redes de sensores y dispositivos inteligentes nos permiten vivir de manera sostenible y cómoda. Debemos verlo en nuestras comunidades donde la tecnología permitirá que más personas se conecten entre sí con más facilidad e intensidad. Debemos verlo en nuestro futuro donde podemos crear posibilidades más allá de lo que imaginamos posible”.

Empresas españolas en Singapur

Con una apuesta tan decidida por la tecnología no es de extrañar que Singapur se encuentre a la vanguardia en el desarrollo de las más novedosas técnicas con el fin de conseguir un país absolutamente conectado.



Singapur

Ciudad de Singapur

Forma de gobierno

República parlamentaria

Presidente

Tony Tan Keng Yam

Moneda

Dólar de Singapur

Superficie

719 km²

Población

5.469.700 habitantes

Idioma

Inglés, malayo, chino mandarín y tamil

PIB

488.351 millones de dólares

En el terreno de las infraestructuras, según el ICEX, este país cuenta con destacadas instalaciones preparadas para la actividad económica y la distribución comercial. Cuenta con el segundo puerto por contenedores del mundo con importantes avances tecnológicos; es el tercer mercado en cambio de divisas del mundo y cuarta plaza financiera internacional.

Constructoras y consultoras en infraestructuras y medio ambiente, empresas de energía, productos químicos,

acero, moda, alimentación, materiales de construcción, entre otras, se han instalado en Singapur en los últimos tiempos, y son numerosas las que cubren la región ASEAN (Asociación de Naciones del Sudeste Asiático) desde este país. Las empresas españolas suponen el 1 % de las compañías europeas establecidas allí y competidores como Francia o Italia exportan varias veces más que nuestro país.

Singapur es un país estratégico en la región ASEAN, muy bien ubicado, con buena logística e infraestructuras asociadas para distribución de bienes y servicios en la región y para inversión en oficinas de representación, filiales o sucursales, o *joint ventures*.

En la actualidad, Singapur tiene importantes planes de desarrollo de infraestructuras programados para los próximos años, dependientes de la Land Transport Authority (LTA). Sobre todo, las ferroviarias –MRT, en el caso de Singapur–, que se encuentran en un proceso de expansión. Este proyecto cuenta con una inversión de 40 billones de dólares de Singapur y tiene como objetivo para el año 2030 duplicar de 180 a 360 kilómetros las líneas de metro. Aparte de las acti-

vidades de consultoría/ingeniería y diseño, y construcción civil, hay más de 5.000 millones de euros para contratistas especializados. Según los datos del ICEX, en los tres próximos años están previstas las licitaciones de varias líneas de metro. El pasado 17 de junio finalizaron las adjudicaciones de los concursos de la línea Thomson East Coast Line que consta de 43 kilómetros y 31 estaciones. Actualmente, están pendientes el cierre de la Circle Line y la Cross Island Line.

Además, hay en marcha otras obras como el Deep Water Sewage, un amplio sistema de túneles y canalizaciones subterráneas, cuyos trabajos de construcción de su segunda fase comenzarán en 2017. Esto supondrá una verdadera oportunidad para las empresas del sector que tengan interés en introducirse en el mercado de Singapur, y tendrá muchos kilómetros de túneles profundos y enlaces. También hay previstas otras obras de canalización del Public Utility Board, la ampliación de la terminal 5 del aeropuerto de Changi y diversas obras de relleno marítimo o *'land reclamation'*. También está previsto un tren de Alta Velocidad que llegará a Kuala Lumpur (Malasia) para 2026. Serán 350 kilómetros que se recorrerán en 90 minutos y cuenta con una inversión de unos 18.000 millones de dólares.

Otro desarrollo importante va a ser la Autopista Norte-Sur, de más de 21 kilómetros que conectará núcleos urbanos en el norte de la isla con el centro de la ciudad mediante un corredor con carriles de autobús y para bicicletas. La licitación de este proyecto está prevista para el año 2017.

De todos estos proyectos están muy pendientes empresas españolas



como Tyspa, Acciona, Ineco y ACS. Todas ellas cuentan entre sus filas con profesionales altamente cualificados que pueden intervenir en ellos.

Para facilitar la competitividad de nuestras empresas y la capacitación de los ingenieros de Caminos españoles en el desarrollo de estos proyectos, la Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España, conjuntamente con el Colegio de Ingenieros de Caminos, ha colaborado en los procesos de selección de personal de la LTA incorporando más de 20 ingenieros de Caminos a dicha organización, así como en el reconocimiento de los títulos ante las autoridades competentes de Singapur, la Building Construction Authority (BCA) y el Professional Engineering Board (PEB). De este modo, se facilita la participación de empresas españolas y los requisitos exigidos por la LTA para la participación en sus obras de empresas españolas.

Como explica Oliver García, representante del Colegio en Singapur, “los *Professional Engineer* (PE) en su rama civil son los profesionales que tienen la competencia para firmar cálculos y proyectos y desarrollar la dirección y supervisión de obra de los proyectos de la misma manera que los ingenieros de Caminos en España. Para obtener la licencia como PE se necesitan, aparte de los requisitos académicos de poseer un título de ingeniería civil de una facultad reconocida por el PEB, se requieren cuatro años de experiencia trabajando en Singapur y varias fases de exámenes de oposición bastante duros”. Como afirma José Luis Arévalo, ingeniero de Caminos de Tyspa, “un Ingeniero de Caminos español puede ejercer una labor de consultoría en Singapur con normalidad sin mayores requisitos que un contrato de trabajo. Hasta marzo de 2015 el título no estaba reconocido por las autoridades del país y eso conllevaba unas enormes limita-

ciones. Gracias a la labor desarrollada por la Oficina Comercial de la Embajada española, en conjunción con el Colegio, se ha logrado que los títulos de ingenieros de Caminos expedidos por cinco universidades españolas sean reconocidos como tal, de manera que tras un año de profesión en Singapur los ingenieros de Caminos puedan ser considerados *Resident Engineers*, labor que permite competencias limitadas de supervisión y ejecución de obras, por la Building Construction Authority. El próximo paso, en el que ya está trabajando nuestra embajada es que podamos ser considerados *Professional Engineers*, lo cual supondría un enorme éxito”.

En la actualidad, tanto la BCA como el PEB han reconocido los títulos universitarios de cinco universidades españolas: la Universidad Politécnica de Madrid, la Politécnica de Cataluña, la Politécnica de Valencia, la Universidad de Cantabria y la Universidad Alfonso X el Sabio.

Esta gestión, según aclara el responsable del Servicio Internacional del Colegio de Ingenieros de Caminos,

José Francisco Sáez, “ha conllevado la recopilación de los planes de estudio de todas las titulaciones conducentes al ejercicio de la profesión regulada de ingenieros de Caminos en inglés y su envío a ambas instituciones competentes. En una primera resolución del BCA, se validaron una serie de titulaciones. Sobre esta primera resolución, el PEB revisó esta misma documentación y visitó las universidades de las titulaciones validadas en primera instancia por la BCA el pasado mes de mayo de 2016, reconociendo a su vez estas mismas titulaciones en su resolución del pasado mes de noviembre”.

En base a estas resoluciones, los ingenieros de Caminos con título universitario de estas facultades reconocidas por la BCA y que lleven un año trabajando en Singapur podrán solicitar el su licencia de *Resident Engineer* en el área de ingeniería ‘civil y estructural’, lo que les habilita para realizar labores de supervisión de obras y proyectos y desarrollar carrera profesional propia de la dirección de obras. Esta posición es sin embargo, subsidiaria

a la figura con máxima posición de responsabilidad, como *Qualified Personal Supervision* (QPS) para la cual se necesita ser *Professional Engineer* (PE).

Sin embargo, el reconocimiento de esos mismos títulos por el PEB, permitirá a los ingenieros de Caminos españoles de las facultades reconocidas, una vez realizado el trámite de reconocimiento, ejercer en las mismas condiciones que cualquier otro profesional de Singapur que haya obtenido la licencia PE.

En la actualidad, ninguno de los ingenieros de Caminos españoles está en posesión de ninguna de estas licencias de *Resident Engineer* o *Professional Engineer*, ni siquiera aquellos que trabajan en la propia LTA. Como señala el representante del Colegio, “normalmente las empresas que demandan estas posiciones requieren ingenieros con experiencia previa en obras similares en Singapur. Ahora mismo, para un recién llegado a Singapur, esa experiencia solamente podría ser obtenida trabajando en una consultoría internacional en puestos de entrada





o en empresas de dirección de obra en posiciones inferiores a *Resident Engineer*, como *Resident Technical Officer*, cuyo equivalente español es el encargado de obra, con condiciones económicas no atractivas para el alto coste de vida en Singapur”.

La gran mayoría de los ingenieros de Caminos españoles desarrolla su labor en empresas españolas o administraciones públicas. El desconocimiento de la capacitación de nuestros profesionales en Singapur merma su empleabilidad siendo uno de los principales hándicaps que tienen estos profesionales en su día a día. Prueba de ello es la exigencia de los empleadores en identificar esta titulación al Acuerdo de Washington. Este acuerdo, iniciado en 1989, es un convenio internacional entre entidades acreditadoras de programas de Ingeniería, en el que el único país firmante de habla española es Costa Rica. Este acuerdo reduce en los países firman-

tes las exigencias académicas para los trámites de reconocimiento profesional y expedición de la licencia o registro profesional de ingeniería, pero no hace automático este procedimiento. Esto se debe a que la mayoría de los países firmantes tienen requisitos complementarios a los de formación académica para el registro profesional.

Typsa, ampliando negocio

Como aseguran desde Typsa, la centralidad geopolítica y económica está desplazándose hacia el este con cada vez mayor rapidez. El lejano Oriente se está convirtiendo, y cada vez es más patente, en el verdadero centro del mundo. Los países asiáticos se han subido definitivamente al carro del desarrollo económico, y su economía crece con mucha fuerza.

Los países que conforman la ASEAN tienen una economía dinámica, una población joven cuyo nivel de formación crece rápidamente y con 600

millones de habitantes conforman un mercado de enorme importancia. Se trata además de países que en su mayoría tienen un acusadísimo déficit en infraestructuras básicas, y que requieren una ingente inversión en el desarrollo de las mismas para no estrangular su crecimiento.

En este contexto, Typsa decidió apostar por este mercado y para ello en 2015 optaron por establecer una representación permanente en la zona, precisamente, en Singapur. Entre las razones: su excelente comunicación con todos los países de la zona, la facilidad de establecimiento y la pujanza de su propio mercado interno.

Singapur, a pesar de ser un país muy pequeño, tiene un mercado interior de infraestructuras que ya por sí solo justifica una atención muy especial. Esta ciudad-estado está trabajando para darle a su ciudadano la mejor conectividad a través del transporte público. Con 200 kilómetros de líneas de metro construidos en menos de 30 años, la previsión es seguir aumentando en 150 kilómetros más para los próximos 12 años. Lo mismo ocurre con el aeropuerto, que tiene un plan para una nueva terminal para una capacidad final de 85 millones de pasajeros al año. Los planes de crecimiento, también incluyen dotaciones como nuevos hospitales, universidades, museos, etc.

De hecho, en este año 2016 Typsa ha constituido una filial en el país desde la que se está participando muy activamente en la búsqueda de oportunidades locales. Se trata de un mercado maduro, complejo y competitivo, en el que las grandes empresas de consultoría global llevan décadas establecidas con éxito. Sin embargo, se trata también de un mercado transparente

y en el que se aprecia una búsqueda por parte de los clientes de soluciones novedosas y una mayor eficiencia en el diseño y en la construcción.

Typsa está trabajando o participando en concursos de consultoría en áreas tan diversas como el saneamiento y tratamiento de aguas, autopistas subterráneas, metro, alta velocidad ferroviaria, puertos y aeropuertos. La inversión en infraestructuras en este nuevo año 2017, ya de por sí ingente, se espera que crezca, en el ámbito de una política de estímulos por parte del gobierno de Singapur. En la dicotomía en la que se debaten los clientes, ávidos de nuevas ideas pero recelosos de confiar en consultores “no tradicionales”, Typsa tiene grandes esperanzas puestas en este mercado y espera consolidarse con gran vocación de permanencia.

Por otra parte, Singapur constituye la base de operaciones para la actividad en toda la región del sudeste asiático para Typsa. Este mercado no se caracteriza por tener muchas reglas comunes, con economías muy diversas, ámbitos culturales muy diferentes, políticas de inversión de todo tipo, pero tienen una característica común, y es la necesidad urgente de creación de infraestructuras (transporte, saneamiento, energía...). El acceso a estas necesidades básicas no está ni mucho menos asegurado a los casi 600 millones de habitantes que viven en esta región, donde la renta per cápita media es de 4.000 dólares estadounidenses y que tienen un crecimiento estimado para los próximos años del 4-6 %.

Singapur es una ciudad cosmopolita, multicultural, multirracial y multilingüe, donde el inglés es el idioma oficial y de los negocios. Hacer ne-

gocios en Singapur implica el hecho de construir relaciones (y se podría extender al resto del sudeste asiático), en general prefieren trabajar con personas que conocen y en quienes confían. La presencia estable es imperativa para el éxito, y esa es la razón que motivó a Typsa establecerse con carácter permanente en la región.

En la actualidad, Typsa trabaja con el objetivo de crecer en el país, convertirse en una de las ingenierías de referencia en Singapur y participar en sus grandes planes de infraestructuras.

Acciona, nueva delegación en Singapur

Acciona Infraestructuras cuenta con una oficina permanente en Singapur desde abril de 2016. El objetivo de este establecimiento es promover lazos e iniciativas que fomenten el comercio y la inversión en la región. Desde esta oficina, el grupo busca consolidar su presencia tanto en el país como en toda la región Asia-Pacífico.

La decisión de elegir Singapur para establecer su oficina se realizó tras barajar diferentes opciones. Este país ofrece estabilidad política y facilidad para hacer negocios al contar con un régimen fiscal favorable para el desarrollo de proyectos de infraestructuras y con un alto volumen de inversión en este tipo de proyectos. Además es uno de los países de la zona que ofrece mejores conexiones.

