

CONSTRUCCIÓN Y TECNOLOGÍA

EN CONCRETO

Noviembre 2014

Volumen 4
Número 8

WWW.REVISTACYT.COM.MX



El papel del concreto en los proyectos ferroviarios



\$50.00

ISSN 0187-7895
Una publicación del
Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C.

■ ARQUITECTURA

UNA RED DE ESPACIOS
PÚBLICOS SUBTERRÁNEOS

■ QUIÉN Y DÓNDE

EL LEGADO DEL
ING. MAURICIO PORRAZ

CONSTRUCCIÓN Y TECNOLOGÍA EN CONCRETO



*"Un mundo de
soluciones
en concreto".*



TEMAS PRINCIPALES 2015

- Innovación y tendencias de la construcción
- Prefabricados
- Corredores industriales y concreto
- Infraestructura y estética urbana
- Edificación sustentable
- Estructuras de concreto
- Concreto lanzado
- Infraestructura
- Puentes
- Pavimentos de concreto
- Concretos especiales
- Energía y concreto

Suscripción nacional:

● **\$550.00 M.N.** por 12 ediciones

Envío incluido.

Suscripción internacional:

● **\$120 USD** por 12 ediciones

Envío incluido.

www.revistacyt.com.mx

CONTACTO: ●

Michael López Villanueva
Tel.: 01 (55) 5322 5740 Ext. 210
mlopez@mail.imcyc.com



SOMOS MÁS DE LO QUE IMAGINAS



DESCUBRE NUESTROS SELLADORES Y
RESANADORES QUE SON CAPACES DE
SOPORTAR LA MÁXIMA PRESIÓN



SELLADORES
Y RESANADORES

CONOCE NUESTRAS 7 LÍNEAS Y DESCUBRE TODO
LO QUE PUEDES HACER CON ELLAS



fester.com.mx
01 800 FESTER 7 (337837 7)

ADHESIVOS PARA
CONCRETOS

AUXILIARES Y ADITIVOS
PARA CONCRETOS

GROUTS Y
ANCLAJES

TRATAMIENTOS
PARA SUPERFICIES

REPARADORES

IMPERMEABILIZANTES

La infraestructura, el desarrollo y el crecimiento de México.

S **ICONSIDERAMOS** que gran parte de la competitividad, del crecimiento económico y del bienestar social de los países, está determinado por el tipo y calidad de su infraestructura portuaria, carretera, ferroviaria, hospitalaria, turística, aeroportuaria, entre otras, entonces podemos decir que México se encuentra en claras vías de lograrlo a través del Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018.

En el Plan Nacional de Desarrollo incluye por primera vez 6 sectores estratégicos con un enfoque integral, transversal y social que busca al final del día generar para los mexicanos mejores expectativas y oportunidades, así como la reactivación indudablemente necesaria de sectores importantes como la construcción. Con una inversión de más de 7.7 billones de pesos y 743 proyectos en todo el país las áreas a apoyarse son: 1) comunicaciones y transportes, 2) energía, 3) hidráulico, 4) salud, 5) desarrollo urbano y vivienda, y 6) turismo.

De ahí nuestro interés en tocar puntos neurálgicos en el desarrollo de México, por lo que presentamos varios proyectos de los sectores antes mencionados. Por ejemplo, el artículo de PORTADA describe los proyectos ferroviarios en puerta y que cubrirán las rutas México-Toluca, México-Querétaro y Mérida-Playa del Carmen (Tren Transpeninsular), que traerán múltiples beneficios a millones de personas. Al hablar del proyecto aeroportuario quisimos enfocarnos no sólo en la parte de diseño de la obra, sino también un tema importantísimo para el funcionamiento y éxito del mismo. Por lo que la sección de ESPECIAL, tratará sobre el reto hidráulico para el nuevo AICM.

Siguiendo esta misma tónica, describimos algunos proyectos de infraestructura que impulsaron el desarrollo en algunos países y regiones como el impresionante Aeropuerto de Madeira, cuyas soluciones novedosas se describen en INGENIERÍA; también presentamos en la sección de ARQUITECTURA las obras que se hicieron en la nueva línea M4 del Metro de Budapest y en INTERNACIONAL, escribimos sobre el Puerto de Barcelona y los grandes beneficios que supuso su modernización.

En México, destacamos una parte del gran proyecto de Manzanillo, la Ampliación del Puerto esta presentada en la sección de ESTADOS y será una de varias entregas para describir la magnificencia e implicaciones del desarrollo de infraestructura, comercial y de conectividad de esta región.

Nada de lo anterior sería posible sin la experiencia y entusiasmo de grandes profesionales e ingenieros de grandes visiones, por lo que presentamos en QUIÉN Y DÓNDE a uno de los más renombrados investigadores y especialistas en la ingeniería oceánica, el Ing. Mauricio Porraz, cuyo trascendente legado le ha merecido el reconocimiento nacional e internacional.

Como podemos apreciar la infraestructura de las comunicaciones es el motor de crecimiento de los países, genera una importante derrama económica y ofrece oportunidades valiosas para la población, impacta de diferentes formas la vida de cada persona, pero también va más allá de las grandes obras emblemáticas. Dicho desarrollo se refiere también a todas esas pequeñas y medianas obras que determinan y favorecen las acciones cotidianas y calidad de vida de todo un país. **c**

Los editores



Arrastre Ferroviario,
Trackmobile.



Construcción de
Pacios Intermodales.



Tubería de acero con
diferentes usos, aplicaciones
y recubrimientos.



Trabes y columnas
prefabricadas de concreto
para Segundos Pisos.

ITISA

GRUPO



**PREPARADOS Y CUMPLIENDO CON
LAS MÁS ALTAS ESPECIFICACIONES Y
ESTÁNDARES MUNDIALES PARA
EL TREN DE ALTA VELOCIDAD.**



www.itisa.com.mx
01800-2-itisa-2
ventasvias@itisa.com.mx

*Más de 18 millones de durmientes de concreto
producidos e instalados en las vías férreas
de México y Latinoamérica.*



INTERNACIONAL

46



ESTADOS

52

QUIÉN Y DÓNDE

56



2 EDITORIAL

6 BUZÓN

8 NOTICIAS
 – **Holcim inaugura escuela mexicana de la construcción.**

– **Reconocimiento a Gerdau por excelencia en seguridad y salud.**

10 POSIBILIDADES DEL CONCRETO

- **Calidad del concreto:**
Durabilidad y especificaciones de desempeño (Parte I).
- **Concreto autoconsolidable:**
Vigas de concreto para puentes de grandes claros.
- **Infraestructura ferroviaria:**
Trenes de alta velocidad de España ruedan sobre concreto.
- **Pavimento de concreto:**
Recomendaciones prácticas para la construcción de pavimentos de concreto (Parte II).



14



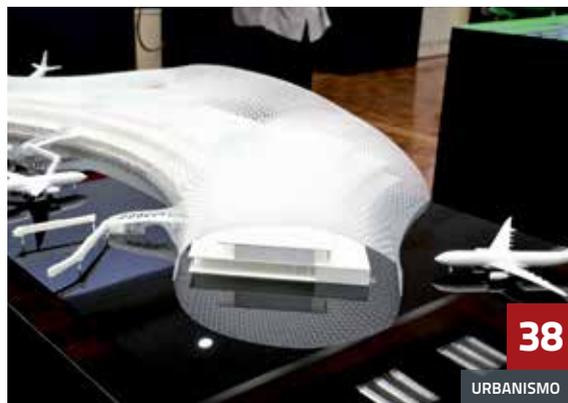
PORTADA:

El papel del concreto en los proyectos ferroviarios



34

ARQUITECTURA



38

URBANISMO



- 20** INGENIERÍA
Maravilla de la ingeniería aeroportuaria.
- 24** VOZ DEL EXPERTO
Infraestructura para las comunicaciones.
- 26** TECNOLOGÍA
T1 Protección de estructuras en contacto con el medio marino.
- 34** ARQUITECTURA
Una red de espacios públicos subterráneos.
- 38** URBANISMO
Blindaje hidráulico para el nuevo AICM.
- 42** ESPECIAL
Prevenir la fuerza del viento.
- 46** INTERNACIONAL
Infraestructura, logística y urbanismo.
- 52** ESTADOS
Un paso hacia la modernidad del Puerto de Manzanillo.
- 56** QUIÉN Y DÓNDE
Una vida dedicada a la ingeniería oceánica:
El legado del Ing. Mauricio Porraz.
- 60** CONCRETO VITUAL
American Concrete Pavement Association (ACPA).
- 61** PROBLEMAS, CAUSAS Y SOLUCIONES
Determinación de la resistencia a la tensión por compresión
diametral de cilindros de concreto.
Norma Mexicana NMX-C-163-1997-ONNCCCE.
- 64** PUNTO DE FUGA
Emblema del desarrollo.

 buzon@mail.imcyc.com

 /Cyt imcyc

 @Cement_concrete



Escanee el código
para ver material
exclusivo en
nuestro portal.

Cómo usar el Código QR

La inclusión de software que lee Códigos QR en teléfonos móviles, ha permitido nuevos usos orientados al consumidor, que se manifiestan en comodidades como el dejar de tener que introducir datos de forma manual en los teléfonos. Las direcciones y los URLs se están volviendo cada vez más comunes en revistas y anuncios.

Algunas de las aplicaciones lectoras de estos códigos son *ScanLife Barcode* y *Lector QR*, entre otros. Lo invitamos a descargar alguna de éstas a su *smartphone* o *tablet* para darle seguimiento a nuestros artículos en nuestro portal.



INSTITUTO MEXICANO
DEL CEMENTO Y DEL
CONCRETO, A.C.

CONSEJO DIRECTIVO

Presidente

Lic. Jorge L. Sánchez Laparade

Vicepresidentes

Lic. Juan Rodrigo Castro Luna

Ing. Daniel Méndez de la Peña

Lic. Pedro Carranza Andresen

Secretario

Lic. Roberto J. Sánchez Dávalos

INSTITUTO

Director General

M. en C. Daniel Dámazo Juárez

Gerencia Administrativa

Lic. Ignacio Osorio Santiago

Gerencia de Difusión
y Promoción

M. en A. Soledad Moliné Venanzi

Gerencia de Enseñanza

M en I. Donato Figueroa Gallo

Gerencia Técnica

Ing. Luis García Chowell

REVISTA

Editor

M. en A. Soledad Moliné Venanzi

smoline@mail.imcyc.com

Arte y Diseño

David Román Cerón

Inés López Martínez

Rodrigo Morales

Dante López

www.imagenyletra.com

Colaboradores

Juan Fernando González,

Isaura González Gottdiener,

Gregorio B. Mendoza,

Raquel Ochoa,

Antonieta Valtierra

Eduardo Vidaud

Fotografía

a&s photo/graphics y

Gregorio B. Mendoza

Comercialización

Lic. Renato Moysén

(55) 5322 5740 Ext. 216

rmoysen@mail.imcyc.com



Circulación Certificada por:
PricewaterhouseCoopers México.

PNMI-Registro ante el Padrón Nacional
de Medios Impresos, Segob.



> Comentarios

Un cordial saludo a todos los que hacen posible esta revista... les escribo para solicitarles más artículos sobre Prefabricados ya que la edición de julio dedicada al Toreo la encontré muy interesante.

Ingrid Reyes O.

Muchas felicidades por el gran esfuerzo de hacernos llegar revista C y T a nuestras manos cada mes.

Laura Leticia Bravo.

La Revista C y T del IMCYC es una excelente fuente de consulta mensual ya sea de manera impresa o electrónica y en sus redes sociales. ¡Sigán así!

Luis Villanueva A.

¡Felicidades! Gracias por tan rico, generoso y estimulante espacio en los medios impresos del país.

Isabel Rodríguez.

Encontré muy interesante el contenido de sus secciones. Es bueno saber que existe una revista abierta a todos los cambios en los campos de la ingeniería y la construcción.

Ing. Fernando Jiménez Santacruz.

RESPUESTA:

Agradecemos a todos ustedes sus amables palabras que sirven de motivación y aliento para seguir creando una revista de actualidad, calidad y que ofrezca a todos nuestros lectores información de interés y novedad.

Recibimos sus comentarios a este correo: buzon@mail.imcyc.com.

IMCYC ES MIEMBRO DE:

ANEIC	Asociación Nacional de Facultades y Escuelas de Ingeniería	Cámara Nacional de la Industria de Desarrollo y Promoción de Vivienda	Fédération Internationale de la Précontrainte	Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S. C.
American Concrete Institute	Asociación Nacional de Laboratorios Independientes al Servicio de la Construcción, A.C.	CEMEX	Federación Interamericana del Cemento	Precast/Prestressed Concrete Institute
American Concrete Institute Sección Centro y Sur de México	Asociación Nacional de Compañías de Supervisión, A.C.	Colegio de Ingenieros Civiles de México	Formación e Investigación en Infraestructura para el Desarrollo de México, A.C.	Post-Tensioning Institute
American Concrete Institute Sección Noroeste de México A.C.	Asociación Nacional de Industriales del Presfuerzo y la Prefabricación	Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción	Grupo Cementos de Chihuahua	Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural, A.C.
American Concrete Pavement Association	Asociación Nacional de Industriales del Presfuerzo y la Prefabricación	Comisión Nacional del Agua	Holcim	Secretaría de Comunicaciones y Transportes
Asociación Mexicana de Concreteros Independientes, A.C.	Asociación Nacional de Industriales de Vigüeta Pretensada, A.C.	Comisión Nacional de Vivienda	Instituto Mexicano del Edificio Inteligente, A.C.	Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica
Asociación Mexicana de la Industria del Concreto Premezclado, A.C.	Asociación de Fabricantes de Tubos de Concreto, A.C.	Corporación Moctezuma	Instituto Tecnológico de la Construcción	Sociedad Mexicana de Ingeniería Geotécnica
Asociación Mexicana de Ingeniería de Vías Terrestres, A.C.	Cámara Nacional del Cemento	Federación Mexicana de Colegios de Ingenieros Civiles, A.C.	LAFARGE	
		Fundación de la Industria de la Construcción		

Construcción y Tecnología en Concreto. Volumen 4, Número 8, Noviembre 2014, es una publicación mensual editada por el Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C., ubicado en Insurgentes Sur 1846, Col. Florida, Delegación Álvaro Obregón, C.P. 01030, tel. 5322 5740, www.imcyc.com, correo electrónico para comentarios y/o suscripciones: smoline@mail.imcyc.com. Editor responsable: M. en A. Soledad Moliné Venanzi. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2010-040710394800-102, ISSN: 0187 - 7895, ambos otorgados por el Instituto Nacional de Derechos de Autor. Certificado de Licitudo de Título y Contenido No. 15230 ante la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Distribuidor: Correos de México PP09-1855. Impreso por: Prerensa Digital, S.A. de C.V., Caravaggio 30, Col. Mixcoac, México, D.F. Tel.: 5611 9653. Este número se terminó de imprimir el día 31 de octubre de 2014, con un tiraje de 10,000 ejemplares.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C. (IMCYC).

Precio del ejemplar \$50.00 MN.

Suscripción anual para la República Mexicana \$550.00 M.N. y para extranjero \$120.00 USD (incluye gastos de envío).

ESTA REVISTA SE IMPRIME EN PAPEL SUSTENTABLE



Acero de calidad para la realización de tus proyectos.



Nuestros productos cumplen con las normas nacionales y extranjeras vigentes, garantizando la calidad y seguridad de tus obras.

Varilla corrugada



Varilla habilitada



Perfil IR



Ángulo LI



Solera SOL



Canal CE



Perfil TR



Cuadrado CS



Redondo OS



Ángulo LD



GERDAU CORSA

www.gerdaucorsa.com.mx



HOLCIM INAUGURA ESCUELA MEXICANA DE LA CONSTRUCCIÓN

EL PASADO 15 de octubre, Holcim México inauguró su Escuela Mexicana de la Construcción (EMC), un centro de capacitación y certificación único en el país que ofrece nuevas oportunidades de desarrollo profesional para los trabajadores de la construcción.

Holcim México es la primera cementera que desarrolla una escuela de estas características especialmente dirigida a los Maestros de obra y albañiles con el fin de valorar y profesionalizar el oficio. **C**



RECONOCIMIENTO A GERDAU POR "EXCELENCIA EN SEGURIDAD Y SALUD"

GERDAU, EMPRESA líder en el segmento de aceros largos en el continente Americano, y una de las principales proveedoras de aceros largos especiales del mundo, obtuvo dos importantes reconocimientos durante la 48ª Conferencia Mundial de la World Steel Association.