Acciona, a través de sus unidades especializadas de puentes, carreteras y estructuras especiales; ferrocarriles y túneles, y puertos y obras hidráulicas, así como de su línea de negocio de agua, busca establecerse aún más en esta zona.

La experiencia de Acciona en el desarrollo de infraestructuras innovadoras y comprometidas con el desarrollo sostenible supone un importante valor añadido de carácter técnico para los proyectos que se ejecutarán en los próximos años.



Ineco, optimizando el aeropuerto de Changi

Desde la delegación Asia-Pacífico de Ineco, inaugurada en 2013 y dirigida por Javier López-Villalta, esta compañía está desarrollando actualmente, entre otros, el marco regulatorio del sector ferroviario de Malasia y el estudio de viabilidad del corredor de alta velocidad Nueva Delhi-Calcuta en India. En Singapur ha dado apoyo de manera consistente a la Autoridad de Aviación Civil (CAAS) durante los últimos cuatro años en diferentes estudios de navegación aérea:

- Revisión y diseño de los procedimientos de vuelo instrumental en el concepto *Performance Based Navigation* (PBN), finalizado en 2013.
- Revisión de las operaciones de control del tráfico aéreo, concluido en 2014.

- Revisión y diseño de los procedimientos de vuelo instrumental en el aeropuerto internacional de Changi, acabado en 2015.

Con estos trabajos de implementación, el espacio aéreo de este crucial centro financiero asiático se ha puesto al día con las recomendaciones de la OACI en lo que se refiere a implantación de procedimientos de vuelo instrumental basados en el concepto *Performance Based Navigation* (PBN) que establece los requisitos básicos, en términos de prestaciones de navegación, que deben cumplir las aeronaves en un espacio aéreo en concreto, independientemente del tipo de sensor de navegación del que se disponga a bordo. El aeropuerto de Changi, considerado uno de los mejores del mundo, es una de las principales puertas de entrada en Asia para los viajeros internacionales que

viajan a Singapur o hacen escala allí. Este aeropuerto, que maneja un total de 52 millones de pasajeros al año, aumentará su capacidad de tráfico en un 25 % con la construcción de su cuarta terminal, cuya finalización está prevista para 2017 y está igualmente planificando una nueva, la quinta, que elevará el tráfico por encima de los 100 millones de pasajeros anuales. Changi ha recibido multitud de galardones desde que abrió en 1981 –más de 400– entre ellos el premio en 2013 de la revista *Business Traveller* al mejor aeropuerto del mundo.

Los trabajos de Ineco han consistido en la revisión de los procedimientos instrumentales de salida y llegada basados en RNAV1 y el diseño de nuevos procedimientos de aproximación instrumental RNPAPCH al aeropuerto de Changi, situado a unos 20 kilómetros al noreste de la ciudad



de Singapur. Para este aeropuerto se han diseñado, en concreto, procedimientos de aproximación para dos de las tres pistas, la 02C/20C y la 02L/20R, junto con las cartas de navegación correspondientes. Por otro lado, los expertos de la compañía han dado soporte a los vuelos de validación.

Con este contrato, Ineco ha afianzado su posición en Singapur, donde presta también asesoramiento a otros departamentos de la CAAS, junto con otros consultores, en cuestiones regulatorias y financieras.

Para Ineco, la región Asia-Pacífico supone un área de gran potencial con numerosos proyectos punteros a nivel mundial en el sector de los transportes. Singapur en particular, pese a su pequeño tamaño, concentra algunos de los proyectos más relevantes, como son la ampliación del aeropuerto de Changi, la expansión de la red de metro o la nueva línea de alta velocidad que lo unirá con Kuala Lumpur (Malasia). Es por ello que Ineco decidió establecer allí la oficina regional para dar cobertura a toda la zona de Asia-Pacífico.

ACS, en Singapur a través de Tedagua

A principios de 2016, ACS entró en Singapur a través de su filial Tedagua para el diseño y la construcción del mayor proyecto de agua de Singapur: la desaladora de Tuas 3. Esta desaladora, situada al oeste de Singapur, tendrá una capacidad de agua producto de 136.000 m³/día y Tedagua tiene la responsabilidad principal de la ingeniería de diseño del proceso de la planta, así como los aspectos clave de su construcción y puesta en marcha. Esta desaladora es una de



las mayores instalaciones por ósmosis inversa de la región.

ACS pretende convertir este proyecto en la clave para su expansión en los mercados del sur de Asia. Así, el pasado mes de julio, durante la Semana Internacional del Agua de Singapur de 2016, los responsables de Tedagua pudieron charlar con el Secretario Permanente de Singapur de Medio Ambiente y Recursos Hídricos, Choi Shing Kwok, quien se interesó por el papel que desarrolla Tedagua en esta desaladora de Tuas 3. Asimismo, mostró interés en conocer los planes de Tedagua para desarrollar su presencia en Singapur y la región de Asia Pacífico.

Ingenieros de Caminos españoles en Singapur

En la actualidad, trabajan en Singapur unos 40 ingenieros de Caminos españoles. 24 de ellos trabajan en la LTA. En 2012 fueron contratados dos ingenieros españoles que residían en aquel país. Al año siguiente, este organismo acudió a España para reclutar más

profesionales. De estas gestiones, 16 ingenieros de Caminos se desplazaron a trabajar a Singapur. Como afirma Oliver García, delegado del Colegio en este país, “después de finales de 2015, el reclutamiento se ha ido ralentizando. LTA decidió en su momento traer ingenieros españoles por la escasez que tenía mientras terminaba la línea de metro Downtown Line y empezaba las nuevas. Conforme se finaliza la Downtown Line, LTA recoloca a los ingenieros en plantilla a las nuevas líneas”. En este caso, la contratación de los ingenieros españoles se hizo teniendo en cuenta las necesidades de los puestos a cubrir y examinando la experiencia curricular individual de cada uno de los candidatos. El delegado del Colegio también señala que “ninguno de los puestos cubiertos en LTA tiene responsabilidades de firma de cálculo o proyectos propias de un PE”.

José Luis Arévalo, ingeniero de Caminos de Tyspa, vuela cinco veces al año a Singapur. Como él mismo señala, “desempeño una frenética labor comercial para el desarrollo



de negocio de Typsa, en el país y la región. Establecer alianzas con potenciales socios, ganar la confianza de los clientes y definir la estrategia de nuestra empresa ocupa la mayor parte de mi tiempo, junto con la gestión de nuestros trabajos en el área”.

Por su experiencia, “de España se sabe poco en el país. Se conoce el fútbol, la cocina y tres o cuatro detalles pintorescos. La ingeniería española es todavía una gran desconocida, aunque nosotros y otros muchos colegas de la profesión estamos trabajando activamente para cambiarlo”. En este sentido, se refiere, entre otros, a los casos de compañeros que trabajan para la LTA. “Este organismo contrató hace 4-5

años su primer ingeniero español y, desde entonces, ha recurrido a las universidades españolas para incrementar ese número hasta los 20-30 que ahora mismo tiene en plantilla. La razón que les ha llevado a ello es que estos jóvenes ingenieros han desarrollado una labor excelente, y por otra parte en la LTA conocen a la perfección, y miran con gran envidia, las obras de ingeniería que se han desarrollado en España”.

El salario medio de un ingeniero en Singapur depende de las categorías. En un nivel de entrada y experiencia previa en España, entre 5 y 10 años, puede rondar los 4.500 dólares de Singapur, una cantidad no muy elevada si se tiene en cuenta el alto nivel

de vida del país, donde como asegura Oliver García, “es prácticamente imposible encontrar un alquiler de un piso decente por debajo de los 2.000 dólares. Igual de elevado es el coste de la cesta de la compra y de los viajes por la larga distancia. En estas condiciones, muchos compañeros se ven obligados a compartir piso. En el caso de tener hijos, las condiciones económicas pueden ser insostenibles si los dos padres no trabajan simultáneamente”. Como afirma José Luis Arévalo, “según el ICEX, los precios en Singapur son, de media, un 40 % superiores a los de Madrid, pero esa cifra esconde situaciones muy dispares. En Singapur, por ejemplo, se puede comer de forma muy razonable y variada por un precio absurdamente

bajo, pero a cambio el precio de alquileres puede triplicar con facilidad el de un buen piso en Madrid. Comprarse un coche, por poner otro ejemplo, es algo carísimo, pero a cambio el transporte público es tan eficiente y los taxis tan baratos que no es necesario. Si se tiene familia, la escolarización de los hijos es también carísima, así como los seguros de salud, y eso debe tenerse muy en cuenta”.

Para este ingeniero de Typsa, “Singapur es un país amable para vivir. Muy seguro, tranquilo y cómodo, con excelente comida, muchas actividades de ocio y situado a una o dos horas de vuelo de auténticos paraísos terrenales. Pero obviamente cualquier persona que viva en Singapur echará de menos ciertas cosas de España. En Singapur, a diferencia de la mayor parte de Asia, se puede estar en la calle, pero no podemos comparar con la vida ciudadana que encuentras en España. Lo que sí tengo claro es que es uno de los mejores destinos de expatriación que se puede ofrecer a nadie”. **ROP**



Oliver García

Delegado del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos en Singapur



José Luis Arévalo

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos de Typsa





Santiago Elorza

Consejero de Comercio en la Embajada de España en Singapur

“Singapur ofrece un emplazamiento óptimo en la zona ASEAN”

En cifras de inversión, ¿se puede cuantificar la presencia de las empresas españolas en Singapur?

Según la Secretaría de Estado de Comercio de nuestro país, la posición inversora de España en Singapur es de 730 millones de euros. Singapur sería el destino 43º de la inversión española en el mundo, escasa inversión relativamente, si se toma en consideración que Singapur es el 6º receptor mundial en inversiones directas según la UNCTAD (Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo).

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

Singapur es un emplazamiento líder en la región ASEAN para negocios por su seguridad jurídica, protección de propiedad intelectual, régimen fiscal benévolo para empresas y particulares, ausencia casi completa de aranceles, facilidad para crear empresas y dotación logística en sentido amplio (parques industriales y zonas para industria petroquímica, biotecnología, almacenaje...) y ciertos incentivos a innovación. Puede ser más caro invertir en Singapur que en otro país ASEAN, pero para una empresa competitiva que se interese por ASEAN puede resultar un emplazamiento óptimo y, de hecho, hay 11.000 empresas europeas y más de 100 españolas en sectores variados como el financiero, la energía,

el químico, la construcción y sus materiales, moda, alimentación, tecnología marítima, entre otros.

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

Primero debería registrarse como empresa en el país y debe obtener también la calificación apropiada con la BCA, según un baremo de criterios, como experiencia en obras (para grandes proyectos se exige experiencia en Singapur), situación y capacidad financiera, dotación de recursos humanos aceptada en Singapur. De ahí la importancia de la cuestión de acreditaciones de títulos de ingenierías especialmente. La BCA asigna a cada empresa una calificación en función de las referidas variables y ello abre o no la posibilidad de acceso a diferentes licitaciones. Es conveniente presentarse en UTE con otra empresa preferiblemente local, y también hay posibilidad de subcontratar obras.

¿Existe una legislación o algún convenio bilateral que favorezca el trabajo de las empresas constructoras españolas en el país? ¿Y de los ingenieros de Caminos españoles en el país?

Singapur no trata esta cuestión como tal mediante acuerdos bilaterales, sino que saca a licitaciones abiertas sus

proyectos de construcción e ingeniería y diseño que sacan las distintas agencias especializadas sectorialmente (en transporte terrestre, aguas, transporte aéreo, etc), valorando las condiciones técnicas de las ofertas concretas de empresas que se presenten y, algo muy importante, el precio ofertado.

No hay tampoco un convenio para ingenieros por países, aunque sí hay restricciones para computar dotaciones de ingenieros cara a los proyectos y se benefician los de universidades o centros en la órbita de la Convención de Washington, aunque más recientemente admiten los títulos de otros centros de otros países, pero filtrando, y previo examen individual muy selectivo, las universidades, tomando como referencia básica rankings internacionales.

Hay un Acuerdo de Libre Comercio e Inversiones UE-Singapur, que podría entrar en vigor a fines de 2017 o comienzos del 2018 y que alude a la posibilidad de negociaciones entre asociaciones profesionales de países de la UE y de Singapur, pero es una puerta de entrada más bien a dos o tres e incluso más años vista y que previsiblemente nunca será masiva, ni por países, sino selectiva.

Ante todas estas limitaciones y condicionantes, la Secretaría de Estado

Santiago Elorza es actualmente responsable de la promoción comercial española en Singapur, como consejero económico y comercial de España en el país asiático. Es técnico comercial y economista del Estado y también ha desempeñado el cargo de Consejero Comercial en destinos como Seúl, Bangkok y Yakarta. Su carrera profesional le otorga un conocimiento privilegiado sobre la

situación comercial e inversora de la zona ASEAN, precisamente en Singapur, un país en el que muchos inversores establecen su base de operaciones y les permite afianzarse y consolidar su posición en este mercado. En este sentido, la labor de la embajada española y de su Oficina Comercial es primordial para el buen funcionamiento de las relaciones comerciales.

de Comercio de España inició en 2014 (a través de su Oficina Económica y Comercial en la Embajada de España en Singapur) y en coordinación con los Colegios de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos y de Ingenieros Industriales de España, un proceso de diálogo cara a una eventual (aunque por entonces poco probable) acreditación de títulos de al menos algunas universidades o centros españoles de forma selectiva inevitablemente por parte de Singapur. Este proceso está dando ciertos resultados, en los últimos años, bajo el condicionante de algunos requisitos.

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

Hay que aclarar que los ingenieros españoles pueden trabajar en Singapur (de hecho hay más de cuarenta, la mayoría en la Land Transport Authority, otros en empresas españolas) pero en funciones no del máximo nivel (que son las que están a priori restringidas para las especialidades de caminos, eléctrica y mecánica principalmente). Estas categorías de ingenieros no computan a efectos de recursos humanos exigidos a las empresas para obras (y correspondientes licitaciones) de importancia. Para ello, el ingeniero debe tener su título acreditado y cumplir ciertos requisitos ante la citada BCA

o el PEB (Consejo de Ingenieros Profesionales) y, por supuesto, hablar un muy buen inglés técnico y de conversación.

Desde la Secretaría de Estado/Oficina Económica y Comercial, en 2015 se consiguió que los títulos de nivel Máster de cinco universidades españolas de especialidad de Caminos fuesen acreditados por la citada BCA de Singapur. Ahora se acaba de obtener la acreditación de títulos nivel Máster de los ingenieros españoles en las especialidades de Caminos, Eléctrica, y Mecánica por el Consejo de Ingeniería Profesional, el PEB (Professional Engineering Board). Los ingenieros de esas universidades tendrán que cumplir además otros requisitos para firmar proyectos (en áreas de experiencia, con un examen teórico y práctico general...), pero la acreditación de títulos (siempre selectiva como decíamos) es condición necesaria.

¿Cómo se valora la mano obra española en Singapur?

Se quejan del nivel insuficiente de inglés (requisito indispensable), pero el suministro de curriculums de ingenieros españoles en los últimos tres o cuatro años a través de la Oficina Económica y Comercial en coordinación estrecha con los Colegios nacionales de Caminos, Canales y Puertos y de Ingenieros Industriales de España

ha dado sus frutos ante la BCA en la que trabajan unos 35 ingenieros actualmente y sabemos que están bien considerados.

¿Cuáles son los principales inconvenientes que tienen los españoles que van a vivir y trabajar a Singapur?

La elevada carestía del país es una cuestión importante, ya que para ingenieros jóvenes y con experiencias limitadas no se ofrecen salarios elevados. Pero si se quiere hacer carrera a medio plazo en Singapur es posible, sobre todo con las acreditaciones que se están obteniendo.

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

Que lo estudie bien y con anticipación antes de venir, porque no es fácil. Puede haber oportunidades (ante grandes obras de infraestructuras citadas) pero siempre de forma selectiva y en áreas concretas. La economía de Singapur es muy abierta en principio, y es rica y solvente, pero en los últimos años ha sufrido una desaceleración en el crecimiento y ha endurecido bastante su política de inmigración. Lo mejor es venir de la mano de una constructora o ingeniería española que ya está instalada o próxima a instalarse. También debe sopesarse la carestía, particularmente si se viene con familia. **ROP**

Construcción y bienestar. Oportunidades y retos

Intervención de Juan-Miguel Villar Mir, presidente del grupo Villar Mir, en la jornada 'El papel del sector de la construcción en el crecimiento económico: competitividad, cohesión y calidad de vida'^{*}



Es para mí una gran satisfacción participar en esta jornada titulada El papel del sector de la construcción en el crecimiento económico: competitividad, cohesión y calidad de vida, organizada por el Consejo Económico y Social de España, con motivo de la presentación del informe que lleva el mismo nombre. Y la satisfacción es aún mayor por tener la oportunidad de ofrecerles mi intervención titulada Construcción y bienestar. Oportunidades y retos. El Consejo Económico y Social de España (CES), a iniciativa de la Confederación Nacional de la Construcción, ha elaborado este informe con el propósito de recoger y poner de manifiesto las virtudes y destacar el papel que el sector de la construcción tiene en la economía española con especial acento no solo en el efecto arrastre y empuje que genera en otros sectores productivos, sino también en las nece-

sidades reales de infraestructuras que tiene actualmente nuestro país. Así, el CES, como órgano consultivo del Gobierno en materia socioeconómica y laboral, adscrito al Ministerio de Empleo y Seguridad Social y constituido por organizaciones representativas de los intereses de la ciudadanía, busca apoyar, con este estudio, al sector de la construcción y a su necesaria recuperación; recuperación que es imprescindible para contribuir de manera satisfactoria y sostenible al crecimiento económico, a la competitividad del tejido productivo, a la cohesión social y territorial y al bienestar de los ciudadanos.

Sin lugar a dudas, el sector de la construcción ha permitido a la España contemporánea avanzar en progreso y bienestar en tanto que ha posicionado a nuestro país en un destacado lugar a nivel internacional con la ejecución de

importantes infraestructuras. Y todo ello ha sido posible gracias al papel desempeñado por los ingenieros y arquitectos. Como ingeniero he de indicar que me siento muy orgulloso de pertenecer a un colectivo profesional que ha tenido la oportunidad de contribuir de una forma destacada al crecimiento y al progreso de España a través de la participación de la ingeniería y la arquitectura en las vertientes de la obra civil y de la edificación, en el periodo de mayor desarrollo y florecimiento del sector de la construcción en España, como ha sido el comprendido por casi tres décadas, desde el comienzo de los años 80 del pasado siglo hasta la drástica reducción de las inversiones públicas impuestas por la crisis global de 2007. Y es que tanto los ingenieros como los arquitectos tenemos como objetivo principal poner nuestros conocimientos al servicio de la sociedad y el bien común, para, a través de la creación de todo tipo de infraestructuras, aumentar el bienestar. Así, nos debemos sentir afortunados por haber tenido la ocasión y por seguir teniéndola, de participar y contribuir al gran despliegue de obras de ingeniería y edificación a lo largo y ancho de nuestro país, que nos ha permitido convertirnos en un referente mundial y nos ha llevado a contribuir, con la generación de renta, riqueza y empleo, a impulsar el progreso de todos los países en los que estamos presentes realizando construcciones de todo tipo de infraestructuras. Estructuraré mi intervención en cinco partes diferenciadas: iniciaré esta ponencia haciendo referencia a

las tres palancas del bienestar: la educación, la innovación y las infraestructuras; pasaré a continuación a referirme a la aportación capital de la ingeniería al progreso del conjunto del planeta Tierra; me centraré, posteriormente, en el papel fundamental que ha desempeñado el sector de la construcción como impulsor del crecimiento y del desarrollo en España y en el mundo; abordaré a continuación los grandes retos que tenemos que abordar en materia de I+D+i y de infraestructuras para caminar hacia un modelo de crecimiento sostenible; y finalizaré haciendo referencia a dos ideas fundamentales que nos deben acompañar en todas nuestras actuaciones: servir a los demás y hacer felices a los demás.

I. Construcción y bienestar

I.1. Las palancas del bienestar

Examinando la evolución histórica de cualquier pueblo podríamos resumir las grandes aspiraciones de las sociedades humanas en tres niveles:

- un primer nivel, de objetivos inmateriales, de libertad, de justicia y de paz;
- un segundo nivel, de objetivos de educación y salud, previos a la mayoría de las necesidades materiales;
- y un tercer nivel, de objetivos de creciente bienestar material, prácticamente sin límites.

Reconociendo la primacía de los objetivos superiores de libertad, justicia y paz, y de los también previos de educación y salud, nos centraremos en la aspiración permanente de cualquier sociedad de superar la pobreza y de alcanzar cotas cada vez más elevadas de bienestar material, lo que constituye, por tanto, una permanente prioridad para cualquier gobierno.

Al analizar esta aspiración de bienestar creciente, hemos de partir del reconocimiento de que ninguna familia, ningún grupo, ninguna empresa, ninguna sociedad y ninguna nación puede consumir a largo plazo más de lo que produce; y que, en consecuencia, niveles crecientes de bienestar solo son posibles con niveles también crecientes de producción por individuo, es decir de productividad.

En el interior de la empresa, los impulsores básicos para el incremento de productividad son la educación y las actuaciones de I+D+i, herramientas que siempre es preciso aplicar con rigor y eficacia. Ciertamente las empresas han de movilizar inversiones en capital humano, propiciando la formación de su personal y fomentando la innovación, como exigencias permanentes.

Si educación e I+D+i son requisitos esenciales para mejorar la eficacia interna de la empresa, para que ésta sea más competitiva debe apoyarse también en una eficacia externa, en unas economías externas, basadas en la disponibilidad de infraestructuras.

En cualquier país del mundo, las infraestructuras son factores externos a la empresa, pero claves para lograr la eficacia económica y la productividad. Este requerimiento de dotaciones suficientes de infraestructuras, especialmente de infraestructuras del transporte, es vital para el progreso de países y regiones.

I.1.1. Educación

La educación es un pilar fundamental de las sociedades avanzadas y la llave de acceso hacia un modelo de desarrollo sostenible basado en el conocimiento.

Es evidente que una población más educada realiza sus actividades con mejor preparación y por lo tanto con mejor eficacia y mejor productividad.

En lo que respecta a nuestro país podemos afirmar que hay mucho camino por recorrer en este ámbito. El gasto público en educación en 2014, según los resultados provisionales de la estadística del gasto público en educación del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, alcanzaba 44.846 millones de euros, lo que supone el 4,31 % en términos referenciados al PIB, el registro más bajo desde 2006.

En lo que se refiere a la distribución del gasto público entre las principales actividades educativas, la Educación Infantil y Primaria, incluida la Educación Especial, supone el 32,5 % del total de gasto público en educación, la Educación Secundaria y Formación Profesional el 29,1 % y a continuación se sitúa la Educación Universitaria con el 19,8 %.

Si analizamos los datos a nivel europeo, atendiendo a las últimas cifras de Eurostat para el año 2012, como último disponible, el gasto público total en educación en relación con el PIB en la Unión Europea se situaba en el 4,84 %. España se quedaba por debajo de la media (4,34 %), frente a Alemania (5,56 %), Francia (5,68 %) o Suecia (7,38 %), alcanzando esta última el mayor porcentaje.

Centrados en los retornos que puede ofrecer la educación desde el punto de vista del empleo y los salarios, podemos destacar que, comparado el nivel de formación alcanzado con el nivel de ocupación, hay que considerar que, según los datos de la Encuesta de Población Activa del año 2014, el 62,7 %

de la población de 25 a 64 años estaba ocupada y este porcentaje aumentaba con el nivel de formación, variando desde el 35,3 % para los que solo tienen el nivel de Educación Primaria o inferior hasta el 77,2 % para los que alcanzan la Educación Superior.

La tasa de paro alcanzaba el 26,8 % para el total de jóvenes de 25 a 34 años, observándose también claras diferencias según su nivel educativo: el 46,3 % para aquellos con Educación Primaria o inferior, el 34,6 % para los que tienen el nivel de 1ª etapa de Educación Secundaria, el 25,9 % para los de 2ª etapa de Educación Secundaria, y el 19,4 % para los titulados en Educación Superior.

Atendiendo a los salarios percibidos y el nivel de formación alcanzado, los salarios de los titulados superiores superaban a la media en un 21,6 %. En el otro extremo se situaba la población con nivel de Educación Primaria e inferior, cuyos salarios estaban un 32,6 % por debajo de la media. También el nivel de formación influye en los comportamientos culturales de la población, así en 2014 el 63 % de los titulados universitarios había visitado algún museo y el 44 % había asistido al teatro, descendiendo progresivamente hasta el 11 % y el 9 % respectivamente, para la población con Educación Primaria e inferior.

España presenta peor evolución que la media de la Unión Europea en lo que se refiere al abandono temprano de la educación y la formación entre 18 y 24 años. Así la media de la UE en 2014, como último dato disponible, ascendía al 11,2 % frente al 21,9 % de España. Entre los países de la Unión Europea que presentaban los registros más favorables se encuentran: Eslovenia,

4,4 %, Polonia, 5,4 % o Chequia 5,5 %, en tanto que economías de referencia en la UE como Alemania, Francia y el Reino Unido se situaban en el 9,5 %, 9,0 % y 11,8 %, respectivamente.

1.1.2. La innovación

Para precisar el concepto de la innovación debemos primero referirnos al conjunto de actividades de Investigación, Desarrollo e Innovación en sus tres fases diferenciadas y sucesivas en el tiempo:

- La primera fase, la investigación, consiste en aplicar recursos para la obtención de más conocimiento; es decir, aplicar recursos para ensanchar los límites del conocimiento científico.

- La segunda, el desarrollo, consiste en aplicar a la realidad los conocimientos científicos obtenidos mediante la investigación, para conseguir soluciones prácticas concretas, con nuevas tecnologías que, en cabal definición de la Real Academia Española, son, en efecto, “el conjunto de teorías y de técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico”.

- Y la tercera fase, la innovación, “creación o modificación de un producto y su introducción en el mercado” en definición de la Real Academia Española y que en esencia consiste en, por la aplicación de conocimientos, añadir valor a productos o procesos de cualquier tipo.

Innovamos, por tanto, cuando aportamos conocimientos que introducen cambios en productos o procesos, para que esos productos o procesos valgan más en el mercado. Y así, una economía innovadora, sin requerir un mayor consumo de factores de producción, es capaz de generar más valor añadido.

De un modo preciso, podemos decir que la innovación consiste en aumentar el valor añadido de productos o procesos por la aplicación de conocimientos.

De los conceptos expuestos resulta:

- Que en la fase de investigación estamos, valga la expresión, “metiendo dinero” en ampliar los conocimientos científicos.

- Que en la fase de desarrollo, para estudiar cómo aplicar los nuevos conocimientos científicos a la realidad, seguimos “metiendo dinero” en desarrollar tecnologías;

- Y que solo “sacamos dinero” de las actividades de I+D+i, cuando innovamos; es decir, cuando aplicamos los conocimientos obtenidos en las fases de I+D para aumentar el valor añadido de productos o procesos.

Así, es un hecho que la inversión en actividades de Investigación y la inversión en actividades de Desarrollo, es decir, la inversión en I+D, solo es útil cuando da lugar a innovaciones en las empresas, pues es solo en la fase de la innovación donde se producen aumentos de valores añadidos, que son los integrantes de la renta nacional.