Durante la premiación, realizada el pasado 7 de octubre en la ciudad de Moscú, el presidente de World Steel Association, Joon-Yang Chung, reconoció la excelencia de programas de seguridad y salud implementados por las más importantes compañías acereras a nivel mundial, demostrando su liderazgo en esta materia. **C**



André B. Gerdau Johannpeter, Director-Presidente (CEO) de Gerdau, recibe en Moscú el reconocimiento.



CARSO INFRAESTRUCTURA E IMPULSORA TLAXCALTECA OBTIENEN EL CONTRATO PARA EL SEGUNDO PISO DE LA AUTOPISTA MÉXICO-CUERNAVACA



EL CONSORCIO conformado por CICSA, Carso Infraestructura, e Impulsora Tlaxcalteca obtuvo el contrato de obra pública con una propuesta económica por mil 913 millones de pesos, la cual garantiza satisfactoriamente el cumplimiento del contrato y la ejecución de los trabajos, señala el acta de fallo de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) con una propuesta económica por mil 913 millones de pesos.

El segundo piso atravesará la caseta de Tlalpan en la salida del Distrito Federal a Cuernavaca y tendrá una longitud de 7 kilómetros, de los cuales 5 son los que están siendo adjudicados para su construcción por la SCT, mientras que será el Fondo Nacional de Infraestructura (Fonadin) quien opere esta vialidad elevada. **C**

▼ PRIMER ENCUENTRO SECTOR MINERO Y SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN

LA CÁMARA MINERA de México, la Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México y la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción, realizaron conjuntamente el Primer Encuentro entre el Sector Minero y el Sector de la Construcción el pasado 9 de octubre en la sede nacional de la CMIC en la Ciudad de México.

El objetivo de este encuentro fue establecer sinergias entre ambas Cámaras y la Asociación, coadyuvando al desarrollo competitivo de proyectos mineros mediante el apoyo de empresas especializadas y de las instituciones educativas de la CMIC para favorecer el crecimiento de ambas industrias.

El acto inaugural contó con la participación del Lic. Mario Alfonso Cantú Suárez, coordinador general de minería de la Secretaría de Economía; Ing. Marcos Gluyas Solórzano, vicepresidente ejecutivo del sector minero de la CMIC; Lic. Gustavo Arballo Luján, secretario nacional de la CMIC; C.P. Humberto



Gutiérrez-Olvera Zubizarreta, presidente de la Cámara Minera de México; y del Dr. Manuel Reyes Cortés, presidente de la Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México. **C**



DEPRIMIDO VEHICULAR INSURGENTES-MIXCOAC

EN EL CRUCE de Río Mixcoac y Avenida Insurgentes se construirá un doble túnel de mil 500 metros de longitud para ofrecer a los automovilistas que circulen sobre Circuito Interior una circulación continua. Cada nivel del túnel tendrá 3 carriles y será exclusivo para un sentido del tránsito.

Una vez concluidos los trabajos el tránsito de los carriles centrales de esta vialidad correrá de manera subterránea, esto permitirá que a nivel de superficie se rescate el espacio público a través de la construcción de un parque lineal con un andador peatonal, fuentes con espejos de agua, áreas para descansar y vegetación.

Asimismo, se reordenará la geometría al cruce de las avenidas Mixcoac e Insurgentes, donde se habilitará una nueva glorieta con espacios más amplios para los peatones, con pasos seguros entre las vialidades y que luzca los mismos elementos que el parque lineal. Esta nueva rotonda también permitirá una ordenada circulación a los automovilistas que crucen por alguna de vialidades que pasan por esta intersección: Eje 8 Sur y las avenidas Río Mixcoac e Insurgentes.

Este proyecto está contemplado dentro de la inversión de 6 mil 500 millones de pesos que el Gobierno de la Ciudad de México realiza a través de un esquema de Pago por Prestación de Servicios a largo plazo (PPS) que incluye la intervención de seis cruces de Circuito Interior, a fin de hacer continuo el paso de vehículos por los carriles centrales de la vialidad.

También está incluido el mantenimiento de los 42 kilómetros que conforman la vialidad hasta el año 2025, año en el que concluye el contrato PPS. Con estas labores se garantiza mantener en condiciones óptimas las luminarias, carpeta de rodamiento, áreas verdes, señalización, balizamiento, muro de contención y limpieza de toda la arteria, que ahora sí será una auténtica vía rápida.

Se prevé que estos trabajos inicien a finales de este año y tengan una duración de dos años. **C**





Eduardo de J. Vidaud Quintana

Ingeniero Civil/Maestría en Ingeniería.

Su correo electrónico es: evidaud@mail.imcyc.com



CALIDAD DEL CONCRETO

Durabilidad y especificaciones de desempeño (Parte I).

UNA VEZ QUE el concreto ha sido mezclado y colocado, la resistencia a la compresión se determina en muestras preparadas especialmente para garantizar el cumplimiento de requisitos de diseño y especificaciones. Esto significa un inconveniente, ya que aquí no se tiene en cuenta la variabilidad resultante de prácticas reales como son: la colocación, compactación, acabado y curado. El concreto de los especímenes para el ensayo de resistencia a la compresión, tiene poca semejanza con el concreto de la estructura real.

La calidad del concreto en el recubrimiento, además de la dosificación de la mezcla, depende con frecuencia de otros factores, que son el resultado a su vez de la calidad de los materiales y, en particular, de las prácticas de construcción. Esta es la razón que sugiere que una medida fiable de la calidad del concreto del recubrimiento sólo puede conseguirse mediante la evaluación del concreto en la estructura después del endurecimiento; en lugar de solo hacerlo en los especímenes ensayados a compresión.

Es esta idea la que soporta el desarrollo de estrategias que ponen en práctica lo que comúnmente se conoce como "especificaciones basadas en desempeño". En particular, estas especificaciones son diseñadas para evaluar y garantizar el nivel requerido de calidad del concreto en relación con la durabilidad a largo plazo, en un determinado entorno de servicio de la estructura. Lobo *et al.* conceptualizaron estas en el 2005, como "*un conjunto de instrucciones claras, medibles y exigibles que describen los requerimientos funcionales para aplicaciones específicas en el concreto endurecido*".

Taylor indicó en 2004 que mientras que en una especificación prescriptiva el riesgo se disgrega entre el propietario y el diseñador, en las de desempeño estas se separan; estableciéndose la responsabilidad con mayor claridad. Considerar por separado las especificaciones del concreto que se suministra y las del colocado en la estructura, posibilita entonces distinguir la responsabilidad entre el proveedor del concreto y el constructor.

Además, las especificaciones prescriptivas se refieren principalmente a los detalles de los materiales componentes y procesos para asegurar una calidad adecuada; proporcionándose el necesario grado de supervisión e inspección. Sin embargo, en una especificación de desempeño, sería necesario esperar a que se cumpla el tiempo asignado para verificar los parámetros de durabilidad (u otro desempeño) y así proceder al pago de la construcción.

Taylor argumentó que estas metodologías, en su sustento teórico, son poco prácticas, y que debería utilizarse un enfoque intermedio o "especificaciones híbridas" (con mayor énfasis en los criterios de desempeño). En este caso, el propietario y el diseñador deciden sobre el nivel de desempeño deseado para un servicio específico, proponiendo un "índice" o indicadores de ensayo adecuados.

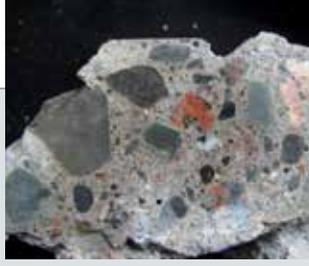
El proveedor y el contratista proporcionan entonces un sistema concreto, precalificado a través de ensayos a realizarse antes de la construcción real, en donde se deberán cumplir con los índices (o límites) establecidos por el propietario/diseñador. Este sistema de referencia, no sólo describe las proporciones de la mezcla, sino que también abarca los procedimientos a adoptar durante el colado.

La práctica actual en la India revela que la IS 456 del 2000 (Norma India para el Concreto Armado y Simple - Código de buenas prácticas), fue revisada por cuarta vez en el año 2000. Aunque todavía falta trabajar en muchos aspectos respecto al concreto, en cierta medida esta revisión no reflejó los avances en la tecnología del concreto desde la revisión de 1978. En particular, se presentó la cláusula relativa a la durabilidad con algunas limitaciones, y fueron revisados los criterios de muestreo y aceptación para el concreto.

Actualizar este código con el proceder internacional, significaría tomar en cuenta algunas reflexiones medioambientales presentadas por ejemplo por Kulkarni en 2009; quien comparó la evolución del EN206-1 (2000), AS3600 (1994), y ACI 318 (2008) en relación con el ataque al concreto en condiciones expuestas. **C**

REFERENCIAS:

Santhanam M., "Durabilidad y especificaciones de desempeño". Publicado en: "The Masterbuilder", Marzo del 2013. <http://www.masterbuilder.co.in/durability-and-performance-specifications/>.



CONCRETO AUTOCONSOLIDABLE

Vigas de concreto para puentes de grandes claros.

LA INDUSTRIA DE los elementos estructurales prefabricados ha avanzado últimamente con buen ritmo; lo que tiene desde hace varios años un rol absolutamente protagónico dentro de la actividad de la construcción; mediante el aporte de vigas de gran peralte, placas para cerramientos, losas, bases, columnas, entre otros.

En este ámbito caracterizado por el desarrollo, la incorporación de nuevas tecnologías, y el crecimiento y la demanda sostenida, dos elementos estructurales premoldeados parecieran tener mayor significación: las vigas de gran altura para salvar importantes claros y los cerramientos verticales ultra delgados de concreto.

En ambos casos, la utilización de concreto autoconsolidable (CA) con la tecnología aportada por los aditivos hiperfluidificantes en base a policarboxilatos posibilitó, como veremos más adelante, una atinada solución para obtener, entre otros beneficios, una sencilla elaboración de complejas piezas estructurales, elevada resistencia inicial y final, excelente terminación superficial y alta productividad.

La alternativa de salvar importantes claros mediante vigas premoldeadas y postesadas constituye una inteligente solución dentro del campo de la ingeniería, que aporta mayor seguridad estructural y rapidez de construcción "in situ". Estas vigas de gran peralte son destinadas a varios tipos de obra, destacándose particularmente su utilización en puentes.

Las vigas de referencia pueden tener variadas secciones transversales; pero suelen tener almas muy esbeltas. Son dimensionadas considerando generalmente concretos de resistencias especificadas superiores a 35 MPa, tienen elevada cuantía de armadura pasiva; vainas para postesado y zonas de doblez de armaduras para constituir las longitudes de anclaje. Por lo tanto la forma de la viga y la cantidad y distribución de armaduras configuran una pieza de difícil colado y compactación del concreto, lo que derivó en la preocupación de muchos premezcladores en Argentina.

En este sentido, la empresa Tensolite S.A. de Tucumán, Argentina posibilitó el desarrollo

conjunto de estudios sobre dosificación, ensayos de laboratorio, pruebas a escala industrial y la materialización de algunas vigas de 32 m de longitud, 1.50 m de altura y 20 cm de alma; densamente armadas. Sobresalen dos condiciones importantes para este CA: importante contenido de material más fino que el tamiz 0.150 mm y uso de un potente aditivo que modificara las propiedades reológicas del concreto.

El concreto se elaboró en planta con mezcladora de eje vertical con capacidad para 0.5 m³, cargando primero los agregados corregidos por humedad, luego el cemento y por último el resto del agua con el aditivo. El transporte desde la planta a la zona de moldeo fue por balde, y el colado se efectuó desde la parte superior de la viga. La autocompactación fue excelente logrando rápidamente la densificación del material; sólo se dieron algunos golpes laterales al molde para lograr una mejor terminación.

Mediante la aplicación de la tecnología del CA se logró en las vigas elevada compacidad, alta productividad y excelente terminación superficial. El cambio en el comportamiento reológico del concreto facilitó notablemente el llenado de los moldes y la densificación del material, sin aplicación de vibrado externo. El notable aumento de la productividad pudo manifestarse en la elaboración de las vigas sumamente armadas; pasándose de una demanda aproximada de cuatro horas con un plantel de 5 personas en concreto convencional a dos horas con 2 personas en CA.

A pesar del elevado contenido de material muy fino, se obtuvo mediante la utilización del aditivo un concreto de relativamente baja demanda de agua (relación agua-cemento de 0.34), alta fluidez, excelente trabajabilidad, con extensibilidad de entre 67 cm y 70 cm, y ninguna evidencia de segregación de sus componentes. Se cumplió satisfactoriamente la necesidad de contar con elevada resistencia a un día para desmoldar y trasladar la pieza estructural al obtener valores de resistencia a compresión superiores a 20 MPa a un día sin vapor, y mayores a 32 MPa con vapor para la misma edad. **C**

REFERENCIAS:

Gebert F., Checmarew L., "Vigas de hormigón autocompactante para puentes de grandes luces", publicado en Revista Hormigonar N. 10, Año 4, diciembre 2006.



INFRAESTRUCTURA FERROVIARIA

Trenes de alta velocidad de España ruedan sobre concreto.

EN ALGUNOS países se han desarrollado los Trenes de Alta Velocidad (TAV), con velocidades de entre 300 a 350 Km/h y compitiendo para distancias cortas con otros sistemas como el vehículo o el avión. La necesidad de desarrollar sistemas de transporte masivos se cataliza por el constante aumento de la población, el caos circulatorio y la contaminación por emanaciones de motores de combustión interna; además de ser prioridad la comodidad, eficiencia y eficacia.

En este ámbito, el tren resulta una adecuada alternativa. España, es uno de los países que ha creído en los TAV, permitiendo de manera paralela el desarrollo de la ingeniería en la construcción de obras que den paso a este sistema; llevando al ingeniero a desarrollar diferentes tipos de estructuras a lo largo del trazado. Este es el caso de los viaductos al encontrarse con accidentes geográficos que ponen a prueba su ingenio.

Un viaducto es una estructura construida sobre una depresión, que permite el paso de carreteras o líneas férreas. Está conformado por la superestructura que son las vigas y el tablero, y la infraestructura conformada por las pilas, los estribos y los cimientos. Al diseñar un viaducto se debe considerar el método constructivo a implementar, pues de él depende el tiempo de construcción y la mano de obra necesaria; varía de acuerdo con factores específicos de cada obra como los costos o espacio disponible alrededor.

En este escrito se presentan algunos de los métodos más utilizados para la construcción de la superestructura (vigas y tableros); así como ejemplos de estas vías en España.

- El "Método de cimbra convencional" se caracteriza por la rapidez en la ejecución. En este se debe tener acceso al área inferior del viaducto la cual debe estar despejada. Desde el terreno se levanta una armazón hasta la altura de las pilas, la cual soportará la cimbra mientras se cuelan y fraguan las vigas y el tablero.
- El "Método de cimbra autoportante" se trata de una cimbra deslizable que se apoya en las pilas; cuando ésta llega a la posición requerida

se arma debajo de ella para colar las vigas. Al fraguarse, se retira y se desliza hasta la siguiente pila en donde se realiza de nuevo el proceso. Este método no ocupa el espacio inferior del viaducto.

- El "Método de tableros empujados" se construyen las vigas o secciones previamente o 'in situ'; se ubican en el borde del estribo y desde allí se empujan hasta la posición deseada; mediante gatos hidráulicos ubicados sobre las pilas.
- El "Método de voladizos sucesivos" se construyen las vigas por segmentos como voladizos. Sobre la pila, se realiza el montaje de la cimbra, luego se cuele y al fraguarse se retira. Seguido se instalan otras dos cimbras del otro lado y se cuele. Es así como se avanza en voladizo lado a lado de la pila para contrarrestar las cargas.
- El "Método de piezas prefabricadas" se utiliza una cimbra que sirve para el transporte de estas piezas. La cimbra se apoya sobre las pilas y va llevando, una a una, todas las piezas requeridas entre pila y pila; colocándolas en su posición. Otra forma es con grúas que levantan las vigas y las ubican sobre las pilas. Luego, si el tablero también es prefabricado se coloca, de no serlo se tiende la cimbra entre las vigas y se cuele. Se necesita que el espacio inferior al viaducto este libre y sea de fácil acceso a la grúa.