Ese mismo razonamiento explica que las inversiones en I+D, cuando están orientadas a mejorar procesos o productos previamente definidos, son habitualmente rentables, tanto si son realizadas por el sector público como por el sector privado; mientras que “investigar por investigar” sin que la investigación haya nacido orientada a mejorar un proceso o producto concreto, conduce generalmente a gastos inútiles para la mejora del bienestar.

1.1.3. Infraestructuras

Las infraestructuras son instrumentos de cohesión territorial, económica y social. Son factores de incremento de la productividad y la actividad comercial y, en tanto que impulsa la generación de renta y la creación de empleo, son uno de los pilares de crecimiento y desarrollo de cualquier sociedad.

Es un hecho que redes deficientes de infraestructuras han sido un factor limitativo, y lo siguen siendo, para el desarrollo de la capacidad productiva y competitiva de cualquier país. Por el contrario, una dotación eficaz de infraestructuras permitirá la vertebración interna y será además un agente impulsor del crecimiento económico.

España, a lo largo de las dos últimas décadas del pasado siglo y la primera del actual, ha realizado un fuerte esfuerzo inversor en materia de infraestructuras del transporte, que le ha permitido contar con un sistema de transporte multimodal de primer nivel. Nada ha impulsado tanto el progreso de nuestro país y su cohesión territorial como la mejora de sus infraestructuras, factor siempre determinante para el desarrollo económico, al facilitar el acceso a los mercados, reducir los costes de transporte, impulsar el intercambio de bienes y servicios y aumentar la productividad.

Este exitoso desarrollo de las infraestructuras en España ha sido posible gracias a la labor de las administraciones e instituciones públicas españolas y, muy especialmente, a las capacidades diferenciales y competitividad de la industria nacional, cuyo liderazgo se reconoce en todo el mundo, presentándose a nivel internacional como uno de los sectores emblemáticos de la “marca España”. Así:

- cinco grupos españoles se posicionan entre los cincuenta constructores mundiales con más actividad internacional, según el ranking Engineering News Record 2016 y

- cinco grupos españoles se encuentran entre los diez mayores operadores privados de infraestructuras, según el ranking Public Works Financing 2015.

Y, sin lugar a dudas, para esta gran evolución y desarrollo de la construcción como sector de crecimiento ha sido decisivo la aparición de la ingeniería, como disciplina académica y como actividad profesional.

1.2. Ingeniería Y Bienestar

1.2.1. El lento avance del progreso hasta la era de la tecnología

La ingeniería, como generadora de la tecnología y cauce de su utilización, es otro de los grandes impulsores del progreso. Sin embargo, la fase que hoy vivimos de acelerado avance tecnológico no debe hacernos olvidar la inexistencia primero y la extrema lentitud luego, hasta épocas muy recientes, del avance tecnológico.

El avance técnico ha sido muy lento durante miles de años, de modo que, solo hace doscientos años, el hombre alumbra el nacimiento de la industria, lo que indica que hasta hace aproximadamente doscientos años, los avances de los niveles de vida y de bienestar estuvieron limitados por formas de vida esencialmente agrícolas y ganaderas, nómadas primero y sedentarias después, mezcladas con algunas actividades artesanales.

Si repasamos los principales antecedentes de nuestra civilización, como son Egipto, Mesopotamia, Grecia o

Roma, podemos constatar que, desde hace varios miles de años, el hombre consiguió importantes desarrollos en las artes e incluso en algunas ciencias. Pero esas antiguas civilizaciones no llegaron, en general, a ser capaces de aplicar sus conocimientos científicos a formas materiales concretas que mejoraran sustancialmente los niveles de bienestar de la población.

Desde el Renacimiento se van sucediendo, ya sin interrupción, los avances en la cultura, en las Bellas Artes y en todos los campos de la ciencia. Pero, como en la antigüedad clásica, los avances científicos no llegan en general a traducirse en formas materiales y aplicaciones concretas que mejoren los niveles de bienestar, hasta que la utilización de la máquina de vapor en Inglaterra, desde finales del siglo XVIII, genera un proceso de industrialización tan rápido que mereció el calificativo de revolución industrial, proceso, cuya base fueron los inventos y aplicaciones tecnológicas que, por primera vez en la historia del mundo y hace poco más de doscientos años, permitieron sustituir el trabajo manual del hombre por el de las máquinas, con lo que la humanidad comienza a pasar de la artesanía a la industria.

A finales del siglo XIX la industria inicia un avance gigantesco, cuyo punto culminante puede situarse en la introducción por Henry Ford, en los primeros años del siglo XX, de la cadena de montaje en movimiento.

La carrera del bienestar avanza, imparable, impulsada por los avances tecnológicos. Y, por su parte, los sistemas de organización de la producción van evolucionando, aumentando rendimientos, con nuevas concepciones de la organización productiva; concepcio-

nes apoyadas sucesivamente en criterios tecnológicos, con Frederick Taylor; ideológicos, con Henry Fayol; y participativos, con Douglas Mac Gregor. Y, así, aplicaciones tecnológicas y criterios organizativos ponen a la humanidad en una rampa de despegue hacia niveles crecientes de bienestar, cuya tendencia no parece admitir limitaciones cuantitativas.

1.2.2. La aplicación tecnológica de la ciencia

Es importante dejar constancia de que el mero conocimiento científico no fue capaz, a lo largo de la historia, de aumentar el nivel de bienestar de la humanidad; y que muchos siglos de avances científicos en materias básicas fundamentales, como las matemáticas, la física o la química, no se tradujeron en avances de bienestar hasta que el hombre fue capaz de transformar esos conocimientos científicos en aplicaciones prácticas a los problemas reales planteados.

Desde Arquímedes hasta Isaac Peral pasan 23 siglos, en los que el hombre conoce el comportamiento de los fluidos; pero no existe el submarino. Y lo mismo sucede con todos los restantes conocimientos científicos.

Solo cuando surge la aplicación tecnológica de la ciencia, solo cuando surge la ingeniería, aparece en la historia del mundo el avance del bienestar. Desde el comienzo de la sociedad industrial las sociedades humanas, para ser más eficaces, hubieron de recurrir a divisiones del trabajo total, para que distintos colectivos de la sociedad, al especializarse en distintos tipos de trabajos, pudieran conocerlos y realizarlos mejor. Y así surge, para cualquier organización productiva y para el conjunto de la sociedad, el gran principio de la división

del trabajo y de la especialización. Y así nacen los colectivos de las distintas profesiones y, entre ellas, las de ingenieros de distintas especialidades y arquitectos.

Estas distintas ramas tienen en común, como sustantivo, la condición de ingeniero o arquitecto; y tienen, como elemento diferenciador o adjetivo, la especialidad respectiva.

La ingeniería, en todas sus especialidades, es la transformadora del conocimiento científico en hechos tecnológicos; es el cauce capaz de transformar la ciencia pura y los avances científicos en aplicaciones concretas, en obras y en mecanismos que resuelven las necesidades y los problemas reales de la humanidad. Y todos los ingenieros y arquitectos han de ser necesariamente conocedores de las ciencias para, a partir de ellas, dar soluciones prácticas a los problemas reales planteados.

Con toda propiedad puede decirse que la ciencia y el avance científico son una condición necesaria pero no suficiente para el progreso de la humanidad; y que el progreso propiamente dicho se produce solo cuando los conocimientos

científicos son transformados por los ingenieros y arquitectos en aplicaciones tecnológicas concretas.

El regadío y los fertilizantes; la vivienda y el rascacielos inteligente; la carretera y el automóvil; la presa y la central eléctrica; el puerto y el gran mercante; la bombilla y el televisor; el avión y el satélite; el ordenador y las comunicaciones; todos ellos, realizados por ingenieros y tecnólogos de distintas especialidades, son elementos que han ido determinando las nuevas formas de vida, el progreso económico y el bienestar de la humanidad.

Así, ingenieros y arquitectos se configuran, por su formación científica y por su función tecnológica como los grandes constructores del bienestar material de la sociedad.

1.3. La construcción y las infraestructuras generadoras de progreso y bienestar

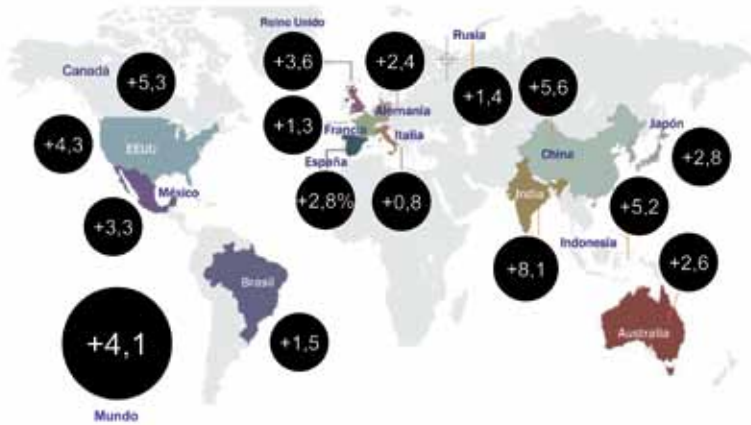
1.3.1. El sector de la construcción. Evolución y trayectoria de las empresas españolas

Si en España han sido decisivas las empresas constructoras para el desa-

	Tamaño mercado (Miles mill. €)	% sobre PIB país	Facturación en € per cápita
Mundo	8.197	13,7	1.115
U.E. 28	1.658	11,7	3.262
Alemania	303	10,0	3.731
Francia	282	12,9	4.253
Reino Unido	305	11,9	4.707
Italia	173	10,6	2.845
España	154	14,2	3.319

Fuente: IHS Global Insight, Junio 2016. Datos reales

Mercado de la construcción 2015 en España, Europa y el mundo



(*) CAC anual en el periodo
Fuente: IMF Global Insight, Junio 2016. Datos expresados en millones nominales.

Mercado global. Previsiones de crecimiento 2015-2020

rollo de nuestro país, esa importancia se puede extrapolar a Europa y también al conjunto del planeta Tierra.

Así, centrados en el sector de la construcción en 2015 podemos destacar que:

- en la UE-28 supuso un mercado de 1.658 miles de millones de euros, con un peso cercano al 12 % de su PIB, en tanto que generó cerca del 7 % del empleo, aproximadamente 15 millones de trabajadores;

- en el mundo, el tamaño del mercado de la construcción se situó en una cifra cercana a los 8.200 miles de millones de euros con un porcentaje, en términos de PIB, próximo al 14 %, y cerca del 4,6 % del empleo, según datos correspondientes a 2012 como últimos disponibles.

Conviene señalar que las previsiones para ambos mercados son positivas en términos de crecimiento. Euroconstruct prevé que el mercado europeo aumente un 2,6 % en 2016, un 2,7 % en 2017 y un 2,4 % para 2018.

En lo que respecta al conjunto del mundo, las estimaciones son de un crecimiento del 4,1 % en tasa media acumulativa para el periodo 2015-2020.

Centrados en las empresas españolas, nuestros grupos constructores tienen una posición de liderazgo internacional. La industria española de las infraestructuras de transporte es la segunda a nivel mundial por detrás de

China facturando casi 60.000 millones de dólares (aproximadamente 54.000 millones de euros) y se sitúa por delante de EE. UU., Corea y Francia.

Y es que nuestro sector de la construcción viene dejando desde hace varias décadas, su impronta en el exterior. Fue en la segunda mitad de los años sesenta, cuando algunas constructoras españolas comenzaron a desarrollar una estrategia de internacionalización. Así ocurrió, entre otras, con Entrecanales y Távora, y con Huarte (la H de OHL) que en 1968 trazó un plan de expansión en el exterior para diversificar riesgos, conseguir mayor prestigio además de colaborar con el Gobierno de España en el impulso a las exportaciones.

Y con comienzos modestos a finales de los 60, la actividad internacional no paró de crecer, haciéndose muy intensa en periodo 1981-1984, coincidiendo con la crisis del sector de la construcción en España.

Esta primera fase de internacionalización tuvo una trascendencia indudable



Evolución de la facturación y contratación en el exterior de las empresas constructoras de Seopan

para las constructoras españolas por lo que supuso de aprendizaje en el proceso y de acumulación de experiencias fuera del país.

Entre 1968 y 1982 el sector exportó 248 proyectos por importe de 4.842 millones de euros. Esta actividad fue la más importante, en número y en volumen, con diferencia respecto de la realizada por el resto de todos los sectores industriales de España.

Durante la mitad de los años ochenta, el dinamismo del mercado nacional de construcción reorientó la actividad de las constructoras españolas hacia el interior de las fronteras de nuestro país y la actividad internacional se redujo drásticamente aunque no se abandonó.

Por otra parte, la expectativa de creación del mercado interior en la Unión Europea, en 1993, obligó a las empresas españolas a pensar en el mercado europeo, un reto entonces pendiente ya que las dificultades para penetrar eran muy elevadas debido al dominio en cada mercado de constructoras locales.

En respuesta a estos retos así como:

- a la contracción del mercado interno ocurrida entre 1991 y 1994,
- a la caída de la inversión pública en obra civil, debido a la restricción presupuestaria (convergencia hacia la moneda única), y
- a los cambios en el modelo de licitación de las obras públicas (adjudicación mediante concesión),

Las grandes constructoras españolas acometieron, durante la segunda mitad de los años noventa, una estrategia de

concentración, diversificación e internacionalización, con el objetivo principal de ganar capacidad competitiva en un entorno global más abierto.

La concentración dio lugar a los seis grandes grupos constructores y concesionarios actuales, que consiguieron el tamaño mínimo necesario (y más experiencia, como es el caso de la actividad concesional, basada en la ya adquirida en España en los años 60) para enfrentarse a la competencia por grandes contratos internacionales.

1.3.2. La necesidad de invertir en infraestructuras

Desde el punto de vista global, existen diversos estudios que tratan de cuantificar las necesidades de inversión en infraestructuras a nivel mundial en los próximos años. Uno de los más destacados es el realizado por el McKinsey Global Institute con horizonte en el año 2030 y que cifra en 57 billones de dólares la inversión requerida para el periodo 2013-2030, con miras a cumplir una serie de objetivos entre los que se encuentran:

- Cumplir con los requisitos humanos básicos definidos dentro de los Obje-

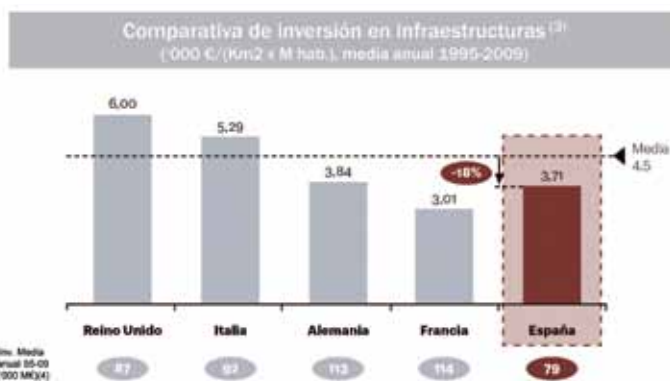
tivos de Desarrollo del Milenio de las Naciones Unidas.

- Modernizar por completo la red de transporte.

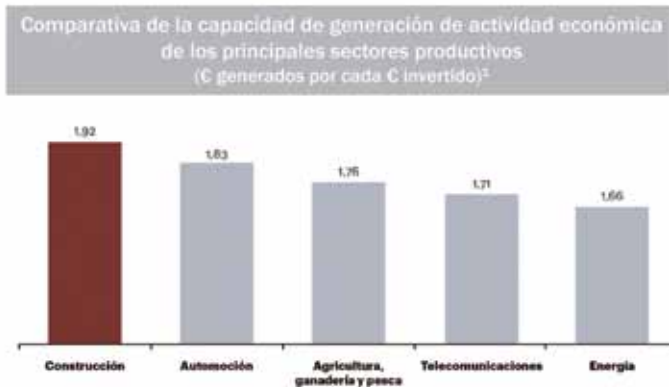
- Sentar las bases para la futura competitividad global.

En lo que respecta a España, la apuesta futura por las infraestructuras debería centrarse en:

- Impulsar el desarrollo económico a través de la inversión productiva en infraestructuras.
- Mejorar la calidad del transporte y la movilidad.
- Incentivar la colaboración público-privada.
- Mejorar la eficiencia en la planificación y la gestión.
- Apostar por la intermodalidad del transporte, es decir, por la integración óptima de los diferentes modos de transporte de modo que en cada caso se garantice el sistema integrado más eficiente con incremento de la compe-



Fuente: Anual macro-económico de la base - European Commission. Correspondiente a la formación bruta de capital fijo de obra civil y edificación no residencial (tanto pública como privada)



(1) Fuente: Informe de A.T Kearney para DECPAN, Septiembre de 2015.

titividad de los operadores y con un desarrollo coordinado de infraestructuras lineales y nodales.

- Reforzar las conexiones ferroviarias.

- Impulsar la liberalización del sector ferroviario ya iniciada en el transporte de viajeros con el objetivo de dotar al mercado de mayor oferta de servicios, disponer de precios más competitivos y aumentar la utilización del transporte ferroviario.

1.3.3. Contribución de las infraestructuras al crecimiento de España
Durante las últimas décadas, España ha visto sensiblemente reducido el histórico déficit de infraestructuras que padeció en épocas anteriores dentro del contexto europeo.

Este objetivo se ha logrado con criterios de eficacia y eficiencia, mediante un esfuerzo económico de inversión inferior en un 18 % al realizado en los países europeos de referencia como Alemania, Francia, el Reino Unido o Italia y con unos costes de producción inferiores en un 30 % a los reconocidos para infraestructuras equivalentes en la mayoría de estos países.

La inversión en infraestructuras es un gran motor de actividad económica, que en los últimos años ha generado en España un impacto económico total de 1,6 billones de euros con 840.000 millones de inversión. Cada euro de inversión en infraestructuras casi duplica su valor, generando 1,9 euros en actividad económica, debido a la gran demanda inducida de bienes y servicios de otros sectores, con captura muy mayoritaria de actividad económica en el propio país y elevada generación de empleo directo e indirecto.

La construcción es el sector productivo que más actividad económica genera. Y en el retorno de actividad generada en el conjunto de la economía, por cada euro invertido en el sector, la construcción queda por delante del sector automoción, con un retorno de 1,83 euros, y de la agricultura, ganadería y pesca, con un retorno de 1,76 euros.

En tanto que el retorno fiscal del gasto en infraestructuras es, además, del 50 %, recuperándose, mediante impuestos, tasas y cotizaciones, medio euro por cada euro gastado.

Así, un impulso de un euro sobre el gasto en infraestructuras permite al Es-

tado recuperar fiscalmente la mitad del euro gastado:

- 0,30 euros son recuperados a través del IVA y otros impuestos.
- 0,10 euros son recuperados a través de prestaciones por desempleo.
- 0,09 euros a través de cotizaciones.

Además, la inversión en infraestructuras ha sido un catalizador para el cambio hacia un nuevo modelo económico con mayor peso de las exportaciones. Así, la inversión en puertos ha permitido posicionar a España como la plataforma logística líder en el Mediterráneo, y contribuir al incremento de diez puntos porcentuales del peso de las exportaciones en el PIB desde 1995.

Por otro lado, la generación de riqueza local a través de la inversión en infraestructuras alcanza tasas muy elevadas en España, debido al menor peso de las importaciones en el sector (solo el 9 %), en comparación con las que se demandan en otros sectores productivos.

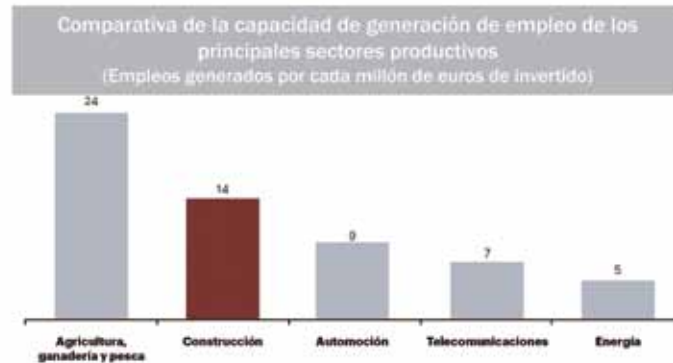
La inversión en infraestructuras ha contribuido asimismo a la mejora del bienestar social y de la calidad de vida de los ciudadanos: las carreteras de alta capacidad han permitido entre 1995 y 2010 que se multiplique por 2,5 veces el transporte de ciudadanos por carretera y que se divida por 10 veces la siniestralidad; las infraestructuras ferroviarias de altas prestaciones han reducido los tiempos de viaje por ferrocarril en un 50 % y las emisiones de CO₂ por pasajero en un 80 %; las redes de metro han supuesto una mejora de la movilidad urbana de un 40 % y un 50 % en Madrid y Barcelona, respectivamente; el ferrocarril subur-

banos ha aumentado sus usuarios en un 20 % con un ahorro estimado de 13.000 millones de euros desde 1995, como consecuencia de la disminución de la congestión, contaminación y accidentes.

El desarrollo de las infraestructuras urbanas también ha permitido reducir los costes externos asociados a la movilidad en coche. Entre los costes externos más relevantes se encuentran la congestión y atascos que hacen perder horas productivas o de ocio a los ciudadanos, los accidentes que tienen un alto coste social y económico, y la contaminación atmosférica que ocasiona la muerte prematura y otras afecciones de salud a numerosos residentes.

La inversión en infraestructuras es, por último, un factor generador de empleo de más intensidad que en otros sectores productivos; así el sector de la construcción genera 14 puestos de trabajo, directos e indirectos, por cada millón de euros invertido, solo superado por la agricultura, ganadería y pesca, con 24 y seguido por la automoción con 9. Y, durante los últimos diez años, el sector ha aportado una media anual de 1,2 millones de empleos, 815.000 directos y 353.000 indirectos.

A pesar de estos innegables efectos positivos de la inversión en infraestructuras, las políticas públicas de inversión en España han seguido sendas diferentes a las marcadas por los principales países europeos de nuestro entorno. Así, en Alemania o Francia, por ejemplo se han mantenido políticas de inversión pública sostenida durante los últimos veinte años: entre 60.000 y 80.000 millones de euros al año, mientras que en España se ha invertido siempre en respuesta a los impulsos de los distintos ciclos económicos: 55.000 millones de



Fuente: Informe de A.T. Kearney para SEOPWA, Septiembre de 2015.

euros en el pico de 2009 y menos de 25.000 millones de euros desde 2012.

1.3.4. Principales logros de la inversión en infraestructuras del transporte

Entre los principales logros de la inversión en infraestructuras de transporte en España, podemos destacar:

- En carreteras: la red de vías de alta capacidad más extensa de Europa con más de 15.000 km.
- En ferrocarriles: la segunda mayor red de alta velocidad del mundo con más de 2.500 km en servicio.
- En aeropuertos: la mayor red de aeropuertos en intensidad de tráfico (pasajeros por habitante) del mundo.
- En puertos: red líder en el Mediterráneo con los dos mayores puertos de contenedores, y con 3 puertos entre los 10 primeros.

El desarrollo de la red de carreteras ha favorecido la vertebración del territorio y ha mejorado notablemente las conexiones entre ciudades y la seguridad vial. La movilidad de las personas en carretera se ha multiplicado por 2,5, pasando de 152 millones de pasajeros-

kilómetro en 1995 a 395 millones en 2010 y la de las mercancías ha aumentado un 50 % en el mismo periodo.

La inversión realizada en vías de alta capacidad se ha ejecutado con los costes más competitivos. El análisis realizado sobre los costes de construcción de autopistas y autovías, basados en los datos del Tribunal de Cuentas Europeo y el Transport Research Laboratory, muestra que España tiene unos costes unitarios menores que países como Alemania, Holanda o el Reino Unido.

La inversión en el desarrollo de la red ferroviaria de altas prestaciones en España ha reducido los tiempos de viaje en tren entre un 50 % y un 65 %, haciéndolo más competitivo frente a la carretera y el avión. Además, ha contribuido a aumentar la eficiencia energética de la movilidad interior, reduciendo el consumo de energía y la dependencia energética del petróleo, en su mayoría importado desde el exterior.

Los costes de construcción de líneas de alta velocidad ferroviaria han sido muy competitivos en comparación con otros países. España ha construido una de las mayores redes de alta velocidad del mundo con los costes más eficien-

tes entre países comparables, que se encuentran en un rango de entre 8 y 20 millones de euros por kilómetro. Tanto España como Francia presentan los costes medios más bajos con 14 millones de euros por kilómetro, aún a pesar de tener España una orografía más montañosa que exige la construcción de numerosos y costosos túneles y viaductos.

De hecho, el 10 % de la red ferroviaria española de alta velocidad está compuesta de trazado en túnel y el 6 % en viaducto, frente al 1 % y al 2 % respectivamente de la red francesa.

Otro ejemplo de eficiencia en la construcción de infraestructuras en España es la inversión realizada en proyectos de metro y transporte ferroviario urbano. En el análisis realizado sobre más de 35 proyectos nacionales e internacionales se ha constatado que la construcción se ha ejecutado con los costes más competitivos. El rango de costes en España va de los 23 a los 140 millones de euros por kilómetro con una media de 82 millones de euros, niveles sensiblemente inferiores a los observados tanto en países en desarrollo, con una media de 102 millones de euros,

como en países desarrollados, con una media de 186 millones de euros.

Los menores costes de construcción en España frente a países de nuestro entorno se deben a diferentes razones, entre las que destacan:

- Las empresas españolas poseen una alta capacidad técnica y de gestión, lo que les ha permitido la incorporación de mejoras a los proyectos a lo largo de la vida de los contratos.

- En España se ha desarrollado un modelo de gestión con un alto nivel de subcontratación y una amplia base de proveedores altamente competitiva. Gracias a ello, las empresas contratistas han podido centrarse en la gestión y optimización de los proyectos.

- La mayoría de factores de producción tienen menores costes en España que en otros países: mano de obra con salarios más bajos que países del norte de Europa y con una productividad superior a la de países emergentes, menores costes de las garantías financieras necesarias en los contratos y menores costes de expropiación por ser España un país con menor densidad de pobla-

ción que otros países europeos.

- En el mercado de la construcción en España existe una mayor competencia que en otros países debido a la presencia de múltiples empresas referentes a nivel global y de compañías medianas con las calificaciones necesarias.

Estas capacidades diferenciales han hecho posible que las empresas de infraestructuras españolas sean capaces de competir con gran éxito a nivel internacional. De hecho, la industria española de infraestructuras se situaba en posición de liderazgo en 2013, con la mayor facturación internacional por delante de las grandes potencias económicas como China o Estados Unidos.

II. Oportunidades

Conforme a lo que acabo de exponer, se puede decir que España hoy, está ya muy construida, sin embargo quedan aún cosas por hacer.

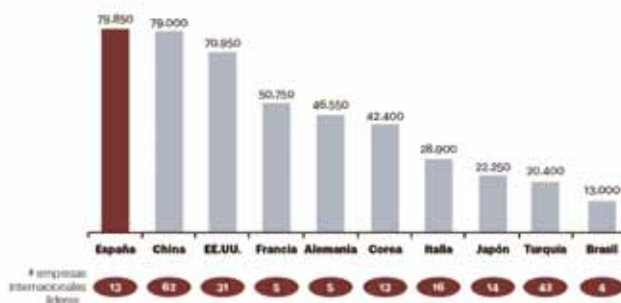
A pesar de la buena dotación de infraestructuras, particularmente en el ámbito del transporte, España presenta importantes carencias de dotación de infraestructuras, equipamientos y mantenimiento en ámbitos específicos.

Esta situación contrasta con la realidad apreciable en otros países europeos.