Desatacan en España varias Líneas de Alta Velocidad (LAV) como el caso de la Línea Madrid – Segovia – Valladolid, que utiliza traviesas de concreto mono-bloque en vía sobre balasto y Sistema Rheda 2000 en vía sobre placa. La LAV Madrid – Zaragoza – Barcelona con traviesas de concreto; así como la Madrid – Córdoba – Málaga y la Madrid – Sevilla. Este es el modo en que España se alista para tener hacia el 2020 una consolidada estructura de transporte, y para ello destina un gran porcentaje de su presupuesto a la construcción y adecuación de vías férreas; por considerar éste medio de transporte como seguro y eficiente, no solo para transporte de pasajeros, sino también para ciertos tipos de carga. **C**

REFERENCIAS:

"Trenes de alta velocidad en España ruedan sobre concreto", publicado en Revista Noticreto # 94, Junio 2009.



PAVIMENTOS DE CONCRETO

Recomendaciones prácticas para la construcción de pavimentos de concreto (Parte II).

EN LA PRIMERA parte de este escrito se refirieron algunas recomendaciones prácticas para la construcción de estos pavimentos en torno a la preparación de la base, el manejo y colocación del concreto, y la compactación; trabajos a los que les sigue el acabado de la superficie expuesta; operación que consiste en enrasar o nivelar la superficie, aplanarla, emparejarla, en algunos casos alisarla o en otros texturizarla.

Después que el concreto ha sido tendido y vibrado se inicia el proceso de nivelación o enrasado, que consiste en retirar el exceso de concreto de la superficie superior para dejarla al nivel apropiado. La herramienta manual para este fin es una regla que puede tener el borde inferior recto o ligeramente curvo. Esta regla puede ser de madera, y para enrasar el concreto se mueve sobre este con un movimiento de "vaivén" o aserrado; avanzando una pequeña distancia en cada desplazamiento. Es conveniente que haya un exceso o sobrecarga de mezcla contra la cara frontal de la regla, para rellenar las cavidades o partes bajas, a medida que se da el movimiento. También se utiliza para este fin la regla vibratoria.

Inmediatamente después del enrasado, se emplea una aplanadora manual (llana) para eliminar los puntos altos o bajos de la superficie, e incrustar los agregados gruesos dentro de la masa. La llana debe mantenerse plana sobre la superficie y debe desplazarse con un ligero movimiento de "vaivén en arco" para rellenar vacíos, abatir protuberancias y alisar abultamientos.

El aplanado debe ser completado antes de que el agua de exudación se acumule sobre la superficie; pero también debe tenerse especial cuidado de no trabajar en demasía esta, ya que un aplanado excesivo puede provocar el avance de pasta de cemento y la fracción más fina del agregado hacia la superficie. Este material húmedo y cohesivo, tiene una contracción por secado muy alta y una resistencia más baja que el mortero y el concreto subyacentes, lo que puede conducir a cuarteaduras y grietas que luego descascaran esta pasta superficial.

Aunque las labores de aplanado normalmente son suficientes para un acabado adecuado, a

veces debe complementarse con el emparejado; para el que se emplean de preferencia las llanas manuales metálicas. Al igual que en el aplanado, la llana debe mantenerse plana sobre la superficie y debe desplazarse con un ligero movimiento de "vaivén en arco". Cuando la mayor parte del brillo de la superficie del concreto haya desaparecido y antes de que se vuelva no plástico, deberá procederse el arrastre longitudinal de tela de yute.

Posteriormente, con un equipo de texturizado se procederá a realizar el texturizado transversal mediante rastrillo de alambre en forma de peine, con una separación entre dientes de 20 mm, ancho de dientes de 3 mm, y con una profundidad de penetración máxima y mínima de 6 y 3 mm respectivamente; a todo lo ancho de la superficie.

Esta operación se realizará cuando el concreto esté lo suficientemente plástico para permitir el texturizado; pero lo suficientemente seco para evitar que fluya formando surcos. Para obtener un concreto de buena calidad también las labores de acabado deben ser seguidas de unas prácticas convenientes de protección, en un medio ambiente propicio (natural o artificial), durante la etapa de fraguado (cambio del estado plástico a endurecido). Igualmente deben darse las condiciones para mantener el concreto a una temperatura y contenido de humedad satisfactorios, a partir del fraguado final (inicio del endurecimiento), y durante un tiempo definido, para promover la hidratación del cemento.

Este procedimiento de controlar la temperatura y humedad hacia adentro y hacia afuera del concreto, es el curado; y entre los métodos y materiales utilizados se encuentran: las cubiertas húmedas, las láminas de plástico, el papel impermeable, y las membranas de curado. El periodo durante el cual el concreto debe ser protegido y curado depende de factores como: el tipo de cemento, el uso de aditivos, las proporciones y el revenimiento de la mezcla, la resistencia requerida, así como el tipo, tamaño y geometría del elemento, las condiciones ambientales y el grado de exposición durante su vida útil. **C**

REFERENCIAS:

Sánchez de Guzmán D., "Recomendaciones prácticas para la Construcción de Pavimentos de Concreto", publicado en Revista ISCYC, No. 47, Año 12, 2007.



Juan Fernando González G.

 www.facebook.com/Cytimcyc

 @Cement_concrete

Fotografías: Shutterstock

NUNCA COMO ahora la frase ‘la locomotora de la economía’ podría utilizarse para describir uno de los proyectos emblemáticos de la administración del presidente Enrique Peña Nieto

El papel del concreto en los proyectos ferroviarios

N

os referimos a la puesta en marcha de los trenes que cubrirán las rutas México-Toluca, México-Querétaro y Mérida-Playa del Carmen (Tren Transpeninsular), que

traerán múltiples beneficios en la movilidad de millones de personas y que ayudarán a la creación de un sinnúmero de empleos temporales y permanentes.

El tren México-Toluca lleva la delantera sobre los demás, toda vez que ya se han realizado algunas de las licitaciones correspondientes a los primeros tramos de construcción, y muy pronto se darán a conocer las restantes. Sin embargo, es una realidad que hay mucho hermetismo al respecto, sobre todo por parte de las compañías mexicanas que participan, junto



Foto: M.Choco / Shutterstock.com.

con el consorcio *China Railway Construction Corporation Limited (CRCC)* en la puja por el Tren México-Querétaro. Las empresas nacionales son Prodemex, Constructora y Edificadora Gia, así como Constructora Teya.

Paradójicamente, los postulantes no tienen competidor alguno debido a que grandes empresas, como la española CAF, encargada de la construcción de líneas de metro a nivel internacional, así como la japonesa Mitsubishi, la canadiense Bombardier, la francesa Alstom, la alemana Siemens o las mexicanas ICA y Carso solicitaron una prórroga para presentar sus propuestas, petición que les fue negada por la autoridad.

DE MÉXICO A TOLUCA EN 39 MINUTOS

El valle de Toluca y la zona poniente del Distrito Federal se conectarán mediante un sistema de transporte moderno, el primero en su tipo en Latinoamérica, que elevará el transporte de pasajeros al nivel de ciudades como Chicago, Nueva York, Madrid, Londres, Amsterdam y otras grandes urbes del mundo.



Tren México-Toluca

- Los estudios fueron elaborados por la empresa SENERMEX.
- La construcción se realizará bajo el esquema de obra pública y habrá varias licitaciones para la obra civil, electromecánica y material rodante.
- Las pruebas pre-operativas iniciarían el último trimestre del 2017.
- Son trenes eléctricos que cubrirán un recorrido de 57.7 km.
- Habrá cuatro estaciones intermedias: Terminal de Autobuses, Metepec, Aeropuerto, Lerma y Santa Fe), y dos terminales: Observatorio y Zinacatepec.
- Demanda estimada: 270 mil pasajeros por día, en ambos sentidos.
- La inversión rondará los 38 mmdp.

Sólo bastarán 39 minutos para enlazar a la capital mexicana y sus alrededores con la ciudad de México, lo que impactará positivamente en la seguridad y el reordenamiento vial de 270 mil usuarios diarios. El gobierno federal ha afirmado que las tarifas del tren serán accesibles y que su construcción y operación detonará el desarrollo económico de los municipios de Toluca, Metepec, San Mateo Atenco, Ocoyoacac y Lerma, así como el de las delegaciones Cuajimalpa, Álvaro Obregón y Miguel Hidalgo. La zona de Santa Fe, tan compleja en muchos sentidos, será una más de las áreas favorecidas.

Los beneficios de esta magna obra son múltiples: habrá un ahorro en el tiempo de traslado de 90 minutos, se reducirán ostensiblemente los gastos de mantenimiento a la infraestructura de vialidades y a unidades de transporte público y privado en 680 mdp/año, al tiempo que se disminuirán las emisiones contaminantes de CO2 en 34,500 toneladas, lo cual representa el oxígeno producido por 276 hectáreas de bosque. En el ámbito económico se estima que, durante la etapa de construcción, se generarán 17 mil empleos directos y 35 mil indirectos.

El pasado 7 de julio, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) dio inicio a la construcción de la primera etapa de este proyecto, la cual correrá de Zinacantepec a la Marquesa, infraestructura que entrará en operaciones a partir de julio de 2017 y la cual no registrará ningún tipo de subsidio.

EL RECORRIDO

El tren partirá de la terminal multimodal Observatorio para conectar con la línea 1, la central camionera y las futuras líneas 12 y 9; continuará por la avenida Vasco de Quiroga hasta llegar a Santa Fe, para seguir en forma paralela a la autopista de cuota México-Toluca llegando al bi-túnel de 4.6 km que cruzará la Sierra de las Cruces.

Posteriormente, transitará a través de Avenida de las Torres para llegar a la esta-

ción Lerma, y luego arribará a la estación Metepec-Aeropuerto (aquí habrá un servicio de *Shuttle* hacia la terminal aérea de Toluca). El siguiente paso será el encuentro con la Terminal de Autobuses de Toluca, también en Avenida de las Torres y terminará su recorrido en la terminal Zinacantepec.

PRIORITARIO, CUMPLIR CON LAS FECHAS

El principal reto de la construcción del tren de pasajeros México-Toluca es el tiempo, y es por ello que se prevé que esté listo para operar en julio de 2017. El desarrollo de la obra se realizará en su totalidad con recursos





Foto: August_0802 / Shutterstock.com.

públicos, por lo que no ocurrirá lo mismo que con el Sistema 1 del Tren Suburbano de la Zona Metropolitana del Valle de México.

Así lo expresó hace unas semanas el C.P. Pablo Suárez Coello, director general de Transporte Ferroviario y Multimodal de la SCT, quien informó que este proyecto será financieramente sano y que no habrá posibilidad de que ocurra lo mismo que con el Sistema 1 del Tren Suburbano, en el que hay inversión privada.

El tren México-Toluca será construido al ciento por ciento con recursos públicos. El servicio no será subsidiado y "puedo garantizar que la tarifa al momento del arranque va a ser ligeramente menor a los costos de hoy del traslado de las personas", apuntó.

TREN RÁPIDO MÉXICO-QUERÉTARO

Este megaproyecto conectará a la ciudad de

México con la de Querétaro, aunque se tiene contemplado que sea el inicio de un trazo que continuará hacia el Bajío, Guadalajara y Monterrey. La SCT señala que esta obra será moderna y de una alta tecnología, lo cual hará posible la conexión entre las dos grandes metrópolis en tan sólo 60 minutos al tiempo que incrementará la seguridad de 23 mil usuarios cada día.

El desarrollo ferroviario, que beneficiará a 30 millones de habitantes en su primera etapa coadyuvará, asimismo, al reordenamiento del acceso vehicular a la ciudad de México, y detonará el desarrollo económico de las zonas de Querétaro y el bajío. Habrá grandes ahorros, producto del aprovechamiento de la infraestructura del tren suburbano Cuautitlán-Buenavista y de la reasignación de recursos, dado que ya no será necesario implementar el proyecto que se tenía contemplado para hacer que el tren suburbano llegara a Huehuetoca.

RECORRIDO A 300 KM POR HORA

El tren partirá de la estación Buenavista (que se conecta con la línea B del metro

Foto: aimy27feb / Shutterstock.com.





La apuesta china por el Tren México-Querétaro

y las líneas 1, 3 y 4 del Metrobus), pasará por Cuautitlán y Huehuetoca y luego enfilará hacia Tepeji del Río y Tula, ingresando al túnel Pueblo Nuevo de Jasso; llegará al Viaducto de Santa María Illucan y de allí continuará su camino hacia la zona de túneles de la Mezquitera, Canoas y Xochitlá. A continuación, se incorporará al Viaducto San Antonio y llegará a la región de Santa María Macua, para entonces cruzar el túnel Daño y seguir en fila hacia el Viaducto San Juan del Río.

El último tramo consistirá en atravesar la autopista México-Querétaro para ingresar finalmente a la zona urbana de Querétaro, justo en la estación ubicada en Boulevard Bernardo Quintana y la calle Emeterio González.

UNA LICITACIÓN FUERA DE LO COMÚN

Desde que se anunció que había la posibilidad de construir un tren de alta velocidad, las empresas constructoras más importantes del país encendieron los focos de alerta. Fueron 60 las compañías que mostraron interés por participar en este proyecto, pero lo cierto es que al final de la carrera solamente un consorcio internacional, conformado por *China Railway Construction Corporation* y las firmas mexicanas Prodemex, GIA y Teya, presentaron una propuesta técnico económica para la construcción, el suministro de material rodante y electromecánico, así como para las "pruebas extendidas", la cual ronda los 50.8 mil millones de pesos.

De acuerdo con la licitación pública internacional abierta No. PO-009000988-N49 2014, el proceso involucra un contrato mixto de obra pública para la construcción, suministro y puesta en marcha de una vía férrea, material rodante, equipos y sistemas y demás componentes del proyecto del tren de alta velocidad entre las ciudades de México y Querétaro.

La construcción deberá iniciar en enero de 2015 y el servicio tendrá que

- La empresa *China Railway Construction Corporation (CRCC)* formó un consorcio con las compañías mexicanas Prodemex, Constructora y Edificadora Gia, Constructora Teya, China Railway Construction México, GHP Infraestructura Mexicana y CSR Corporation Limited.
- La SCT preveía una inversión de casi 43 mil millones de pesos; el consorcio participante ofreció 50 mil 820 millones 264 mil 42 pesos.
- El fallo se tiene previsto para el próximo 3 de noviembre, a través de Compranet.
- El proyecto consiste en un contrato mixto de obra pública para la construcción, suministro y puesta en marcha de una vía férrea, material rodante, equipos, sistemas y demás componentes del mismo, así como la operación y mantenimiento durante cinco años para garantizar el funcionamiento y la seguridad de los pasajeros.
- CRCC cuenta con una experiencia de 65 años en la operación de trenes y es responsable de más de 70 por ciento del diseño, y más de 60 por ciento, de la construcción de la red ferroviaria de alta velocidad en China, la cual cuenta con 11 mil 800 kilómetros de vía y es considerada la más grande y rápida del mundo.

entrar en operación en diciembre de 2017, con lo que se convertirá en el primer tren pasajeros de alta velocidad de todo el Continente Americano. Para que esto pueda cumplirse, es decir, para que el tren recorra los 210 kilómetros de longitud entre México y Querétaro en 59 minutos no deben existir estaciones intermedias.

Es interesante destacar la opinión del ingeniero Luis Zárate Rocha, presidente de la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC), quien señaló que la alianza entre tres empresas mexicanas y el consorcio *China Railway Construction Corporation*, "será una mezcla y fórmula exitosa" para el desarrollo del proyecto de pasajeros de alta velocidad México-Querétaro. **C**

AEROPUERTO DE MADEIRA

Maravilla de la ingeniería aeroportuaria.

Eduardo de J. Vidaud Quintana

Ingeniero Civil/Maestría en Ingeniería.

Su correo electrónico es:
evidaud@mail.imcyc.com

Ingrid N. Vidaud Quintana

Ingeniero Civil/Doctorado en Ciencias.

Su correo electrónico es:
ingrid@fco.uo.edu.cu

Madeira es un archipiélago de 741 km² que pertenece a Portugal y la Unión Europea, ubicado al sudoeste de la Península Ibérica, en medio del océano Atlántico (Fig. 1). Está formado por dos islas habitadas: Madeira y Porto Santo, y tres islas menores no habitadas, que responden al nombre de Islas Desertas. Estas islas, junto con las Islas Salvajes, forman la Región Autónoma de Madeira, región autónoma portuguesa que se encuentra a menos de 400 km de Tenerife, 860 km de Lisboa, y a unos 900 km en línea recta horizontal hacia el este de la ciudad marroquí de Casablanca (la ciudad continental costera más cercana al archipiélago).

Madeira es la mayor de las islas del archipiélago, cuya principal actividad económica es el turismo; recibiendo durante todo el año muchos visitantes fundamentalmente de Europa, los que buscan el disfrute de su clima y de la belleza natural. La capital de Madeira es la ciudad de Funchal que se encuentra situada en la costa meridional de la isla; sus magníficas playas y el clima templado hacen de la ciudad un centro turístico invernal.

Conocido como el Aeropuerto de Funchal o de Santa Catarina, el aeropuerto internacional de Madeira se encuentra situado a 16 km de la ciudad capital de la isla, Funchal, que a su vez se ubica en la costa sur; se destaca entre sus similares a nivel mundial por ubicarse entre los más peligrosos al realizar aproximaciones y aterrizajes.

Su particularidad constructiva y sorprendente ingeniería, llevan también a considerarle entre las más importantes obras en infraestructura aeroportuaria en Europa; razones que motivan esta crónica.



Figura 1

Foto 1



20

Ubicación geográfica de la isla de Madeira.



Fuente: Adaptado de <http://en.wikipedia.org/wiki/Madeira#mediaviewer/> y de <http://codigopostal.ciberforma.pt/regiao/ilha/ilha-da-madeira>

Aeropuerto original de Madeira.



Fuente: Díaz Lorenzo J. C. (2010).

Inaugurado el 8 de julio de 1964, el aeropuerto era ampliamente conocido por su corta pista de aterrizaje, que, rodeada de altas montañas por un lado y el mar por el otro, hacía bastante difícil los aterrizajes; incluso para los más experimentados pilotos (Foto 1). Entonces el largo original de la pista era sólo de mil 600 metros. La apertura del aeropuerto propició la apertura de Madeira al continente; posibilitando un aumento considerable del turismo; aunque el transporte marítimo seguía siendo preponderante.

Hacia 1972, se evidenciaban las limitaciones operativas de la pista de aterrizaje y con ello el desarrollo del turismo; razones que hicieron pensar en una ampliación que permitiera no sólo ampliar el flujo de turistas, sino también la posibilidad de que en Madeira se realizaran escalas de vuelos internacionales. El ingeniero de puentes portugués Edgar Cardoso fue el encargado entonces del proyecto con el que un año más tarde se inauguraría una nueva terminal aeroportuaria en Madeira.

En 1977 se convirtió en el tristemente famoso Aeropuerto de Madeira, pues el 19 de noviembre ocurrió en su pista el peor accidente en la historia de la aeronáutica portuguesa; cuando el vuelo 425 de TAP Air Portugal, procedente de Bruselas en Bélgica, se salió de la pista durante el aterrizaje y cayó al mar. La nave se precipitó unos 130 metros bajo el nivel del aeropuerto y en su caída golpeó un puente, estallando en llamas. En el trágico suceso perecieron 131 personas con 33 sobrevivientes; hecho lamentable que dejó al descubierto las limitaciones del aeropuerto.

Madeira necesitaba entonces de un aeropuerto más grande; sin cambiar la localización del original. Esta fue la razón por la cual entre 1982 y 1986 se aumentaron las dimensiones de la pista a mil 800 metros; ampliándose al mismo tiempo la plataforma de estacionamiento de aeronaves. Posteriormente, el ingeniero angolano-portugués Antonio Segadães Tavares (Luau, Angola 1944) trabajaría sobre las anteriores propuestas del Ing. Cardoso, en el proyecto de ampliación de la pista, con la problemática adicional de que quedaban pocas alternativas debido a la carencia de espacio disponible para la ampliación; de ahí que era necesario ampliar la pista ganándole terreno al mar.

El resultado del proyecto del Ing. Segadães, no se hizo esperar, y en el año 2000, en la pista del flamante aeropuerto de Madeira, comenzaron a operar aeronaves tipo Boeing 747, Airbus A-340 y eventualmente A-380; esta vez ampliada hasta los 2,871 metros (Foto 2).



Foto 2

Aeropuerto de Madeira.



Fuente: <http://www.taringa.net/posts/info/17751375/Los-aeropuertos-mas-peligrosos-del-mundo.html>



Foto 3

Carretera que cruza por debajo de la zona ampliada de la pista del aeropuerto de Madeira. .



Fuente: <http://www.pakwheels.com/forums/aircrafts-trains/190965-worlds-most-dangerous-airport>.

Este proyecto (Madeira Airport Extension) le fue reconocido al Ing. Segadães en el año 2004 con el máximo premio en el mundo de la Ingeniería Estructural (Outstanding Structures Award), que auspicia la Asociación Internacional de Puentes e Ingeniería Estructural (IABSE por sus siglas en inglés).

Debido a la falta de espacio físico en la isla, la construcción de la extensión de la pista tuvo entonces que adentrarse océano adentro, lo que distinguió la obra por el espectacular movimiento de tierras y los 480 mil metros cúbicos de concreto usados en su construcción, con casi 42 mil toneladas de acero de refuerzo.

Con una moderna y funcional terminal, se aprovechó al máximo el espacio disponible. Debajo de la ampliación de la pista se ubicaron áreas deportivas, estacionamientos y hasta una carretera (Foto 3).

Para solucionar el problema del terreno ganado al mar fue necesario soportar los casi mil metros de ampliación de la pista sobre 180 pilas de concreto de 70 m de altura (Foto 4), en un proceso constructivo complejo e ingenioso que costó más de 500 millones de euros. Para que se tenga una idea, en la construcción se usaron casi 25 kilómetros de pilotes; utilizándose pilotes de 1.2 m y de 1.5 m de diámetro.

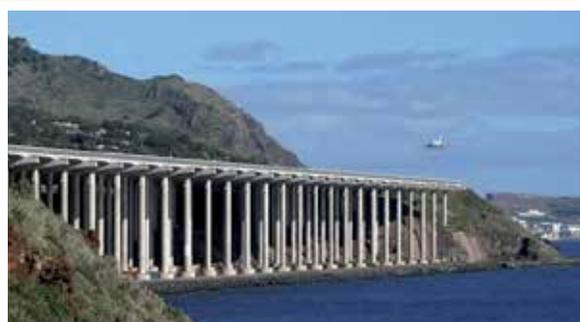
El proceso constructivo de la ampliación de la pista consistió en primer lugar en un engorroso movimiento de tierra, de 3.5 millones de metros cúbicos de excavaciones y 3.4 millones de metros cúbicos de rellenos. Posteriormente se construyeron los pilotes de la cimentación; sobre los cuales se apoyaron las pilas, que a su vez soportan el tablero de la superestructura.

Los trabajos se dividieron en dos etapas. La primera comenzó en la cabecera de la antigua pista, separada de ella por una junta de expansión y un puente de 546 m de longitud; la segunda fase de la construcción se separó de la primera con otra junta y cubrió los 457 m restantes. Mediante las juntas de expansión térmicas, se pueden absorber los esfuerzos que se generan debido a las variaciones de temperatura en la estructura.

La estructura de la ampliación de la pista tiene un ancho de rodamiento de 178 m, con altura de 50 m por encima de las aguas poco profundas de la bahía; quedando formada por un conjunto de 31 marcos transversales al eje de la pista (Fig. 2), separados uno de otro a 32 metros y con 5 pilas (Fig. 3). Los marcos brindan soporte a una losa de concreto presforzado, que constituye el tablero de rodamiento, con un espesor que



Foto 4

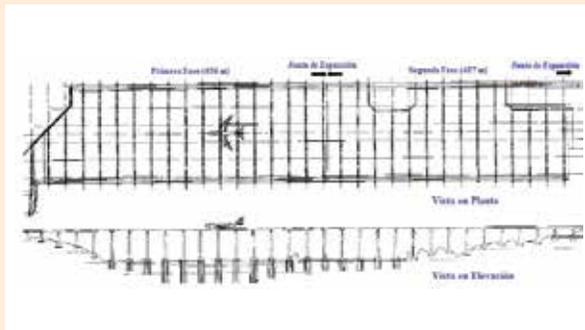


Fuente: <http://blogs.lainformacion.com/futuretech/files/2012/11/funchal1.jpg>

Figura 2



Planta y elevación de la estructura de la ampliación de la pista.



Fuente: Adaptado de Rodríguez J., Campos Costa A. (----)

oscila entre 1.0 m y 1.7 m dependiendo si su ubicación está en la faja central de 12 m de longitud, o en las uniones con las vigas de los marcos. Sobre los marcos se apoyan vigas prefabricadas presforzadas de concreto y de sección transversal "I" variable, con 5 espacios interiores de 32 m y dos voladizos laterales de 14.5 m.

Las pilas son de concreto armado, perfectamente alineadas y con 3 m de diámetro y altura variable; que puede ser de 50 m (en dependencia del relleno marítimo) o de menor altura en zonas donde la estructura se apoya en los acantilados (Fig. 3). La estructura de la cimentación se diseñó conforme a la complicada geología de la zona; desde la cimentación directa por zapatas (cuando se encontró suelo de buena resistencia a poca profundidad) hasta indirectas, por medio de pilotes de concreto armado colados "in situ" sobre la plataforma de relleno, o metálicos cuando apoyan en el acantilado.

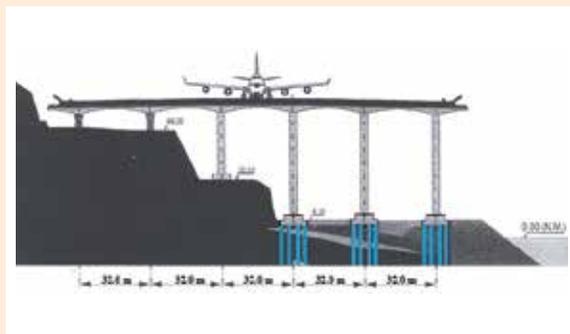
Las solicitaciones de cargas más importantes consideradas fueron: como cargas permanentes: el peso propio de los elementos estructurales y otros elementos fijos, como la barrera de seguridad. También se consideró el revestimiento del tablero con un espesor de 30 cm en la pista, bajando al mínimo de 15 cm en el borde de las márgenes. Entre las cargas variables se tuvo en cuenta la sobrecarga aérea característica impuesta según el peso máximo de un BOEING 747-400, con un tren de aterrizaje que descarga cerca de 400 toneladas. Por la importancia de la obra, también se consideraron la acción del sismo y del viento, del presfuerzo, así como de la retracción y de la fluencia del concreto, las variaciones de temperatura y los asentamientos diferenciales.

Con el premio otorgado por la IABSE en 2004, a las obras del aeropuerto de Funchal se le reconocieron no solo su notable envergadura y complejidad ingenieril; sino también su aportación tecnológica y social. La obra, inaugurada en el año 2000, constituye una de las mayores construcciones jamás ejecutadas en la región; ofreciendo a la isla de Madeira

"Con el premio otorgado por la IABSE en 2004, a las obras del aeropuerto de Funchal se le reconocieron no solo su notable envergadura y complejidad ingenieril; sino también su aportación tecnológica y social".

Figura 3

Corte transversal de la estructura.



Fuente: Adaptado de Segadães, T. A (2013).

REFERENCIAS:

- Díaz Lorenzo J. C. (2010), "El aeropuerto de Madeira, una obra de ingeniería singular". <http://mundodelaaviacion.wordpress.com/>
- Microsoft Encarta 2009, "Madeira (archipiélago)", 2008.
- Microsoft Encarta 2009, "Madeira (isla)", 2008.
- Rodríguez J., Campos Costa A. (---), "Dynamic tests of the structure for extension of the Madeira island Airport". <http://sem-proceedings.com/20i/sem.org-IMAC-XX-Conf-S19P03-Dynamic-Tests-Structure-Extension-Madeira-Island-Airport.pdf>
- Segadães, T. A (2013). "Ampliación del Aeropuerto de Madeira: Una verdadera Pista Aérea". Publicado en Noticreto 117, Marzo/Abril 2013.
- Wikipedia 2013, "Aeropuerto de Madeira".

Elaboró: 
 cguzman@grupoidinsa.com Ing. César Guzmán Castillo

Con colaboración de:
 ebalino@grupoidinsa.com Ing. Edgar R. Baliño Zamora
 bhardy@grupoidinsa.com Arq. Bruno Hardy Rojas



Infraestructura para las comunicaciones



Para México un factor estratégico del desarrollo económico y social, es contar con una infraestructura de transporte y comunicaciones, la cual es fundamental para la generación de un país competitivo con desarrollo económico y social de su población, en los últimos sexenios se ha dado énfasis a este rubro con obras estratégicas como por ejemplo la carretera Durango-Mazatlán.

Actualmente contamos con mejoras para impulsar el desarrollo interno como el de las exportaciones, de manera paralela enfrentamos retos significativos en términos de logística que debilitan la competitividad y la productividad de nuestra economía; en el 2012 México se posicionó en el lugar 47 de 155 países en el índice de desempeño logístico muy por debajo de los países con los que se tiene Tratado de Libre Comercio y 3 por debajo de Chile y Brasil además de Sudáfrica y la India.

A través de la red de infraestructura del transporte se mueve el 100% de la producción nacional del comercio y el turismo por lo que una infraestructura y logística modernas son indispensables.

“Contar con una conectividad puerta-puerta y trámites aduanales más eficientes son los retos que deben de afrontar de cara al siglo XXI”.

El Gobierno actual invertirá 4 billones de pesos en el Programa Nacional de Infraestructura el cual tiene un enfoque multimodal, armonizar todos los medios de transporte posibles que intervienen en el desarrollo del país como son: carreteras, vías férreas, puertos y aeropuertos así como implementar una logística que facilite el desplazamiento oportuno de personas y bienes a nivel nacional e internacional donde detonen las activi-

dades económicas de alto valor así como se apuntale la aceleración de la actividad económica de desarrollo sustentable y mejore la calidad de vida equilibrando el crecimiento de las regiones más vulnerables del país.

Para el sector de la construcción se han anunciado proyectos que tendrán un impacto nacional e internacional, como son:

- Aeropuerto Internacional de la Ciudad México, que por su diseño y magnitud será el más grande Latinoamérica y será el generador más grande de empleo del país.

- Autopista siglo XXI la cual unirá los puertos de Veracruz y Acapulco dentro de dos años con un tiempo aproximado de 7 horas, el cual fomentara las actividades económicas regionales como son la agrícola y turística.

- Una red férrea de pasajeros México-Querétaro, México-Toluca, ampliación tren eléctrico de Guadalajara, Metro de Monterrey y el tren transpeninsular Quintana Roo-Yucatán, además de diversos proyectos ferroviarios del transporte de mercancía.

- Los proyectos portuarios serán pilar del desarrollo, el cual tiene 75 años de rezago donde se pretende modernizar en 6 años comenzando con el puerto de Veracruz donde se invertirán más de 23 millones de pesos, esto permitirá el traslado de productos y mercancías donde se verán beneficiados los Tratados de Libre Comercio con América del Norte, Europa, Sudamérica y Asia, además permitirá que se exporten mercancías hacia Asia y E.U.A.

El rumbo que a tomado Mexico para afrontar el reto del dinamismo de la globalización hacia los siguientes 20 años y su posicionamiento estratégico en el continente donde se tienen más de 3,185 km. De frontera y paso único importante de mercancía hacia E.U.A. Permite posicionarlo como un destino de inversión y anticiparse al reto de movilidad que conlleva las demás reformas planteadas por el gobierno en energía y comunicaciones.

Por otro lado para la realización de dichas obras México cuenta con mano de obra especializada y profesionistas certificados en los diferentes rubros de la Ingeniería y empresas constructoras de renombre con las cuales se podrían realizar en tiempo y forma dichos proyectos permitiendo que las inversiones queden en el país lo que permitirá un mayor desarrollo económico y tecnológico.

Estas empresas pasan desde hace dos años por una crisis económica a falta de proyectos de infraestructura que permitan su crecimiento ocasionado con esto desempleo sumándose al ya existente, cabe mencionar que el ramo de la construcción genera el 30% del empleo en Mexico, de ahí su gran relevancia en la economía.

Las bases para el desarrollo económico, social y tecnológico con los cuales se afrontaran los retos de un mundo globalizado que no permite rezagos, están siendo cimentadas, el país pasa por uno de sus mejores momentos donde los cambios estructurales permitirán el desarrollo de una nueva infraestructura y una mejor comunicación además de proveer una logística más eficiente son los que llevaran a México a posicionarse dentro de las economías más fuertes de América Latina.

"¡La consolidación de esto, está en nuestras manos!" **C**



AT REPARACIÓN DE PILOTES SUBMARINOS

Protección de estructuras en contacto con el medio marino

Reproducción autorizada por la revista Noticreto # 115, de Septiembre – Octubre 2013. Editada por la Asociación Colombiana de Productores de Concreto – ASOCRETO.