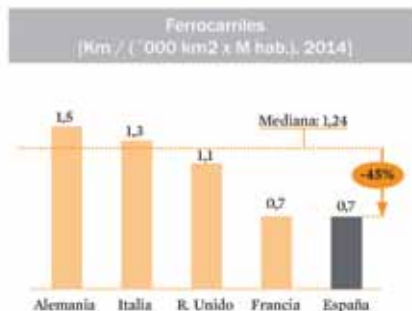
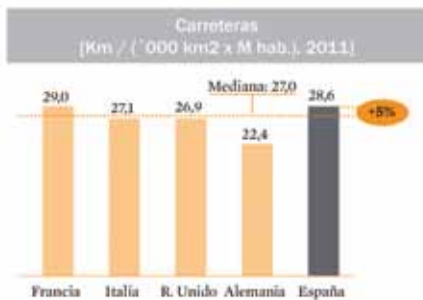
Así, nuestro país tiene pendientes actuaciones importantes en materia de agua, energía, infraestructuras sociales, medioambiente, urbanismo, telecomunicaciones y entorno digital, y también en transporte.

La cobertura de todas esas carencias ha sido analizada detalladamente en el informe Áreas prioritarias para una inversión sostenida en infraestructuras en España, elaborado por AT Kearney

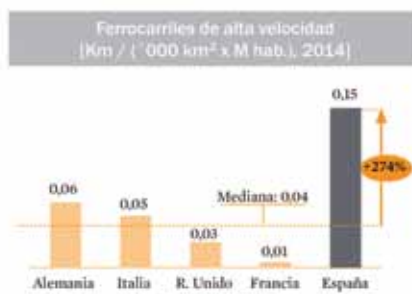
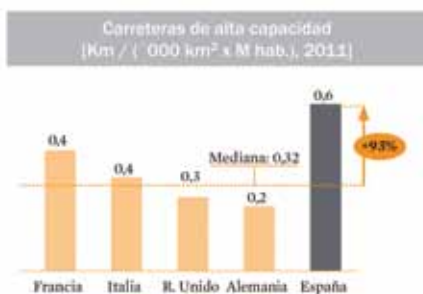
Competitividad de la construcción española en el ámbito internacional (Facturación Internacional en M\$, 2013)



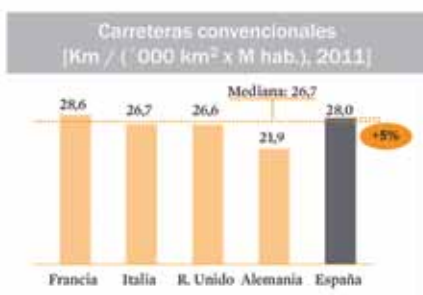
Fuente: ENR, A.T. Kearney



Fuente: A. T. Kearney, Áreas prioritarias para una inversión sostenida en infraestructuras en España, 2015.



Fuente: A. T. Kearney, Áreas prioritarias para una inversión sostenida en infraestructuras en España, 2015.



Fuente: A. T. Kearney, Áreas prioritarias para una inversión sostenida en infraestructuras en España, 2015.

para SEOPAN. Dicho informe plantea que nuestro país debería invertir de forma sostenida entre 38.000 y 54.000 millones de euros anuales durante los próximos 10 años para mitigar el déficit de infraestructuras y equipamientos, atendiendo a ratios comparables con los niveles históricos de inversión de los países de referencia de la Unión Eu-

ropea: Alemania, el Reino Unido, Francia e Italia. El rango inferior de inversión se sitúa por debajo de todos los países comparables mientras el superior solo se situaría por encima de Italia.

Un esfuerzo económico de esta naturaleza permitiría prestar más y mejores servicios a los ciudadanos focalizando

en las grandes tendencias del cambio global, que exigen invertir en infraestructuras:

- Gestión de los recursos naturales, con énfasis en el estrés hídrico, una mayor eficiencia energética en los procesos productivos y el incremento del comercio mundial;

- cambios demográficos, como el progresivo envejecimiento de la población, el aumento de la urbanización y el desarrollo de las clases medias;

- potencial disruptivo de las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones.

Y generaría en la década considerada:

- entre 700.000 millones y 1 billón de euros de actividad económica directa e indirecta,

- entre 500.000 y 750.000 empleos anuales directos e indirectos, lo que supondría entre 200 y 400 mil empleos adicionales frente al nivel actual de inversión en España y

- entre 180.000 y 260.000 millones de retorno fiscal.

Así queda claramente de manifiesto un amplio y esperanzador horizonte de oportunidades para el sector de la construcción en nuestro país que permitirá reforzar los pilares de desarrollo económico y bienestar social y los homologará con los principales países europeos.

Tanto en el citado informe de AT Kearney para SEOPAN como en el del CES, que se presenta hoy aquí, se contemplan las actuaciones a emprender en los distintos tipos de infraestructuras:

II.1. Infraestructuras del agua

El agua es un recurso natural renovable esencial para la vida en el planeta Tierra y su disponibilidad se basa en el ciclo hidrológico. En nuestro país el ciclo se caracteriza por una media de precipitaciones escasa que además se reparten irregularmente, tanto en el espacio como en el tiempo.

A pesar de esa situación, si bien se ha realizado un gran esfuerzo en el pasado, España ha invertido en los últimos años en infraestructuras de agua un 56 % menos que los principales países de referencia a pesar de ser el país con mayor “estrés hídrico” (necesidades por encima del 40 % de agua disponible) de la Unión Europea y presenta un 72 % de la superficie en esa situación; y aunque nuestras necesidades son mayores que las de países de nuestro entorno, España solo invierte en infraestructuras de agua el equivalente al 0,11 % de su PIB, mientras la media de inversión de Francia, Alemania, el Reino Unido e Italia más que duplica este porcentaje con un 0,25 % de su PIB. Y así, tanto el informe de AT Kearney como el del CES coinciden en que las inversiones en infraestructuras del agua deben atender a: mejorar las redes de transporte y distribución con especial foco en la reducción de pérdidas; incrementar la utilización de sistemas avanzados de tratamiento para mejorar la calidad de los vertidos y aumentar su reutilización; impulsar la tecnificación de los regadíos y las infraestructuras que apoyen la productividad agrícola y de otros sectores, y nuevas infraestructuras para la mejora de la gestión integral y aprovechamiento de caudales y el riesgo de inundación y sequía.

II.2. Infraestructuras de energía

Es necesario disponer de una dotación de infraestructuras de energía

adecuadas, integradas y fiables porque son esenciales para el crecimiento económico sostenible. La Unión Europea ha establecido dos grandes objetivos:

- reducción del 20 % de gases de efecto invernadero sobre los niveles de 1990 para el año 2020 y entre el 80 y el 95 % en el ejercicio 2050.

- un 20 % de energías renovables en el consumo total energético para 2020 y del 27 % en 2030.

Se identifican tres ámbitos de oportunidad para el sector de la construcción:

- Las interconexiones por las ventajas económicas, que provienen de la mayor seguridad y continuidad en el suministro, del fomento de la competencia mediante reducciones de precios a nivel mayorista, y por la integración de las energías renovables en condiciones de seguridad de suministro. Destacan dos ámbitos de actuación:

- Interconexiones eléctricas, con inversiones que, sin duda, serán de envergadura, dado que el porcentaje de interconexión actual no alcanza el 5 %, cuando la recomendación de la Unión Europea para promover el mercado único de la electricidad, se sitúa por encima del 10 %.

- Interconexiones gasistas con el resto de Europa, dado que España presenta la menor interconexión gasista con Europa de los países europeos de referencia, y ello a pesar de disponer de la mayor capacidad de regasificación (1.920 GWh/día, pero al 25 % de capacidad) y una posición privilegiada para ser punto de acceso del gas del norte de África a Europa.

- La inversión en energías renovables, con el fin de atender a la necesidad de reducir los gases contaminantes, luchar contra el cambio climático y limitar la fuerte dependencia de España de los combustibles fósiles, que implica una situación de vulnerabilidad que lastra su competitividad.

Y aunque España consume proporciones mayores de energía renovable que Francia, Alemania o el Reino Unido (15,4 % frente a 14,2 %, 12,4 % y 5,1 %, respectivamente), aún queda un importante margen de mejora para cumplir con los objetivos de la UE.

- La inversión en eficiencia energética con el fin de reducir el consumo energético, y, en este ámbito, el sector de la construcción está altamente involucrado. Un 30 % del consumo de energía final en España durante 2014 provino del sector de la edificación, y podría ser reducido de forma considerable gracias a proyectos de eficiencia energética, ya que existen casi un millón de viviendas en condiciones deficientes que se utilizan como vivienda principal cuya rehabilitación podría suponer un ahorro de más de un 50 % en la factura energética de los usuarios, además de reportar una importante reducción de las emisiones de CO₂.

Así, resulta necesario avanzar en la formulación de políticas públicas que apliquen incentivos en la construcción de edificios y viviendas de bajo consumo energético e incentiven la renovación de los ya existentes con criterios de eficiencia energética.

II.3. Infraestructuras sociales

La calidad de vida de los ciudadanos depende en buena parte de la existencia de unos servicios públicos de buena calidad y, sobre todo, los tradi-

cionalmente vinculados al Estado de Bienestar: salud, educación y atención social.

La dotación actual de infraestructuras hospitalarias en España es de 3,1 camas por 1.000 habitantes, dotación muy parecida a la del Reino Unido e Italia, pero muy por debajo de las de Alemania y Francia con 8,2 y 6,4, respectivamente.

En educación y justicia la inversión realizada durante los últimos años se ha situado un 50 % por debajo de la media de los países europeos de referencia, con solo 15 euros por habitante frente a los 47 y 25 euros de Francia y Alemania.

Por ese motivo son precisas inversiones que se mantengan en el futuro para asegurar el bienestar de los españoles en la misma línea que en aquellos países.

Las principales líneas de inversión recomendadas en infraestructuras sociales son:

- hospitales, centros de día y residencias,
- centros de formación profesional, escuelas, guarderías, centros de investigación, modernización de universidades, y
- juzgados, cárceles, centros de acogida y reinserción.

II.4. Infraestructuras de transporte

Si bien nuestro país se sitúa muy por encima de la media en dotación de infraestructuras de altas prestaciones (carreteras de alta capacidad y ferrocarril de alta velocidad), en aeropuertos y puertos, respecto de sus principales socios comunitarios, y al mismo nivel en cuanto a la red de carreteras convencionales, España tiene una do-

tación de ferrocarril convencional muy por debajo de las cuatro principales economías europeas comparables.

A pesar de sus evidentes ventajas en el consumo energético, en la reducción del déficit comercial y en el incremento de las exportaciones, la cuota del ferrocarril en el transporte de mercancías se sitúa en solo un 4 % del total, mientras alcanza un 16 % en Francia y un 28 % en Alemania.

Además, nuestro país presenta importantes carencias en el despliegue de unas infraestructuras logísticas adecuadas que faciliten la intermodalidad.

Así, las actuaciones que habría que emprender en infraestructuras ferroviarias, en accesos a las ciudades, en las terminales logísticas y en el acceso a puertos, deberán estar dirigidas a:

- Modernización de la infraestructura ferroviaria que permita aumentar la competitividad del transporte ferroviario de mercancías.
- Impulsar infraestructuras de transporte multimodal de mercancías, principalmente para distancias largas y para generar economías de escala y minimizar el uso de energía;
- mejorar los accesos a las ciudades para aumentar su seguridad y productividad;
- desarrollar y renovar redes secundarias para crear oportunidades de crecimiento en poblaciones de menor tamaño, y
- optimizar la capacidad existente mediante la creación y ampliación de infraestructuras para anticipar y acomodar crecimientos de la demanda.

II.5. Infraestructuras de medioambiente

España es uno de los grandes países de la Unión Europea que menos residuos genera anualmente. Sin embargo, está a la cola en la dotación de sistemas avanzados de tratamiento que no impliquen su vertido. Solo el 40 % de los residuos urbanos son tratados sin vertidos, frente al 66 % de los países europeos de referencia, donde sobresaale Alemania con el 100 % de sus residuos urbanos tratados.

Por su parte, la inversión en protección y regeneración costera, que impulsa la actividad turística e implica la creación de empleo, ha sufrido una drástica reducción del 82 % entre 2009 y 2013, y existe cierta incertidumbre sobre la inversión futura.

Así, se destacan tres líneas de actuación en este ámbito:

- construcción de plantas de reciclaje e incineración, para reducir al mínimo el volumen de residuos no tratados y evitar al máximo la necesidad de vertederos;
- regeneración de playas y reforestación, y
- reducción de emisiones de ruido y contaminantes.

II.6. Infraestructuras digitales

Aunque España está a la cabeza de la Unión Europea en fibra óptica con más del 60 % de hogares conectados en 2013, presenta carencias en cobertura 4G con solo un 47 % de hogares cubiertos en 2013 frente al 81 % de Alemania, 68 % de Francia y 63 % del Reino Unido.

Así, las líneas de inversión propuestas se enfocan a cumplir la Agenda Digital

Europea con objetivo del 100 % de los hogares con cobertura 4G en 2020.

- En telecomunicaciones, ampliación de la cobertura tecnológica que permita la generación de nuevos negocios y oportunidades de crecimiento económico y creación de empleo.

- En innovación tecnológica, adaptación de las infraestructuras a los cambios tecnológicos que permitan a la sociedad obtener el máximo rendimiento de las mismas y mejorar el nivel de servicios a los usuarios.

II. 7. Infraestructuras urbanas

La situación de España en lo relativo a movilidad urbana es similar a los países europeos de referencia, aunque la Unión Europea propone nuevos desarrollos que mejoren la seguridad y optimicen la usabilidad y accesibilidad.

El Informe CES destaca la existencia de varias iniciativas importantes:

- Estrategia Urbana Integrada, a la que se destinará un volumen equivalente al 5 % de los Fondos FEDER en el período 2014-2020, y un 2,5 % adicional a proyectos urbanos singulares de economía baja en carbono.

- Programa Operativo de Crecimiento Sostenible 2014-2010, que ha puesto en marcha un eje de actuación urbano, dotado con más de 1.000 millones de euros de Fondos FEDER para financiar actuaciones de desarrollo urbano sostenible.