LAS ESTRUCTURAS CUYOS CIMIENTOS TIENEN CONTACTO DIRECTO CON EL MEDIO MARINO ESTÁN SOMETIDAS A TODO TIPO DE AFECTACIONES DEBIDO A LA SEVERIDAD DEL ENTORNO. ESTAS CONDICIONES PUEDEN LLEVAR A QUE LOS PILOTES PIERDAN SU CAPACIDAD ESTRUCTURAL Y PONGAN EN RIESGO LA INTEGRIDAD DE LA ESTRUCTURA, HACIENDO NECESARIA SU REHABILITACIÓN Y SU REFUERZO. LA TECNOLOGÍA PARA CIMENTACIONES HA DESARROLLADO MÉTODOS QUE PROLONGAN LA VIDA ÚTIL DE LOS ELEMENTOS A TRAVÉS DE ACCIONES PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS.

Con el pasar del tiempo, las estructuras expuestas a diferentes agentes de intemperismo pueden perder las principales condiciones estructurales para las que fueron diseñadas. Esta situación se puede presentar en las cimentaciones de puertos, muelles, plataformas petroleras y diversas estructuras construidas en zonas costeras cuyas bases sean columnas o pilotes submarinos.

La disminución del área de sección, la pérdida parcial de elementos y las zonas expuestas son, entre otras situaciones, consecuencias típicas de la acción de la natu-



26

Panama City Beach Pier Park, Florida.



Crédito: Cortesía Hosie Owens

Afectación de pilotes de concreto por contacto con agua de mar.



Crédito: Cortesía Steve G. Wright

raleza contra los sistemas estructurales. Es posible corregir los daños mediante técnicas diversas diseñadas para la reparación de aquellos pilotes que por su localización requieren de un dispendioso trabajo técnico que prolongue la vida útil de la estructura y mejore el aspecto de los elementos.

Los pilotes submarinos pueden ser de concreto, madera, o acero. Sin embargo, ninguno de estos materiales se libra de la alianza de la humedad y los cloruros, con las variaciones de la temperatura, sin contar los golpes del mar contra la estructura.

La protección de los pilotes submarinos de concreto empieza desde la fundición inicial debido a que la mezcla utilizada debe contener la menor cantidad posible de aire, así como la menor relación a/mc debido a las severas condiciones de exposición. Una vez puesta en servicio la estructura, los agentes de intemperismo son ineludibles y basta que pase algún tiempo para que empiecen a ser evidentes las afecciones en ellas.

Durante el proceso de la cadena de corrosión, el acero aumenta su volumen y genera esfuerzos a tensión que no puede resistir el concreto; aparecen en él fisuras y grietas que dan paso al deterioro general del elemento. También cabe recordar que los elementos estructurales expuestos directamente al mar presentan materia orgánica adherida que debe ser removida en su totalidad.

La planeación de este tipo de reparaciones debe realizarse al detalle, pues las circunstancias de trabajo dificultan las labores de más de ocho horas seguidas porque deben analizarse las condiciones de marea y la batimetría¹ del sitio, buscando una temporada que garantice la consecución de las obras. En el caso de contar con pilotes de profundidad considerable, el trabajo debe encargarse a buzos expertos dotados de equipos especiales.

Más allá de ser preventivas, las acciones sobre este tipo de pilotes son correctivas y buscan devolver las propiedades técnicas correspondientes, generalmente mediante un aumento del área en la sección transversal del elemento. Para esto se requieren cimbras que, debido al ambiente en el que se encuentran las estructuras de este tipo, no pueden ser de madera ni de acero. Estas situaciones han llevado a las tecnologías modernas de cimentación, que permiten desarrollar nuevos compuestos de alta resistencia al ataque de cloruros y tienen muy buen comportamiento ante esta severa exposición.

¹ La batimetría es la ciencia que mide las profundidades marinas para determinar la topografía del fondo del mar.



Encamisado de pilotes. Se colocan bandas de caucho alrededor de las camisas para proveer soporte adicional.



Crédito: Cortesía Construction Products Co.



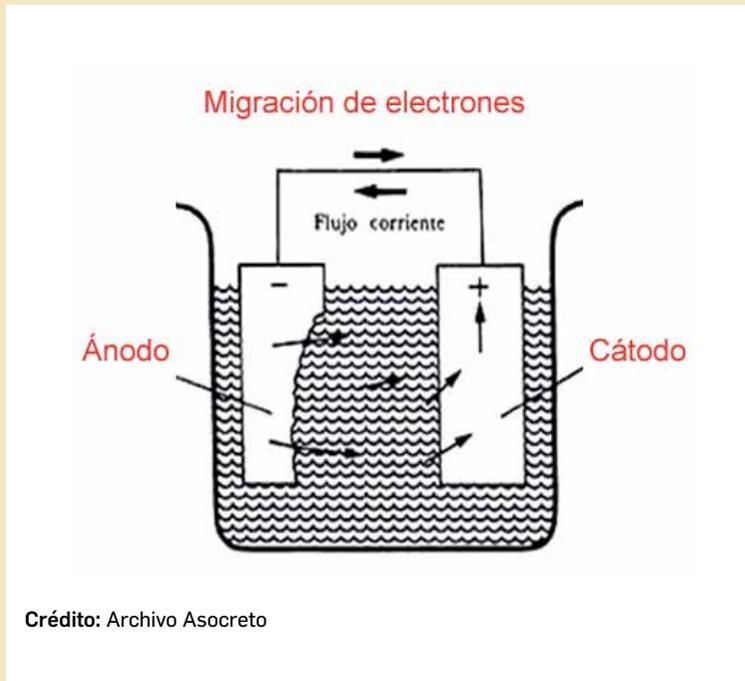
Puente y túnel de la bahía Chesapeake, Virginia, Estados Unidos.



Crédito: Cortesía Jair Prandi



Esquema de funcionamiento de la protección catódica de estructuras.



A pesar de las diversas metodologías que existen en la actualidad para rehabilitar y preservar estas estructuras, una de las formas más efectivas de evitar la corrosión es la protección catódica, que consiste en crear una pila galvánica cuyo cátodo (polo positivo) es el metal sumergido, en este caso el acero, y se une a un metal (zinc) que cumple la función de polo negativo, llevándolo a ser ánodo de sacrificio debido a que su corrosión se produce con mayor velocidad que la del acero.

Esta utilización del zinc se conoce como galvanización. La unión se lleva a cabo a través del agua de mar que funciona como electrolito. La protección catódica permite la adecuada conservación de la estructura, evita grandes mantenimientos y garantiza por más tiempo un adecuado comportamiento estructural.



Cimbra en fibra de carbono para refuerzo.



Crédito: Premier Coatings Ltd.



Inyección de concreto una vez instalada la cimbra.



Crédito: Premier Coatings Ltd.



Libramiento Acambay



Viaducto Tetitlan



Carretera Jala-Compostela

▶▶ www.ulmaconstruction.com.mx

**GRANDES OBRAS DE INFRAESTRUCTURA
CON EL MAYOR RENDIMIENTO**

En **ULMA** contamos con una de las mayores plantas productivas de Europa que nos permite ofrecer tecnología de vanguardia a las principales obras de infraestructura de México.

Nuestro propósito es proveer a nuestros clientes la solución más rentable, eficiente, fiable y segura.



From the beginning of your projects

METODOLOGÍAS DE REFUERZO

Cimbra en fibra de carbono

Para este proceso se requiere fabricar una cimbra en fibra de carbono que rodee el elemento afectado dejando entre la sección original y la cimbra una luz que será rellena con concreto. Esta cimbra debe asegurarse con correas que garanticen la continuidad de la geometría de la sección a lo largo de todo el elemento. Debido a la forma y la colocación del pilote original, debe crearse una unión en el encamisado que generaría un plano de falla para el concreto de refuerzo. Por lo tanto, la cimbra debe permanecer después de realizar la fundición para ayudar a proteger la estructura debido a la naturaleza del material (fibra de carbono). Con ello se evita la entrada de agua, cloruros, oxígeno y otros agentes del ciclo corrosivo.

Este procedimiento exige utilizar materiales que no afecten el medio ambiente y que preferiblemente sean impermeables para que el proceso de su curado se realice bajo el agua. En lo posible, la creación de una ataguía puede mejorar las condiciones de trabajo y daría una superficie seca.

Sin embargo, la creación de ataguías no siempre es viable para los trabajos de refuerzo, por lo cual debe hacerse una mezcla que presente mayor resistencia al agua para que el vaciado de concreto desplace la masa de agua que estaba presente.

La tecnología de nuestros días en el área de cimentaciones ha logrado desarrollar productos de alta resistencia, y por lo tanto el confinamiento del acero de refuerzo original es muy alto y es óptima la transferencia de cargas para el pilote reforzado, con mayor resistencia a la compresión y la garantía de un adecuado comportamiento estructural.

Envoltura de pilotes

Otra línea de la tecnología a las cimentaciones comprende el desarrollo de fibras y telas que garantizan a los pilotes un confinamiento adecuado. Más allá de presentar un refuerzo estructural, esta técnica permite la protección de los elementos al ser un procedimiento preventivo que garantiza el aumento en la vida útil debido a que aumenta el recubrimiento y aísla los agentes que propician la evolución del ciclo corrosivo.

Los pilotes se limpian previamente y, con la ayuda de materiales de curado bajo agua, se procede a sellar las fisuras o agrietamientos, realizando una reparación previa del concreto. Se forra el pilote en la fibra de tal forma que quede envuelto con la mayor presión posible, teniendo en cuenta que la presentación de la fibra en rollos le permite adaptarse a elementos de cualquier geometría. Este encamisado se cubre con un grout que permita un curado óptimo en condiciones húmedas que, además, mejora la apariencia. La envoltura de pilotes produce una sección de geometría continua.

Este procedimiento tiene como ventaja que puede utilizarse tanto en estructuras de concreto como en elementos de madera gracias a las características de su ejecución. Con ambos materiales son satisfactorios el comportamiento estructural y la protección que brinda, prolongando su vida útil. La protección debe aplicarse teniendo en cuenta la manera como afectan las mareas al elemento.



andamios atlas
manufacturas metálicas

- **ANDAMIOS**
PARA USO INDUSTRIAL Y CONSTRUCCIÓN
- **APUNTALAMIENTO**
PARA LOSAS Y OBRA CIVIL
- **ENCOFRADOS**
PARA LOSAS, MUROS Y COLUMNAS
- **SOLUCIONES DE INGENIERÍA PARA CONSTRUCCIÓN**
DISEÑO DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

NOSOTROS TENEMOS LO QUE TÚ NECESITAS

01 800 ANDAMIO

SERVICIOCLIENTES@ANDAMIOSATLAS.COM

Refuerzo en concreto para pilotes en madera

Cuando los pilotes deteriorados son de madera a veces parece ventajoso remplazarlos en su totalidad, pero el alto costo de esta solución lleva a pensar en reforzarlos, para lo cual el concreto puede ser una opción viable desde los puntos de vista estructural y económico. Además, las obras de reforzamiento no impiden la operación de las instalaciones, lo cual evita gastos adicionales.

Esta metodología puede realizarse en concreto reforzado utilizando una malla electrosoldada que permita encamisar el elemento buscando una mayor confinación de las fibras deterioradas de la madera. Esta unión de madera, acero y concreto brinda un desempeño estructural adecuado que protege y prolonga la vida útil de la instalación.

El procedimiento para estas reparaciones es similar al arriba descrito. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que en este caso sí está presente el acero, y por lo tanto este metal debe protegerse de la mejor manera posible buscando evitar la penetración del oxígeno y las condiciones salobres para retardar una nueva cadena de corrosión.

Para estos refuerzos debe preverse que estructuralmente al elemento original se le agrega una carga muerta que mejora la transferencia de cargas en el elemento, pero que también puede acarrear inconvenientes tanto para el diseño original de la macroestructura como para las condiciones ambientales previamente establecidas en la zona.

Refuerzo de las pilas del puente de la bahía Chesapeake

Como un ejemplo de los procedimientos de rehabilitación de pilotes submarinos resaltamos el proyecto del puente *Chesapeake Bay Bridge-Tunnel* en el Estado de Virginia, Estados Unidos. La obra se construyó en 1964, fue seleccionada como una de las "siete maravillas de la ingeniería del mundo" y recibió el Premio al Logro Sobresaliente de Ingeniería Civil por la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles. Pero tampoco se libró del ataque de unas severas condiciones climáticas. Fue así como tras una revisión exhaustiva de la estructura, que combina un túnel con un puente, se descubrió que el acero mostraba corrosión en ciertos puntos y que en el concreto aparecían fisuraciones y grietas.



Paso 1

Paso 2



32

Instalación de malla electrosoldada para refuerzo de pilote en madera.



Crédito: Premier Coatings Ltd.

Protección del pilote en fibra de carbono.



Crédito: Premier Coatings Ltd.

Por esto se decidió aplicar refuerzos a las pilas del puente, que variaba dependiendo del estado en el que se encontrarán. Se realizó un análisis y se clasificó la gravedad de cada uno de los elementos del puente para determinar cuál debía ser el método indicado para su rehabilitación.

Para las pilas que tenían estado avanzado de afectación, pero que con un refuerzo podían recuperar sus facultades estructurales, se utilizó el sistema de protección catódica. Las pilas fueron recubiertas adicionalmente en concreto, mejorando así su capacidad estructural y su apariencia. La unión de estos procesos permitió prolongar la vida útil de la estructura. **C**

BIBLIOGRAFÍA:

- <http://www.premcoatings.com/pdfs/Premier-Coatings-Sea-Shield-Marine-Systems/Premier-Coatings-SeaShield-Series-400-Brochure.pdf>
- <http://www.obrasportuariasperu.com/>
- http://www.revistabit.cl/revistabit/Uploads/87/211611281684_399880644-47.pdf
- http://www.basf-cc.com.mx/es/productos/Sistemas_Compuestos_Refuerzo/APE_Pile_Grout/Pages/default.aspx
- <http://pilemedic.com/esp/ventajas.php>
- http://www.basf-cc.com.mx/es/productos/Sistemas_Compuestos_Refuerzo/APE_FRP_Jackets/Pages/default.aspx
- <http://camaleon-peru.com/IMG/pdf/perusapiling-2011-web.pdf>
- <http://www.obrasportuariasperu.com/Reparacion-del-muelle-Paita>
- http://portal.unesco.org/culture/es/ev.php-URL_ID=3583&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html
- http://www.smig.org.mx/admArticulos/eventos/1_Reunion_Cancun/2_XXVI_Reunion_Nacional/13_Cimentaciones_profundas/l12SAMJ_1.pdf
- http://www.fhecor.es/files/ARW/ES_LOSSANTOS.pdf
- <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=365936>
- <http://jaimeargudo.com/wp-content/uploads/2011/08/Conferencia-Jaime-Argudo-para-ASCE-meeting-August-2011.pdf>
- http://www.contratos.gov.co/archivospuc1/DA/288564011/08-1-32085/DA_PROCESO_08-1-32085_288564011_488029.pdf
- <http://www.structuraltechnologies.com/case-study/9/chesapeake-bay-bridge-tunnel-repair.aspx>
- <http://ct.epubxp.com/i/117040>



Paso 3

Para preservar la forma se instalan correas alrededor de la estructura.



Crédito: Premier Coatings Ltd.

Paso 4



Aspecto de la estructura después de fundido el concreto.



Crédito: Premier Coatings Ltd.

Una red de espacios públicos subterráneos

SITUADAS A AMBOS lados del río Danubio, las estaciones gemelas de la nueva línea M4 del metro de Budapest, tér Szent Gellért y Fovam tér, son parte de la obra de infraestructura de comunicaciones y transporte más importante de los últimos 30 años de Hungría



E

l Metro de Budapest es el segundo sistema de metro subterráneo más antiguo del mundo, y su histórica Línea 1 fue declarada Patrimonio de la Humanidad en 2002. La "línea amarilla", llamada Kisföldalatti, fue inaugurada en 1896 siendo el primer ferrocarril subterráneo en la Europa continental y el primer metro eléctrico del mundo.

Después de un largo período de tiempo, durante la era socialista en los años 50 construyó la M2 o "línea roja", que corre de este a oeste, que se completó hasta 1973. En 1970 inició la construcción de otra línea que corre en el sentido norte sur: la M3, la cual se completó en 1990.

También en la década de los 70, se planificó la construcción de la línea M4, pero esta no se llevó a cabo sino hasta bien entrado el siglo XXI. Después de 40 años de intentos fallidos, en marzo de 2014 finalmente fue abierta al público, ampliando así esta red de transporte colectivo en 7.3 km de longitud con 10 estaciones que conectan el centro de la ciudad con la estación de trenes del Este, las grandes urbanizaciones y la Estación Kelenföld en el suroeste de la ciudad. El proyecto fue realizado con fondos gubernamentales y la cofinanciación de la Unión Europea.

La firma húngara Spora Architects fue la encargada de realizar el proyecto de las estaciones gemelas tér Szent Gellért y Fovam tér, enclavadas a ambos lados del Danubio, en el corazón de la histórica capital húngara. Para los arquitectos, el principal reto fue cerrar la brecha de más de 30 años entre el concepto, el pensamiento y los planes realizados para la M4 hace 30 años y el espíritu del siglo XXI. Uno de los objetivos actuales es animar a la



Isaura González Gottdiener



www.facebook.com/Cyt.imcyc



@Cement_concrete

Fotos: Cortesía Spora Architects



gente a utilizar el transporte público gracias a la calidad arquitectónica de las estaciones. "El metro debe estar a la moda. Budapest es una ciudad ecléctica y el romántica que vive en el pasado.



La M4 es un mundo diferente, un mundo subterráneo, un espacio público bajo tierra”, dicen los arquitectos de Spora, quienes concibieron, entre los andenes y la superficie, un espacio inspirado en la serie de grabados de cárceles del artista veneciano Giambattista Piranesi: una caja de concreto soportada por tres niveles de vigas, también de concreto, que conforman una azarosa red, una lúdica estructura ósea que cumple con su función estructural y convierte a la zona de las escaleras mecánicas en un espacio

público espectacular en el que penetra la iluminación natural desde la superficie, a través de unos domos.

La idea arquitectónica partió de un cambio en la distribución de algunas travesas previamente diseñadas por los ingenieros del metro y otras nuevas de carácter ornamental; cabe señalar que los arquitectos fueron invitados a intervenir un espacio pre-determinado cuya estructura ya estaba resuelta, con la “telaraña” de travesas, ellos buscaron ofrecer una respuesta espacial flexible que también simboliza los diferentes niveles del sistema de transporte y las rutas de los pasajeros. Ádám Hatvani, socio de Spora Architects, dice que el espacio no es sólo funcional, sino que también tiene un estado de ánimo místico.

“Lo que hicimos fue ‘levantar el telón’ para mostrar la estructura y así crear un espacio público bajo la tierra. La utopía estructural y social de Yona Friedmann fue una de las fuentes de inspiración durante nuestro proceso, es importante que se vea que es un espacio público bajo tierra, un lugar concebido para que las personas puedan compartir, vivir y viajar”. Para dotar de identidad a ambas estaciones, algunos muros tienen intervenciones artísticas. Mención especial merecen las paredes —de sección transversal curvada— y las columnas

Spora Architects

Fundada en 2002 por Tibor Dékány, Sándor Finta (hasta 2013), Ádám Hatvani y Orsolya Vadász, Spora Architects es una oficina con sede en Budapest integrada por arquitectos, diseñadores y pensadores que operan dentro de los campos de la arquitectura, el urbanismo, la investigación y el desarrollo. Los proyectos del despacho se sustentan en una intensa investigación y análisis de la práctica, así como cuestiones teóricas en las fuerzas motrices de diseño. Ellos buscan ver con ojos experimentados el potencial inesperado de las cosas que nos rodean en la vida cotidiana. El despacho ganó este año el premio que otorga la revista de arquitectura en línea Architizer en la categoría: Estaciones de Autobuses y Trenes, con los proyectos de las estaciones gemelas tér Szent Gellért y Fovam tér de la Línea M4 del Metro de Budapest.

de los túneles, recubiertas con mosaicos diseñados en colaboración con el artista visual Tomás Komorócky, inspirados en la cerámica de porcelana de la fábrica Zsolnay con la que está decorado el célebre Hotel Gellért, uno de los balnearios termales más famosos de Budapest, ubicado a unas calles de las estaciones.

GEMELAS, PERO NO IDÉNTICAS

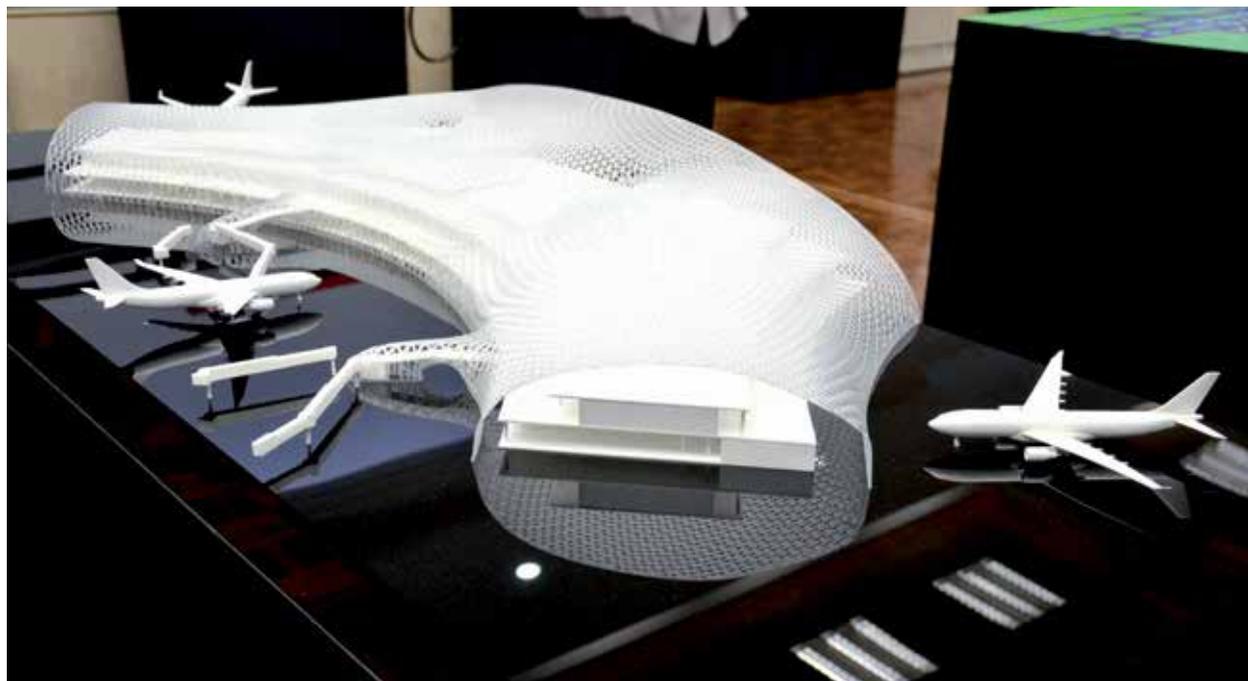
Si bien son estaciones gemelas, tér Szent Gellért y Fovam tér tienen sus particularidades. Más que una estación de metro, tér Fovam es un cruce de tráfico complejo, un lugar de intercambio para tranvías, autobuses, metro, barcos, coches y peatones, que en conjunto crean un espacio público abierto único por encima y debajo de la tierra. La estación se encuentra un nuevo cruce de la ciudad de varios niveles bajo tierra y es la puerta de entrada al centro histórico de Budapest. La sección del espacio subterráneo es proporcional a la sección transversal de las calles construidas en el siglo XIX. Por su parte, tér Szent Gellért es una de las estaciones más profundas de la línea —la plataforma de los trenes está a 36 m de profundidad—. Situada dentro de la zona declarada por la UNESCO como Patrimonio de la Humanidad, entre el Danubio y la colina



de Gellért, estructuralmente hablando está dividida en dos partes que requirieron de dos procedimientos constructivos distintos ya que una de las secciones quedó por debajo de un edificio existente.

Abierta al público en el mes de marzo del presente año, la Línea M4 corre en dos túneles separados con un diámetro interior de 5.20 m y un ancho de vía de 1.435 m. Entre las innovaciones técnicas realizadas destacan: la arquitectura interior de los espacios, la ventilación, la pantalla de información de pasajeros, la plena accesibilidad en toda la línea y el control automático y seguimiento de los trenes. Esta es la obra de infraestructura de comunicaciones y transporte más importante de los últimos 30 años en Hungría. **C**





Blindaje hidráulico para el nuevo AICM

EL FUTURO del nuevo aeropuerto de la Ciudad de México está en las entrañas de subsuelo. Uno de los retos por resolver es blindar la evolucionada terminal aérea contra las inundaciones

Raquel Ochoa

Fotografías: Cortesía SCT

Las actuales terminales aéreas a nivel mundial se han posicionado como parte de los activos estratégicos de la infraestructura logística de las economías modernas. Por su trascendencia comercial las terminales aéreas, con sus rutas comerciales, contribuyen significativamente con el desarrollo de la economía mundial. Pero, para que un espacio aéreo esté al nivel de las expectativas que exige la demanda internacional de transacciones e intercambios comerciales y de pasajeros se hace indispensable la

transformación y crecimiento de sus servicios aéreos y terrestres.

En México, las autoridades aeronáuticas en conjunto con el Gobierno de la República, han realizado diversas acciones -en 1993 se trasladó al Aeropuerto de Toluca la aviación general, la aviación pequeña, aviones no comerciales, aviones de uso más bien civil para abrir espacios a la aviación comercial en el Aeropuerto Benito Juárez. Para 2005 se inició la construcción de la Terminal 2 del Aeropuerto Benito Juárez-, dirigidas a incrementar la capacidad operativa del ac-

CONFLUENCIA DE 9 RÍOS EN ZONA PARA NUEVO AICM

1. San Juan Teotihuacán.
2. Papalotla.
3. Xalapango.
4. Coxcacoco.
5. Texcoco.
6. Chapingo.
7. San Bernardino.
8. Santa Mónica.
9. Coatepec.



tual aeropuerto nacional de la ciudad de México; pese a ello, la terminal aérea se ha vuelto insuficiente.

En conferencia de prensa, Gerardo Ruiz Esparza, Secretario de Comunicaciones y Transportes (SCT), informó que "desde hace más de 20 años se consideró la necesidad de ampliar el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (AICM) -que en ese tiempo manejaba 15 millones de pasajeros-. En aquellos años se preveía un incremento anual de pasajeros de un cinco a un 6%, lo que implicaba que el aeropuerto en pocos años se vería saturado en su operación".

La solución para un nuevo AICM no podía esperar más. El reto de la edificación la terminal aérea futurista probará, a decir de Gerardo Ruiz Esparza "que el impulso al desarrollo social y económico es compatible con el cuidado al medio ambiente".

Para *Construcción y Tecnología en Concreto*, lograr

concretar la edificación del nuevo aeropuerto, significará todo un reto a nivel arquitectónico y de ingeniería. Para alcanzar el desafío será necesario blindar integralmente el Sistema Hídrico de la región oriente del Valle de México, en este sentido, presentamos la estrategia que seguirá CONAGUA para lograr este desafío.

Considerado uno de los aeropuertos internacionales más importantes del

país, punto estratégico para conexiones del transporte logístico y multimodal, el AICM, apuesta a mantener la creciente demanda de servicios de pasajeros y carga en general. La solución: edificar una nueva terminal aérea que, a decir de Eduardo Sánchez Hernández, vocero de la Presidencia de la República, "será líder mundial en responsabilidad social y ambiental, este proyecto probará que el impulso al



11 OBRAS HIDRÁULICAS EN 2014

1. Adecuación de la descarga de la P.B. Casa Colorada de 40 m³/seg.
2. Desazolve del Dren General del Valle.
3. Desazolve y ampliación de Regulación Churubusco 7.00 Mm³.
4. Desazolve de la laguna de Regulación Horaria 3.85 Mm³.
5. Desazolve de los Brazos Derecho e Izquierdo del Río Churubusco.
6. Construcción del Túnel Churubusco Xochaca.
7. Construcción del Túnel Chimalhuacán II.
8. Revestimiento del Dren Chimalhuacán I.
9. Desazolve y re-nivelación de bordos del canal perimetral, canal colector y clausura de los canales centrales y P.B.
10. Limpieza y adecuación de las lagunas provisionales Xalapango y Texcoco Norte.
11. Construcción de estructuras de descarga del Lago Nabor Carrillo.

desarrollo social y económico es compatible con el cuidado al medio ambiente".

El plan de edificación contempla obras de vialidades y transporte para utilizar energías renovables, procesar residuos y aprovechar aguas tratadas.

Blindaje hidráulico

Dentro de los proyectos más importantes, en la construcción para el nuevo aeropuer-

to, se encuentran las obras de blindaje hidráulico. Kilómetros y kilómetros de entubamiento de sobrantes de agua; al mismo tiempo que nuevos vasos reguladores, incrementarán la capacidad de captación y distribución de agua en la zona del oriente del Valle de México.

Según David Korenfeld Federman, Director General de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), en la zona

destinada para terminal aérea futurista "convergen los ríos del oriente del Valle de México, así como los drenajes y cauces del sur y oriente de la Zona Metropolitana", agregó que "esta zona lacustre comenzó a sufrir alteraciones desde el Siglo XVII con la construcción del tajo de Nochistongo, que fue la primera salida artificial de la Cuenca y para principios del Siglo XIX ya se apreciaba una importante desecación de los lagos".

A decir del directivo de CONAGUA "la planeación de las obras hidráulicas para captar, conducir, regular y desalojar eficientemente las aguas negras y fluviales, se han realizado desde tiempo atrás, incluso, en 1994 se integró un Plan Maestro de Drenaje de la Zona Metropolitana del Valle de México y éste se ha venido enriqueciendo con nuevos estudios y experiencias de la zona".

No obstante, desde que inició la Administración de Enrique Peña Nieto, en colaboración con la Universidad Nacional Autónoma de México y otros expertos, se han realizado estudios hidrológicos de evaluación de las condiciones actuales y futuras de la zona, para determinar las pautas a seguir en la eficiencia y optimización integral del Sistema Hídrico de la Región.

Y es que, las obras se ejecutaran independientemente de la construcción del nuevo AICM -señala David Korenfeld-

10 OBRAS HIDRÁULICAS EN 2015 -2018

1. Construcción de colectores maginales de los 9 ríos del oriente.
2. Construcción de PTAR's locales y regionales.
3. Rehabilitación y/o reubicación de las plantas de tratamiento ubicadas en el Lago de Texcoco.
4. Construcción del canal o conducto interceptor de 7 ríos del oriente.
5. Construcción del Túnel Dren General del Valle, desde el Dren Chimalhuacán II hasta la Lumbrera 5 del TEO.
6. Construcción del entubamiento del Dren General del Valle (10.6 km).
7. Construcción del entubamiento Canal del Peñón Texcoco.
8. Construcción de 6 sistemas Lagunarios para Regulación de aguas pluviales y construcción de estructuras de control.
9. Construcción del Túnel Churubusco -Xochiaca (conclusión).
10. Canal Perimetral.

"Las obras estaban contempladas para realizarse en el mediano y largo plazo, hace muchos años y ahora la estamos retomando con los nuevos estudios que nos permiten visualizar las acciones para los próximos años".

La idea es blindar y dar "mayor seguridad hídrica a la población incrementando casi al triple la capacidad de regulación y ampliando sustancialmente la capacidad y velocidad de desalojo, al mismo tiempo que evitarán escurrimientos de agua residual a cielo abierto, mejorando la calidad de vida de los habitantes de la zona".

Acciones del plan hidráulico

El Director General de CONAGUA especificó las diferentes acciones para llevar cabo las obras hidráulicas serán las siguientes:

- El plan dará comienzo con la eliminación de descarga de las aguas negras de la Laguna Casa Colorada, por lo que la Planta de Bombeos Superficial ya no será útil. Optimización del sistema hidráulico mediante el desazolve y ampliación de la Laguna de Regulación Horaria y el Lago de Churubusco, incrementando su capacidad y garantizando la regulación de los 5 millones de metros cúbicos en condiciones óptimas.
- Modernización de la capacidad de tratamiento del agua residual y fluvial de la región, y susti-



tución de las dos plantas existentes.

- Desazolve y entubamiento del cauce actual del Dren General del Valle en el tramo que va del Dren Chimalhuacán dos a la Lumbrera cinco del Túnel Emisor Oriente y, construcción de un túnel profundo para incrementar su capacidad de desalojo.
- Modificación de las estructuras de control de Lago Nabor Carrillo y su incorporación, por primera vez, como un sistema de regulación de la región.
- Captación del agua residual del oriente de la ciudad, a través de la construcción de un interceptor pluvial que captará los escurrimientos de los ríos del oriente para transportarlos hacia los nuevos cuerpos de regulación evitando la formación de los cuerpos Xalapango y Texcoco Norte.
- Construcción del Túnel Churubusco-Xochiaca que interconecta el Río de La Compañía con la lumbrera cinco del interceptor Río de Los Remedios pasando por

la planta de bombeo Lago de Churubusco, que complementará el sistema de drenaje profundo.