En lo que respecta a la rehabilitación y mantenimiento urbanos, el nivel de inversión se encuentra por debajo de los países de nuestro entorno. En España, solo el equivalente al 1,5 % del PIB se

destina a inversiones de este tipo, cifra que se sitúa un 30 % por debajo de la media de los cuatro países europeos de referencia.

Otros objetivos concretos en infraestructuras urbanas son:

- promoción de estrategias de bajas emisiones de carbono para zonas urbanas;

- mejora del entorno urbano (incluida la regeneración de zonas industriales abandonadas y la reducción de la contaminación del aire);

- fomento de la movilidad urbana sostenible, y, finalmente

- impulso a la inclusión social.

II. 8. Mantenimiento de infraestructuras

España ha reducido significativamente las inversiones en mantenimiento en los últimos años. Desde 2009 a la actualidad la inversión en mantenimiento de la red de carreteras se ha reducido un 25 % y la inversión en la red de ferrocarriles ha disminuido un 20 % y, al mismo tiempo la longitud de ambas redes no ha parado de crecer.

Históricamente nuestro país ha invertido menos que Europa. Así, en Francia o el Reino Unido la inversión anual en el mantenimiento de carreteras se sitúa alrededor de 125.000 euros por kilómetro, mientras que en España solo supone unos 60.000 euros por kilómetro.

La recomendación del Banco Mundial y las mejores prácticas, sugieren una inversión en mantenimiento de entre el 1,5 % y el 2,5 % del valor patrimonial del activo, con el objetivo de reducir las necesidades futuras de reposición, aumentar la productividad reduciendo las

horas fuera de servicio y la seguridad de su uso.

III. Retos

Más allá de las oportunidades del sector de la construcción, nuestro país se enfrenta a importantes retos para avanzar hacia un modelo de crecimiento sostenible; dicho modelo debe apoyarse, en el ámbito de la construcción, en dos grandes pilares: la I+D+i y las fórmulas de colaboración público-privadas.

III.1. I+D+i

Los avances tecnológicos y la globalización son claves fundamentales para el progreso de los países. Es evidente que las innovaciones, tanto las tecnológicas como las no tecnológicas, son la base del desarrollo económico de las sociedades avanzadas.

III.1.1. La I+D+i en España frente a los demás países desarrollados. Centrados en nuestro país hay que destacar que en materia de I+D+i queda mucho camino por recorrer. Según los últimos datos del Instituto Nacional de Estadística, el gasto en I+D de España representaba en el año 2014 el 1,23 % del PIB, lo que supone un cierto aumento desde el 0,89 % del año 2001. Pero ese 1,23 %, del año 2014, se encuentra muy por debajo de países como Alemania o Estados Unidos –datos de 2013–, con el 2,90 % y el 2,74 % respectivamente, y más lejos de Japón con el 3,59 % o Corea con el 4,29 %, según los datos de la OCDE correspondientes a 2014. En este sentido, hay que destacar que en el mismo año 2014 el gasto medio en I+D del conjunto de los países de la OCDE se situaba en el 2,38 % frente al 1,23 % de España.

Además, en la composición de dichos gastos en I+D, el sector público tenía,

y aún tiene, un peso relativo mucho mayor en España que en los demás países citados. Así, y según los datos de la OCDE, mientras que en España en el año 2014 el gasto en I+D era realizado por el sector público en un 41,4 %, en la media de los países de la OCDE ese porcentaje se limitaba al 27,8 % en el mismo año 2014; y en otros países como Alemania, Japón, Corea y Estados Unidos, en el mismo año 2014, la aportación del sector público se limitaba al 28,8 %, 16,0 %, 23,0 % y 27,7 %, respectivamente. El sector público está, por tanto, invirtiendo en I+D porcentajes del PIB que varían desde el 0,84 % en Alemania, al 0,99 % en Corea, al 0,57 % en Japón y al 0,76 % en Estados Unidos, frente al 0,51 % en España, porcentaje no muy alejado de la media de la OCDE del 0,66 %. En cambio, el sector privado español solo invierte en I+D un 0,57 % del PIB, frente a una inversión privada que en los países citados, más desarrollados, asciende a niveles tres o cuatro veces mayores, pues suponen el 1,91 % en Alemania, el 1,67 % en Estados Unidos, el 2,77 % en Japón, el 3,23 % en Corea, y el 1,45 % en la media de la OCDE.

En este contexto España debe asumir el objetivo marcado por la Unión Europea en esta materia, consistente en que dos tercios del gasto en I+D sea aportado por las empresas y el tercio restante por la Administración. Por otro lado, la UE anima a los Estados miembros a que en el año 2020, lleguen a invertir un 3 % de su PIB en I+D, siendo un 1 % de financiación pública y un 2 % de inversión del sector privado.

Con estas medidas, se crearían en torno a 3,7 millones de nuevos puestos de trabajo y se aumentaría el PIB anual de la Unión Europea en cerca de 800.000

millones de euros, según datos estimados por la propia Unión Europea.

Estos objetivos supondrían para España un crecimiento añadido del 16 % en el periodo 2015-2020. Y el esfuerzo correspondería esencialmente al sector privado pues, mientras el gasto público en I+D deberá alcanzar un crecimiento medio anual acumulativo cercano al 12 %, la inversión privada deberá multiplicarse por cerca de tres veces, con un crecimiento acumulativo medio anual del 23 % en el periodo.

Si nos centramos en el sector de la construcción y como refleja el informe que hoy se presenta, pese a cierto avance en los últimos años, los datos sobre I+D muestran un menor peso de estas actividades en la construcción del que tienen en el conjunto de la economía. Según la Encuesta sobre la Innovación en las Empresas 2014 del INE, los principales indicadores de innovación tecnológica de las empresas constructoras en España señalan una posición retrasada respecto de otros sectores industriales. Así, en 2014 solo el 5,8 % de las empresas de nuestro sector eran innovadoras frente a un 23,3 % en la industria, un 11,4 % en los servicios y un 7,1 % en el sector primario.

La intensidad innovadora (porcentaje que suponen los gastos en actividades de innovación respecto a las ventas) en la construcción fue del 0,3 %, también por detrás de los otros principales sectores productivos (0,52 % a 1,2 %). Finalmente, el gasto total en innovación sería cerca de 30 veces menor que en la industria y los servicios, y del orden de 77 veces menor que el total nacional. Vemos así que esos datos no se corresponden con el peso del sector de la construcción en la economía de

España y nos dan una clara idea del retraso del sector en el ámbito de la I+D+i.

Así, hay que reconocer que existe cierta dificultad para conocer con certeza el esfuerzo tecnológico y de innovación real en la construcción, dado que muchas empresas constructoras no lo registran ni valoran de forma sistemática, ni siquiera para transmitirlo internamente dentro de sus propias organizaciones; sin embargo, debo indicar que este no es el caso de las grandes constructoras.

Y si nos centramos en el segmento de las empresas constructoras con más de 250 trabajadores, la misma encuesta del INE antes citada señala que su intensidad innovadora de la innovación se situó en 0,51 %, casi duplicando al total del sector de la construcción (0,3 %).

Las grandes constructoras españolas han realizado un importante esfuerzo en materia de I+D+i porque sin una elevada capacidad tecnológica y una alta productividad no hubiera sido posible el proceso de internacionalización de la industria española de la construcción ni la continuidad en esa posición en mercados competitivos.

Como también señala el Informe CES 02/2016, los importantes proyectos de infraestructuras desarrollados en los últimos veinte años, tanto en España como en el ámbito internacional, muestran que se innova día a día en las obras, se resuelven múltiples problemas, se da a conocer y se utiliza la innovación propia y se adaptan las innovaciones de otros sectores. En este sentido, cabe hablar de signos de cambio positivo de tendencia en el sector en materia de innovación.

III.1.2. Una actuación destacada en I+D+i en el sector de la construcción. El caso del Grupo OHL

El Grupo OHL, que fundé en 1987 y que he presidido durante 29 años, considera las actividades de Investigación, Desarrollo e innovación como uno de los pilares básicos de su estrategia y es consciente de la importancia y necesidad de impulsar y desarrollar las actuaciones de I+D+i necesarias para la generación de nuevos productos y procesos que le permitan disminuir costes, mejorar su productividad e incrementar su capacidad competitiva de forma que pueda cumplir su objetivo de generar valor y asegurar su estabilidad y crecimiento en condiciones de sostenibilidad.

Y una característica primordial de sus actividades de I+D+i es que se realizan siempre a la demanda de las líneas de negocio, para atender a la resolución de necesidades concretas, y se llevan a cabo en colaboración con más de 50 universidades y centros de investigación públicos y privados. En este contexto hay que destacar que el Grupo OHL ha desarrollado importantes tecnologías que son novedad mundial. Entre ellas:

- Diseño de un dispositivo para la recuperación y traslado de diques de abrigo portuarios, SATOGrab, primer desarrollo de una herramienta para cambiar de ubicación los diques ya construidos en el mar, mediante la extracción y reubicación de bloques de hasta 90 toneladas de forma totalmente mecanizada.

- Desarrollo de un novedoso pórtico de peaje multicarril Free Flow para facilitar la circulación libre de vehículos por el punto de cobro gracias al pago de peaje de forma automática a cualquier velocidad.

- Una de las mayores iniciativas europeas para el desarrollo de tecnologías del transporte por carretera en el campo de los servicios cooperativos, FOTsis (Field Operational Test on Safe, Intelligent and Sustainable Road Operation), que será aplicable a todos los usuarios en un futuro próximo y optimizará la gestión de la movilidad y, más importante aún, con un aumento de la seguridad y sostenibilidad en las carreteras europeas y con reducción de la accidentabilidad y la gravedad de las lesiones.

- Diseño del elemento de escollera artificial Cubípodo, para la construcción del manto principal de diques portuarios en talud. Presenta mejores prestaciones que el bloque tradicional y que otros elementos desarrollados en las últimas décadas, como el tetrápodo o el acrópodo, con importantes ahorros de materiales y costos. El Grupo OHL ha concurrido a la 39 edición del Salón Internacional de Invenciones de Ginebra, salón considerado el más grande del mundo en su género, y en él ha recibido tres grandes reconocimientos a nivel internacional: Medalla de oro con mención de honor al Cubípodo; Medalla de plata a la pinza SATOGrab y Premio al mejor invento español al Cubípodo.

Y la Autoridad Portuaria de Málaga, que licitó un concurso de obra con aplicación real del Cubípodo, ha recibido por ello el Premio Nacional de Innovación del Ministerio de Ciencia e Innovación del Gobierno de España, en su modalidad de Compra Pública Innovadora.

Asimismo, el Grupo OHL figura en el ranking de las 1.000 compañías europeas que más recursos destinan a la inversión en I+D, según datos reco-

gidos en el EU Industrial R&D Investment Scoreboard 2015, que anualmente publica la Comisión Europea y se sitúa en el puesto decimosegundo en el ranking de las constructoras europeas, y en el decimoséptimo entre las empresas españolas de todos los sectores.

Cabe destacar, asimismo, que OHL forma parte, junto a otras 16 empresas españolas, del registro realizado a nivel mundial que reconoce a las 2.500 empresas punteras en el mundo en relación a la inversión que realizan en I+D.

Así, la inversión en I+D+i ha sido y es una piedra angular en el crecimiento del Grupo OHL y constituye una de sus principales señas de identidad. Por ello, ha sido y seguirá siendo prioritaria la apuesta por la innovación y por la excelencia técnica, con el fin de consolidar y mantener su posición como referente en el sector de la construcción y las infraestructuras de transporte y su capacidad de contribuir a la mejora de la calidad de vida y el bienestar del conjunto de los ciudadanos de todas las comunidades en las que opera.

III.2. La Colaboración Público-Privada (CPP)

En la evolución económica de todos los países, las limitaciones de la financiación pública, con necesidades siempre superiores a las disponibilidades, han condicionado negativamente y de forma generalizada los capítulos de inversión.

Prácticamente sin excepciones, por falta de financiación pública las infraestructuras han sido retrasadas, lo que ha supuesto un freno para el avance económico. Así, para avanzar

más, se requiere indefectiblemente complementar con recursos privados las limitadas disponibilidades de las arcas públicas y, en consecuencia, contar con la participación de empresas privadas. A esta solución todos los países acuden cada vez más y más, cualquiera que sea su nivel de renta y riqueza.

Y, además, esta opción resulta muy razonable pues si toda la inversión necesaria para realizar el adecuado desarrollo de las infraestructuras debiera proceder únicamente del sector público, conllevaría un aumento de los impuestos a los ciudadanos o una disminución del gasto en prestaciones sociales como la salud o la educación.

El principio de la iniciativa de financiación privada (*private finance initiative*) como instrumento aplicable a la construcción de infraestructuras para el servicio público, nació en Gran Bretaña en los años del gobierno conservador de Margaret Thatcher.

Según este principio, el Gobierno no debería ser el propietario y financiador de la infraestructura sino el organizador de los servicios requeridos en tanto en cuanto el mercado estuviera en disposición de proporcionarlos. El importe que habría que destinar como inversión a cada infraestructura, se obtendría por los promotores privados, a través del compromiso de complementar la aportación de sus propios recursos, con los que pudiera aportarles los mercados financieros, incentivados por los derechos a cobro futuro del servicio prestado: peaje directo, pago por disponibilidad o una combinación de ambos. Y aquí tiene sus raíces el enorme potencial de los sistemas de Colaboración Público-Privada en la actualidad.

III.2.1. Ventajas de la CPP

A través de la utilización de contratos en régimen de Concesión, de Colaboración Público-Privada (CPP), en los que rige el principio de pago por demanda, pagan solo los usuarios. De esta manera se consigue que el coste de la infraestructura grave únicamente a los que las utilizan y se benefician de ellas y no al resto de ciudadanos.