- Construcción de 21 plantas de tratamiento en la parte alta que colinda con el Estado de México.
- Construcción del túnel Dren Chimalhuacán II.
- Obras de entubamiento del Río de los Remedios, con la idea de impactar en el beneficio de la calidad de vida de los habitantes de los municipios de Nezahualcóyotl, Ecatepec de Morelos que tendrán además del beneficio ambiental, mayor seguridad hídrica.

Así las cosas, el blindaje hídrico para el nuevo AICM no sólo beneficiarán al nuevo aeropuerto, sino también son obras fundamentales que permitirán desalojar agua proveniente de ocho delegaciones del Distrito Federal y desfogar con mayor velocidad las lagunas de regulación horaria y Churubusco, además estimulará el ahorro de energía eléctrica. **c**

Prevenir la fuerza del viento

Isaura González Gottdiener

Fotos: Cortesía Alianza FiiDEM

Los proyectos de las grandes obras de infraestructura y arquitectura como presas, puentes y rascacielos requieren ser sometidos a diversas pruebas de seguridad estructural antes de su construcción para garantizar su buen comportamiento ante fenómenos naturales como los movimientos telúricos o de viento.

México es un país con gran tradición en lo que se refiere a ingeniería sísmica. Sin embargo,



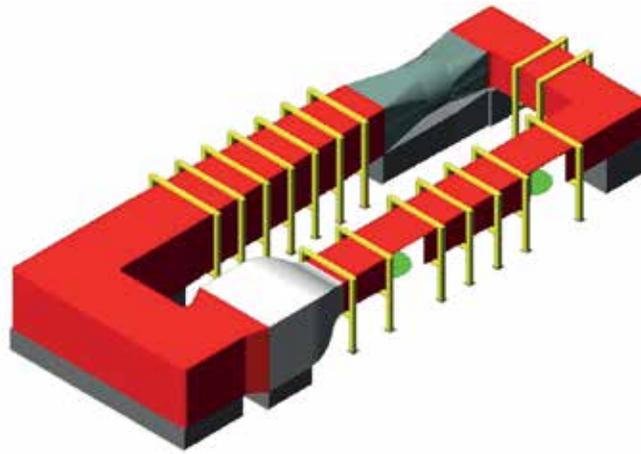
en lo que toca a ingeniería de viento, los estudios para proyectos como puentes y edificios altos tienen que ser realizados en Canadá o Estados Unidos, lo que representa fuertes gastos para las empresas. Esto, aunado a que los reglamentos de construcción no son igual de rigurosos en lo que concierne a los efectos del viento como a los de sismo, resulta en que son pocos los proyectos sometidos a las pruebas de túnel de viento.

En un país donde cada día se construyen más rascacielos, edificios de caprichosas formas y en el que la demanda de infraestructura de calidad es un tema prioritario, el contar con un laboratorio de túnel de viento que responda a las necesidades de éstos y otros proyectos era una asignatura pendiente.

Hoy, gracias a un convenio suscrito entre la Coordinación de Innovación y Desarrollo de la UNAM y la Alianza para la Formación e Investigación en Infraestructura para el Desarrollo de México, A.C. (Alianza FiiDEM), el Túnel de Viento del Laboratorio de Estructuras y Materiales de Alta tecnología (LemAT) de la

En unos meses, México contará con un túnel de viento que estará entre los 15 más grandes del mundo. Este proyecto forma parte del Laboratorio de Estructuras y Materiales de Alta Tecnología de la Alianza FiiDEM y estará abierto a instituciones públicas y privadas; su operación se realizará con las mejores prácticas internacionales

Alianza FiiDEM es prácticamente una realidad. En *Construcción y Tecnología en Concreto* damos cuenta del avance de esta obra que permitirá tanto la formación de talento para la investigación en torno a la ingeniería de viento, como la posibilidad para ingenieros y arquitectos de someter sus proyectos a este tipo de pruebas en el país.



UN TÚNEL DE CLASE MUNDIAL

Desde 2007, un grupo de investigadores del Instituto de Ingeniería (II) de la UNAM, liderados por el Dr. Roberto Gómez Martínez se dio a la tarea de realizar el proyecto para el Túnel de Viento que fue revisado por la empresa canadiense Aiolos Engineering, especializada en el diseño y construcción de este tipo de instalaciones. La Alianza FiiDEM gestionó los recursos financieros para la construcción y equipamiento que fueron aportados por el CONACyT, el Instituto de Ingeniería de la UNAM y Grupo ICA. La ejecución de la obra estuvo a cargo de ICA Construcción Urbana.

Desde el punto de vista académico, el túnel de viento permitirá la formación de talento para la investigación experimental, modelación e innovación. El Dr. Gómez dice que en el Instituto

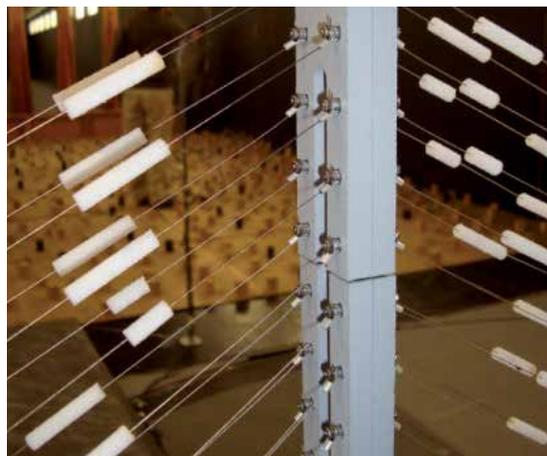
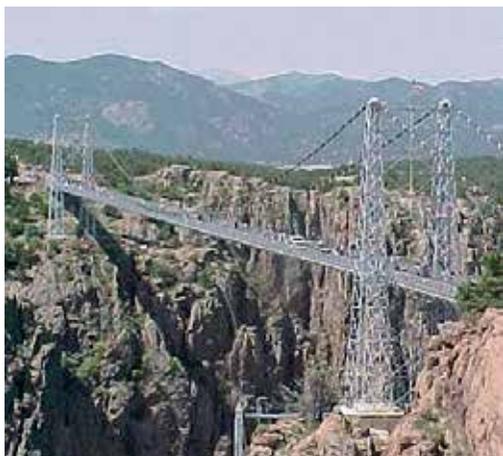
ya hay un curso de Ingeniería de viento enfocado al estudio del comportamiento de estructuras reales. "Así como tenemos la cultura del sismo hay que tener la del viento. En México cada vez hacemos estructuras más audaces, en la ciudad, en las carreteras, en las costas, en los desarrollos turísticos. En el túnel de viento se pueden analizar desde fachadas hasta contextos urbanos, se pueden hacer estudios de confort en polígonos urbanos, análisis de puentes, de presas, de edificios altos, etcétera".

El Dr. Gómez explica que el túnel es un circuito rectangular en el que corre el viento generado por un ventilador. "En cada esquina hay unos desviadores que permiten que el viento sea uniforme hasta llegar a la zona de pruebas. Antes de esta sección hay una serie de elementos para modificar las condiciones del viento y un cono de contracción que genera un efecto Venturi, de manera que el viento sale con las características deseadas para las pruebas. En la zona de pruebas hay dispositivos para hacer que el viento se asemeje a la capa límite

atmosférica y al fondo una malla para contener posibles desprendimientos de los modelos".

Para estudiar los efectos en las estructuras civiles y en los proyectos arquitectónicos, se construyen modelos a escala que son colocados en unas mesas giratorias para simular las diferentes direcciones de incidencia del viento. A los modelos se les colocan sensores para medir las deformaciones, velocidades,





aceleraciones, temperatura y presiones que se producen por los efectos del viento. Los sensores mandan información a una computadora que realiza el análisis con el que los expertos evalúan el comportamiento. Las pruebas pueden ser realizadas para modelos rígidos y aerodinámicos; en los primeros lo que se estudia es la distribución de presiones y en los segundos las propiedades dinámicas de las estructuras. En este Túnel de Viento se podrán analizar los efectos equivalentes a un huracán de categoría 4.

El Ing. Rodolfo del Rosal Díaz, coordinador de Laboratorios de la Alianza FiiDEM, dice que en la actualidad las empresas que realizan sus pruebas principalmente en Canadá y Estados Unidos, lo que implica viáticos y honorarios de

los ingenieros que supervisan los estudios. El Túnel de Viento del LemAT ahora brindará un servicio integral en México a ingenieros y arquitectos, lo que resultará más conveniente para las empresas. El Dr. Gómez dice que en una primera etapa los modelos serán fabricados por el Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico de la UNAM (CCADET) que cuenta con la tecnología y los recursos humanos para ello.

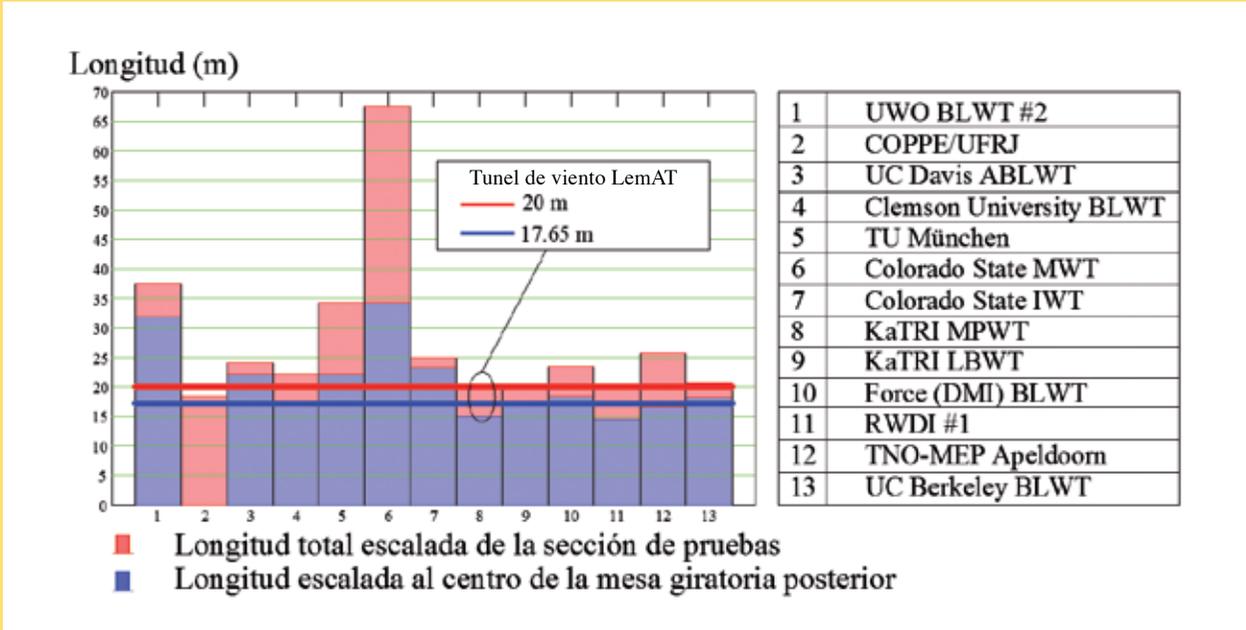
Para la operación del túnel se integrará un Consejo de Administración y un Comité Técnico Consultivo en el que participarán diversas instituciones de educación superior. Los servicios brindados por este laboratorio estarán abiertos a instituciones y empresas que deseen desarrollar proyectos relacionados con

la ingeniería de viento. El Ing. del Rosal dice que la operación estará a cargo del Instituto de Ingeniería. "Será como subirse a un BMW en el asiento del copiloto. En el caso de los servicios para análisis de proyectos de arquitectura y obras civiles, el cliente podrá estar presente para ver sus pruebas. Esto les permitirá tener resultados de primera mano y tomar decisiones en



Principales servicios y beneficios:

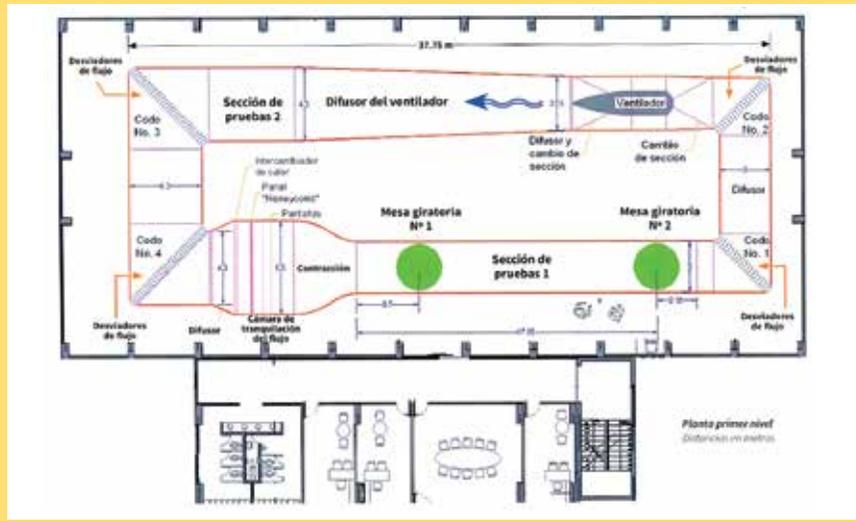
- Mejorar la confiabilidad del diseño estructural.
- Diseño de dispositivos para mitigar los efectos del viento.
- Medidas de mitigación ambiental.
- Determinación de cargas estáticas y dinámicas del viento sobre puentes, edificios, chimeneas y otras estructuras civiles singulares.
- Efectos del viento en diversos elementos arquitectónicos.
- Análisis somero de problemas derivados del transporte de masas gaseosas contaminantes.
- Determinación de las condiciones de viento (en flujos) sobre terrenos complejos.
- Elaboración de normas.



un menor tiempo que el que invierten en la actualidad al hacer los estudios en el extranjero. Otro factor muy importante es el conocimiento de los expertos del Instituto de Ingeniería en relación al entorno. En México tiembla, no así en Canadá. Tenemos otro tipo de preocupaciones y contamos con expertos muy reconocidos".

El Dr. Gómez dice que no se pueden realizar en un mismo laboratorio pruebas de sismo y de viento ya que las condiciones son distintas, pero sí se pueden hacer estudios paralelos. Para el responsable técnico del proyecto lo principal es formar talento. "El Túnel de Viento del LemAT estará abierto a los estudiantes de licenciatura, maestría y doctorado de la UNAM y de otras instituciones. Si empezamos a hacer escuela podemos llegar a tener excelentes especialistas en ingeniería de viento. Este túnel estará enfocado al estudio de la respuesta de estructuras civiles ante el viento, pero estamos abiertos a otras ideas de aplicación".

La fase de pruebas del Túnel de Viento del LemAT se realizará en el último trimestre de 2014 para ser puesto en operación y abierto a la investigación y las empresas de diseño y construcción en 2015. Cabe mencionar que, por su longitud (20 m en la sección de pruebas), se encuentra entre los primeros 13 del mundo, lo que lo coloca en una posición competitiva no solo en nuestro país, sino también en Centro y Sudamérica. **C**



PORT DE BARCELONA:

Infraestructura, logística y urbanismo

Adriana Valdés

Fotografía: Port de Barcelona.

Dadas sus capacidades, servicios de logística, instalaciones y red de conexiones, el Port de Barcelona es considerado como el líder en infraestructura de transportes y servicios de Cataluña y como uno de los principales puertos de referencia de la región euro mediterránea.



Su área de acción se extiende a lo largo de la Península Ibérica y también abarca al sur y centro de Europa y al norte de África constituyendo una puerta europea hacia mercados tan distantes como el Lejano Oriente e Iberoamérica. Actualmente el Port se especializa en el tráfico de carga en general y mercancías de alto valor añadido, tales como bienes de consumo, productos electrónicos y vehículos. A su vez, el puerto está inmerso en un proceso constante de obras de renovación en donde el concreto juega un papel primordial.

De acuerdo a los reportes más recientes proporcionados por el Port de Barcelona:

- El Port genera 32,000 puestos de trabajo (14,000 directos y el resto indirectos).