La Colaboración Público-Privada implica además una operativa económica que permite romper la negativa dependencia de la actividad de construcción del presupuesto público. Y es que la dependencia del presupuesto convierte la actividad de construcción en un fenómeno procíclico, de manera que cuando los vaivenes presupuestarios limitan las disponibilidades de las arcas públicas, precisamente cuando más necesario sería recurrir a la actividad de inversión para estimular la economía, es cuando las restricciones ligadas al déficit público impiden la inversión vía presupuesto. Todo lo anterior explica la creciente tendencia hacia la incorporación del sector privado en los mecanismos de financiación de infraestructuras, a través de contratos en los que el concesionario privado asume la responsabilidad de financiación, construcción y operación de la infraestructura.

Sin embargo, es un error suponer que la razón principal para utilizar el contrato de CPP es incorporar fondos privados al proceso de financiación de infraestructuras. Este hecho, beneficioso por sí solo, y de efectos positivos para reducir la deuda y el déficit público, se ve complementado por la mayor eficacia demostrada por el sector privado en todas las fases del

ciclo de vida de las infraestructuras: financiación, diseño, construcción, operación y mantenimiento.

Así, las principales ventajas de emplear fórmulas de Colaboración Público-Privada se centran en:

- Control del déficit público: el sector público puede acometer la construcción de infraestructuras sin la necesidad de repercutir este coste en los presupuestos o al menos no hacerlo de forma inmediata.
- Control de riesgos. minimización de los riesgos incluidos en el complejo proceso de desarrollo del proyecto que incluye, entre otras tareas, la concepción del tipo de proyecto de ingeniería, las medidas de protección ambiental y la obtención de autorizaciones, permisos y licencias; tareas que, para optimizar la eficacia del proceso, deben llevarse a cabo por la parte más capacitada para gestionar el riesgo derivado de cada actividad.
- Control de costes y plazos de construcción: la gestión privada busca rentabilizar la inversión en el mínimo tiempo posible. De esta manera existe un mayor control de costes y de plazo de ejecución.
- Control de costes de mantenimiento: la concesión de la explotación conlleva que sea la empresa la encargada del mantenimiento de la infraestructura con lo que la Administración no tiene que hacer frente a este coste.

Todo lo anterior se puede resumir en que las fórmulas CPP permiten aprovechar los conocimientos y la experiencia del sector privado en el desarrollo, no solo de la construcción del proyecto, sino también en su concep-

ción, financiación, mantenimiento y explotación posterior.

III.2.2. Fórmulas de Colaboración Público-Privada

Desde mediados del siglo pasado se ha puesto de manifiesto en Europa, cómo era posible complementar las capacidades de financiación del sector público para la construcción de infraestructuras, con recursos procedentes del sector privado a través de los mercados financieros.

Lo que se inició como un esfuerzo singular centrado en la modernización de las vías interurbanas en Francia, Italia y, posteriormente, España y Portugal, mediante autopistas de peaje, se ha convertido progresivamente en un complemento sustancial a los recursos presupuestarios, que permite a aquellos países dotados de un sistema jurídico adecuado, mejorar sustancialmente sus infraestructuras a través de sistemas de Colaboración Público-Privada, aplicables no solo a las infraestructuras de transporte sino a distintas necesidades sociales en diversos ámbitos como la sanidad, la educación y otros.

Partiendo del reconocimiento de que los fondos necesarios para la inversión proceden, finalmente, del conjunto de los ciudadanos, ya sea a través de su aportación indirecta e indiscriminada a través del presupuesto estatal, es decir, vía impuestos o mediante el pago directo del servicio recibido, es posible que la seguridad de dicho pago futuro sirva de garantía para obtener los recursos necesarios para la construcción de la nueva infraestructura, en cuyo caso serán los futuros usuarios los que soportarán el coste de la misma en lugar del conjunto de la ciudadanía actual.

En este contexto, y teniendo en cuenta que los efectos de la nueva infraestructura benefician más a una generación que a otra, es posible, a través de los sistemas financieros de aportación de recursos a largo plazo que se encuentran disponibles en los mercados mundiales, repartir el efecto de la inversión entre varias generaciones, evitando la inequidad de una carga excesiva sobre la generación protagonista de la etapa constructora.

Aunque la fórmula más tradicional para la recuperación de la inversión realizada es el peaje, en los proyectos de Colaboración Público Privada pueden también contemplarse múltiples fórmulas alternativas, sustitutivas o complementarias del peaje directo:

- Pago por disponibilidad.
- Peaje en sombra.
- Plazo flexible de la concesión con un objetivo concreto de rentabilidad.
- Aportación de subvenciones reintegrables (crédito participativo) o no reintegrables.

A la hora de definir las condiciones necesarias para el desarrollo de infraestructuras con financiación privada, se deben señalar las siguientes:

- Marco legal y normativo adecuado: legislación definida y clara, desarrollada por reglamentos apropiados y expuesta con transparencia en los mercados internacionales.
- Marco institucional estable a largo plazo: los proyectos integrados en los planes de infraestructuras no deberán verse afectados por los cambios políticos.

- Planes de infraestructuras: debe existir un plan de infraestructuras previo a cualquier actuación concreta y amparado por un marco legal específico.

- Existencia de una unidad central de Colaboración Pública-Privada dependiente de los máximos niveles de la dirección económica del país. Esta organización debe de controlar que las concesiones que promuevan las administraciones cumplan todos los requisitos legales, económicos y técnicos adecuados.

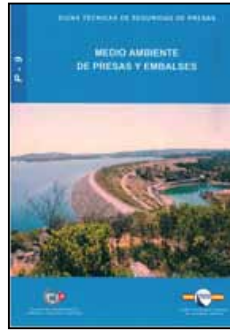
- Reglas de juego internacionales: para que la comunidad internacional invierta, el país debe aceptar la normativa internacional habitualmente empleada.

Y termino. Sin lugar a dudas, la ingeniería y las empresas constructoras y concesionarias españolas, constituyen una referencia y ostentan una indiscutible posición de liderazgo a nivel mundial.

Y quiero destacar que es motivo de gran orgullo y de gran satisfacción poder afirmar que los ingenieros y arquitectos españoles hemos impulsado con nuestro trabajo el progreso y el desarrollo de España, y hemos exportado nuestra excelencia técnica a nivel global, poniendo nuestros mejores esfuerzos al servicio de la sociedad en una multitud de países de los cinco continentes.

Y así, como gran conclusión, ha de ser empeño de todos y cada uno de nosotros esforzarnos en la función más noble que podemos hacer, que es la de dedicar nuestro trabajo a ser útiles a la sociedad, tratando siempre de servir a los demás y de hacer felices a los demás. **ROP**

Todos los libros de esta página están a la venta en la Librería Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. T. 91 308 34 09 F. 91 319 95 56 libreria@ciccp.es



‘10º simposio nacional de ingeniería geotécnica. Reconocimiento, tratamiento y mejora del terreno / 5ª jornadas luso-españolas de geotecnia. Desafíos para la geotecnia en España y Portugal –A Coruña 19, 20 y 21 de octubre de 2016– (tomos I y II)’. Sociedad Española de Mecánica del Suelo y Ingeniería de Cimentaciones. 2016

Este simposio representa un incremento de los conocimientos sobre los temas abordados por la comunidad geotécnica española, dando continuidad a la línea marcada por eventos precedentes, contando, para ello, con el mayor esfuerzo, interés e ilusión del Comité Organizador.

El reconocimiento del terreno, incluyendo en este concepto, tanto las técnicas utilizadas, como el análisis y estudio del comportamiento de los diferentes suelos, rocas y materiales afines, así como su caracterización, es, sin duda uno de los pilares de la Geotecnia, fundamental para el proyecto y construcción de las obras. Por otro lado, el análisis, proyecto y aplicación al terreno de soluciones de

tratamiento, de mejora o de refuerzo para abordar las diferentes actuaciones geotécnicas con el debido grado de seguridad forman parte, también, de la esencia de la ingeniería Geotécnica.

‘Museo Eduardo Torroja / Museum Eduardo Torroja’ (ed. bilingüe español-ingles). Fundación Eduardo Torroja. 2016

El Museo Eduardo Torroja abre por fin sus puertas en su ubicación ideal, las Tribunas del Hipódromo de la Zarzuela, en el 75º aniversario de su construcción. Se trata de la culminación de un sueño, el resultado del empeño de unas pocas personas por homenajear al ingeniero que ideó este monumento, dejando al mismo tiempo un legado de su obra para el disfrute de todos.

El Museo muestra una parte relevante de la obra de Eduardo Torroja a través de Fotografías, documentos, y maquetas de obras que han sido seleccionadas utilizando la propia que hizo el mismo Torroja para su libro Las estructuras de Eduardo Torroja (1958), en un intento de transmitir al visitante el mismo mensaje.

Es de esperar que, al igual que su libro, este Museo sea capaz de difundir su obra, su manera de pensar y, en definitiva, de mantener vivo el conocimiento de su legado.

‘Medio Ambiente de Presas y Embalses (Guías Técnicas de Seguridad de Presas N° 9)’. Comité Nacional Español De Grandes Presas. 2016

La Guía Técnica sobre Medio Ambiente de Presas y Embalses responde a la creciente necesidad de considerar debidamente todos los aspectos ambientales en las diferentes fases de una presa y del embalse por ella creado: proyecto, construcción, explotación y puesta fuera de servicio.

Esta necesidad tiene su origen en la fuerte demanda social y, en consecuencia, administrativa y legal, que obliga a que prácticamente ninguna actividad sea, a fecha de hoy, socialmente aceptada ni legalmente permitida, si no se han analizado con la extensión y profundidad requeridas todos los posibles efectos de las obras, su previsión, minimización, control y, en su caso, las medidas correctoras o compensatorias previstas, sin olvidar la importancia de una correcta comunicación social, en busca del más amplio consenso.

Con ese fin, esta guía pretende ofrecer a los equipos responsables del proyecto, ejecución, explotación y puesta fuera de servicio de las presas y embalses una relación detallada de todos los aspectos de contenido medioambiental a considerar en cada fase, así como indicaciones útiles sobre el enfoque a adoptar para evitar, minimizar, corregir o compensar los posibles efectos no deseados. **ROP**



**FUNDACIÓN
CAMINOS**



**FUNDACIÓN
CAMINOS**



**FUNDACIÓN
CAMINOS**



**FUNDACIÓN
CAMINOS**



**FUNDACIÓN
CAMINOS**

La fuerza de los ingenieros de Caminos

El Think Tank que proyecta la profesión en la sociedad

FUNDACIÓN CAMINOS



**FUNDACIÓN
CAMINOS**



**FUNDACIÓN
CAMINOS**



**FUNDACIÓN
CAMINOS**



**FUNDACIÓN
CAMINOS**



**FUNDACIÓN
CAMINOS**

🔒 El cobro de la prestación o el ejercicio del derecho de rescate sólo es posible en caso de acaecimiento de alguna de las contingencias o supuestos excepcionales de liquidez regulados en la normativa de planes y fondos de pensiones.

🔒 El valor de los derechos de movilización, de las prestaciones y de los supuestos excepcionales de liquidez depende del valor del mercado de los activos del fondo de pensiones y puede provocar pérdidas relevantes.

El nivel de riesgo de los Planes de Gespensión, en una escala de 1 hasta 7, varía de 2 a 6. La categoría "1" no significa que la inversión esté libre de riesgo.

Menor riesgo
Potencialmente
menor rendimiento

1

2

3

4

5

6

7

Mayor riesgo
Potencialmente
mayor rendimiento

1/6

Este número es indicativo del riesgo del depósito, siendo 1/6 indicativo de menor riesgo y 6/6 de mayor riesgo.

Banco Caminos S.A. es una entidad adherida al Fondo de Garantía de Depósitos Español. La cantidad máxima es de 100.000 € por depositante.

🔒 El reembolso, rescate o la devolución anticipada de una parte o de todo el principal invertido están sujetos a comisiones o penalizaciones.

Planes de Pensiones

Anticípate y planifica tu ahorro para la jubilación.

Realiza tu aportación al Plan de Pensiones de Banco Caminos, contrata uno nuevo o traspasa el que tengas en otra entidad y podrás disfrutar de las ventajas del:



Hasta el mismo importe aportado o traspasado al Plan de Pensiones de Banco Caminos.

Depósito
a plazo de un año al
0,50%
TIN y TAE

www.bancocaminos.es

Tipo de interés 0,20% TIN y TAE. Tipo de interés adicional del 0,30% TIN por el cumplimiento del compromiso del cliente de mantener la cuantía invertida en el Plan de Pensiones durante 12 meses. En caso de que se abone el tipo de interés adicional, el TIN y la TAE del depósito será un 0,50%. Sin penalizaciones por cancelación anticipada. Liquidación de intereses a vencimiento. Para contratar el Depósito Plus Previsión es necesaria la aportación o traspaso previo al Plan de Pensiones de Banco Caminos.

La gestión de los planes de pensiones está delegada en Gestifonsa SGIIC SAU que cuenta con un equipo gestor especializado cuya probada experiencia ha sido avalada por numerosos premios concedidos a lo largo de los años. Además, la garantía de los Planes de Pensiones viene dada por la inversión de su patrimonio que sigue las normas de diversificación exigidas por la Ley, es supervisada por la Administración Pública, por nuestra área de Control Interno y auditada por una entidad independiente.

Tienes a tu disposición en la web de Gespensión Caminos, EGFP SA, el documento de Datos fundamentales para el Participe cuyo contenido está adaptado a las exigencias legales y normativa vigente desde el 1 de enero de 2015.

Planes de Pensiones de Gespensión Caminos Entidad Gestora de Fondos de Pensiones SAU (Clave G-0067), Depositario Fondos de Pensiones Banco Caminos S.A. Promotora Planes de Pensiones Gespensión Caminos EGFP SAU.

Banco Caminos
banco privado

Gespensión
Entidad Gestora
de Fondos de pensiones
Grupo Banco Caminos-Bancofar

📧 info@bancocaminos.es

☎ +34 91 319 34 48

📍 C/Almagro 8 y 42, Madrid
Vía Augusta 153, Barcelona