Datos técnicos del Port de Barcelona

Ubicación	Latitud	41° 21' N
	Longitud	2° 10' E
Superficie terrestre	1,081,35 ha	
Muelles y atraques	22,238 km	
Calados	Hasta 16 m	
Almacenamiento	Cubierto:	203.304 m ²
	Descubierto:	4.802.463 m ²
Dique Seco	Eslora:	215 m
	Manga:	35 m
	Capacidad:	Hasta 50,000 toneladas de peso muerto

- Es el puerto más importante de España.
- En términos del valor de las mercancías el Port encamina el 72% del comercio exterior marítimo de Cataluña y el 24% del total español.
- La infraestructura del Port generó el año pasado 91 millones de cash flow, un 9% más que en el 2012. Con esto se logró igualar las sumas obtenidas en 2007 antes de la recesión.
- En 2013 se traficaron 42.4 millones de toneladas por medio del Port.

este importante puerto se dio gracias a que desde los distantes años de la fundación de Barcelona quedó claro que era necesario adecuar su puerto para poder realizar actividades comerciales. De acuerdo a lo anterior, se realizaron esfuerzos de ingeniería desde tiempos de los romanos, pero fue durante la Edad Media cuando las primeras obras de grandes dimensiones se comenzaron a desarrollar. Posteriormente, entre el siglo XV y el XVIII, se realizaron los primeros intentos de construcción de un puerto artificial.

Dicho ímpetu aumentó durante el siglo XIX cuando se lograron grandes avances tecnológicos como fue el uso del concreto en los procesos constructivos en puentes y obras de gran formato y su paulatina entrada al mercado como un material fundamental. Gracias a estas innovaciones se construyó el primer muelle transversal, se mejoró

PASADO Y PRESENTE DEL PORT DE BARCELONA

Ahora bien, ¿cómo se hizo posible la creación de un puerto de tales magnitudes en una zona que no contaba con un resguardo natural y que sufría por la entrada constante de arena? La existencia de



Datos Técnicos Nueva Terminal Prat

Nueva Terminal Prat	Total	Fase I	Fase II
Longitud de atraque (m)	2,100	1,500	600
Área total de la terminal	132	100	32
Número de atraques	7	5	2
Profundidad	16-18	16-16.5	18
QC	24	18	6
ASC	112	80	32
Shuttle Carriers	57	42	15

la efectividad del puerto de Barcelona y se consiguió que los puertos mediterráneos, en general, fueran empleados como escala para las naves procedentes del Extremo Oriente, ganando con esto terreno a los puertos de la costa atlántica. A partir del siglo XX se continuó con las obras de ingeniería a un ritmo acelerado y se edificaron más muelles aplicando diversos materiales entre los que resalta la aplicación del concreto con diversos agregados y refuerzos siguiendo

la intención de hacer las estructuras más resistentes a los embates del tiempo, al agua de mar, a los sulfatos y ácidos, entre otros.

En este sentido, cabe señalar que 1986 marcó un año decisivo para la historia contemporánea del Port, ya que con motivo de las olimpiadas de 1992, sostenidas en esta ciudad, se decidió abrir uno de los muelles del puerto al uso público. Atendiendo a este interés, se habilitó en la nueva zona un centro comercial, cines, espacios de oficinas y

centros logísticos que dieron vida a lo que hoy se conoce como Port Vell. En los años 90 y, posteriormente, durante la primera década del siglo XXI se siguieron realizando obras de ampliación de la infraestructura del Puerto que continúan hasta hoy en día.

CINCO PUERTOS EN UNO: EL PORT DE BARCELONA HOY

Desde hace varios años el Port de Barcelona se ha ido reestructurando de acuerdo a las necesidades del mercado. A partir de lo anterior, se han habilitado más de 30 terminales de mercancías especializadas en contenedores, vehículos, café y cacao, productos siderúrgicos, líquidos y sólidos a granel y pasajeros. Con fines logísticos actualmente el Port de Barcelona se divide en cinco grandes áreas: el puerto comercial, el puerto de la energía, el puerto de cruceros, el puerto logístico y el puerto ciudadano (Port Vell).

Cada una de estas secciones cubre diversas necesidades





y brinda servicios específicos. Por ejemplo, el puerto comercial cuenta con dos terminales de contenedores. En esta zona también se transportan diversos productos y se localizan líneas de ferry. Por su parte, el puerto de la energía recibe, almacena y distribuye diversos recursos energéticos a lo largo de España dentro de los cuales resalta el gas natural, ya que el Port acaba de firmar un convenio con la compañía Gas Natural Fenosa para usar este recurso como combustible en el recinto portuario. A su vez, el muelle de energía dispone del atraque para gráneles líquidos de más calado de todo el Mediterráneo Occidental por lo que es un *hub* de distribución logística de productos petroleros en la región.

Aunado a su función industrial, el puerto recibe más de 2.6 millones de cruceristas al año, lo que lo hace el primer puerto de cruceros de Europa.

Debido a la alta demanda, cuenta con siete terminales marítimas dedicadas exclusivamente a los cruceros. Inclusive, próximamente la empresa de cruceros Carnival construirá una nueva terminal que recibirá 4,500 pasajeros y estará operando en el 2016. De manera paralela, el puerto logístico es fundamental para la operación del puerto pues desarrolla actividades logísticas vinculadas a la vida portuaria. Entre los servicios que se ofrecen se encuentran naves especiales, un régimen aduanero propio y un servicio integral de telecomunicaciones.

Dentro de las amplias instalaciones del puerto destaca el Port Vell o puerto ciudadano que es un sinónimo de la integración que puede alcanzar un puerto con el entorno urbano que lo rodea. Esta región cuenta con 56 ha entre las que se localizan hoteles, el World Trade Center

de Barcelona, zonas comerciales, cines, clubes náuticos y marítimos y museos. Debido a su atractivo, Port Vell recibe más de 16 millones de visitantes anualmente.

Dentro de los proyectos más recientes desarrollados dentro del Port resalta Bocanada Nord, el nuevo complejo urbanístico dentro del espacio que el puerto ha ganado al mar. Este proyecto, desarrollado por el arquitecto Ricardo Bolfill, incluye el emblemático Hotel W de Barcelona y próximamente se instalará la Marina Vela gestionada por Port Med Barcelona (Formentera Mar). La nueva marina dispondrá de 2.5 ha de terreno y 5 ha de lámina de agua, con capacidad para acoger 134 embarcaciones de entre 10 y 40 m de eslora. En conjunto, la marina también incluirá casi 23,000 m² de zonas públicas conformadas por: el paseo del Dique, el paseo Rambla,

la plaza de Marina Seca y la plaza de Capitanía. Todas estas zonas serán de libre acceso para los ciudadanos.

LOGÍSTICA Y OPERATIVIDAD DEL PUERTO

Cabe señalar que con el fin de acercar los servicios portuarios a los operadores y clientes finales, las autoridades portuarias han creado una red de terminales marítimas remotas en el continente europeo conocidas con el nombre de hinterland. Dichas terminales se ubican principalmente en España (Zaragoza, Madrid, Yunquera de Henares) y Francia (Toulouse, Perpiñán) y son empleadas para garantizar la eficiencia y las óptimas condiciones del transporte de los productos.

A su vez, como parte de la infraestructura clave para su operación, el Port cuenta con interconexión a todos los medios de transporte (puerto, aeropuerto, autopistas y ferrocarril) en un radio de 5 km, por lo que es un eje de transporte, comercio y distribución del Mediterráneo. Como parte de los intereses por hacer el transporte de carga más sustentable se ha activado una red de short sea *shipping* (SSS) que conecta puertos en diversos países y se ha apostado por invertir en el tráfico ferroviario. La intención es alcanzar una cuota ferroviaria del 30%.



OBRAS DE INFRAESTRUCTURA Y NUEVOS PROYECTOS EN EL PORT DE BARCELONA

Actualmente el Port se encuentra inmerso en un ambicioso programa de ampliación para incrementar su superficie y su capacidad de carga con el objetivo de atender las necesidades de transporte, distribución y logística de sus clientes. Como condición previa a la ampliación, en 2004 se desvió la desembocadura del río Llobregat dos km hacia el sur y se ejecutaron los espigones laterales de apoyo. Estas obras posibilitaron la construcción de las dos piezas fundamentales de la ampliación, las cuales aún continúan en proceso:

En primer termino se construyó el nuevo dique Sur (4,800 m de longitud; 22 m de calado máximo; 340 millones de euros de inversión) en tres tramos. El tramo I cuenta con una extensión de 2,000 m. Es un dique de talud formado con un manto principal de bloques de hormigón en masa de hasta 60 toneladas colocadas

sobre capas de escollera que recubren un núcleo de todo en uno de cantera, el cual es coronado con un espaldón de concreto en masa. El dique II de 1,700 m es una estructura vertical formada por cajones de concreto armado de 24 m de manga y 17 m de puntal. Los cajones están cimentados sobre una banqueta de escollera y se coronan por un espaldón de concreto en masa. Por su parte, el Dique III presenta alineaciones rectas y curvas en planta extendiéndose por 1,150 m.

Por otra parte, se llevó a cabo la prolongación del dique Este (2.025 m de longitud; 225 millones de inversión). Dicha obra también fue realizada en fases. En particular, la fase IV consiste en ampliar el dique Este, Moll Adossat, en donde se sitúan varias de las terminales de cruceros. Esta ampliación está formada por volúmenes prismáticos de concreto de 21 m³ cada uno. Los bloques se fabrican en tierra mediante el sistema de moldes. El concreto utilizado cuenta con una alta resistencia inicial y tiene la capacidad de desencofrar a



las 5 horas. Su suministro se realiza mediante dos plantas de obra, cada una con capacidad de 1,100 m³ por día. El volumen total de la obra es de 200,000 m³ de concreto.

Dichas infraestructuras –acompañadas de las medidas correctoras de costa, que incluyeron la creación de una playa al sur del río desviado, con una inversión de 26 millones de euros– generaron un nuevo espacio de aguas abrigadas donde se están construyendo las nuevas terminales. Gracias a estas obras el Port de Barcelona duplicará paulatinamente la superficie que tenía en el año 2000 hasta lograr alcanzar las 1,300 ha de terreno.

En el primer muelle que comprende la ampliación, el muelle Prat, se puso en marcha en el 2012 la nueva terminal de contenedores del Port de Barcelona, la terminal BEST, con 100 ha de superficie, 1,500 m de línea de muelle y 16,5 m de calado, con una capacidad total para manipular 2,6 millones de TEU anuales. Esta instalación se está realizando en dos fases y constituye la terminal semi-automatizada más avanzada del Mediterráneo. La terminal es operada por la reconocida empresa Hutchison Port Holding.

El resto de las terminales de la ampliación se adjudicarán a través de concurso público, a medida que las obras avancen y se generen nuevos espacios. El Port también está ejecutando, entre otras obras de mejora, la ampliación del muelle Sur (56 millones de euros de inversión), donde opera la terminal de contenedores TCB que alcanzará las 81 ha de superficie y una capacidad para manipular 2,1 millones de TEU anuales. Entre las obras contempladas se encuentran: la cimentación de la viga carril lado tierra de las grúas pórtico operantes en el muelle y la pavimentación de la zona de operaciones hasta 50 m desde el eje del carril lado mar.

En su conjunto las inversiones realizadas durante el período 2000-2014 alcanzan los 4,000 millones de euros por parte del sector público (ejecución de infraestructura) y privado (instalaciones, maquinaria y equipos de manipulación de carga). Para financiar estas obras el Port de Barcelona ha recurrido a diferentes mecanismos: los recursos propios, los Fondos de Cohesión de la UE, el endeudamiento y la participación de capital privado.

Aunado a la impresionante inversión en infraestructura, se realizan adecuaciones encaminadas a acercar aún más las relaciones entre el entorno urbano y el puerto. Ejemplo de lo anterior lo constituye el proyecto para abrir el muelle de pescadores a los ciudadanos con una inversión de 10 millones de euros. Este proyecto tiene como objetivo remodelar el área para dotarla de unas instalaciones modernas y eficientes, que combinen la actividad pesquera y el uso ciudadano, ya que se abrirá la zona como una nueva área de paseo. Esta apertura permitirá a los visitantes recuperar la histórica Torre del Reloj construida en el siglo XVIII y sus entornos, además de acceder a la lonja para observar cómo se desarrolla la subasta de pescado y para degustar de mariscos frescos en un restaurante. La obra será completada en el 2017.

Todas estas obras y ampliaciones contribuirán a reafirmar el posicionamiento del Port de Barcelona como un referente dentro de los servicios internacionales de logística y comercio. Paralelamente, lo sitúan como un claro precursor de las posibilidades que ofrecen los puertos para el desarrollo urbano y para la integración del ciudadano a sus espacios. De esta manera, el puerto se transforma en un centro de negocios, disfrute y sobre todo de una constante inversión pública y privada. **C**

LA NUEVA TEC II:

Un paso hacia la modernidad del Puerto de Manzanillo

La ampliación y modernización del Puerto de Manzanillo constituye una obra de ingeniería portuaria que ubicará a México en una mejor posición dentro de la logística marítima mundial

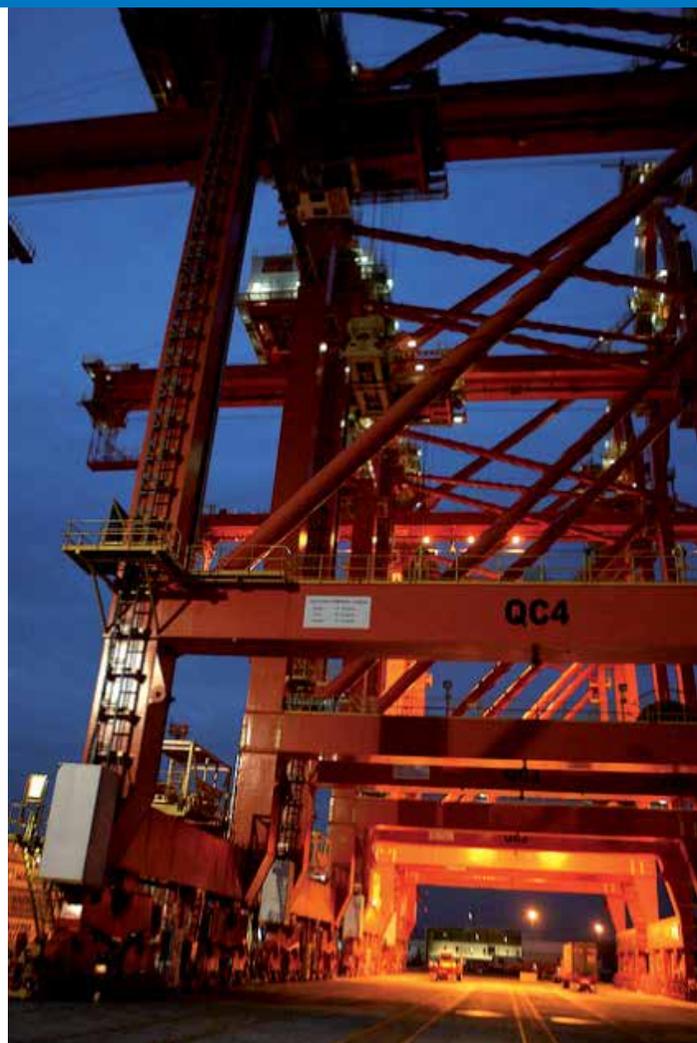
Raquel Ochoa

—

Fotografías: cortesía de la SCT

El puerto de Manzanillo apuesta a la ampliación y modernidad de sus instalaciones para contribuir eficiente y productivamente en la cadena logística nacional e internacional del comercio por vía marítima.

La evolución constante para satisfacer las exigencias de crecimiento incesante del mercado marítimo ha obligado a la terminal portuaria del Pacífico Mexicano a realizar diversas obras



de ampliación y modernización. Entre ellas, funcional y eficiente se desarrolla la ampliación de la zona norte que tiene como objetivo elevar la capacidad del puerto en la Terminal Especializada de Contenedores II (TEC II), ubicada en la zona de Las Brisas y frente a la laguna del Valle de las Garzas del puerto de Manzanillo.

Con un manejo del 68 por ciento de la carga contenerizada que se mueve por el Pacífico mexicano, y un área de influencia compuesta por 17 entidades federativas, este impresionante complejo portuario se convierte en la principal puerta marítima de mercancía entre México y el mundo.

Líder nacional en el movimiento de carga de contenedores, se posiciona en el cuarto a nivel Latinoamérica y segundo en el océano Pacífico. Y se consolida como uno de los recintos portuarios más importantes a nivel mundial.

Actualmente, los puertos son una pieza esencial para el intercambio comercial, involucrando a todas las terminales portuarias en una fuerte y agresiva competencia, donde únicamente sobrevive el más fuerte posesionándose en el mercado mundial.

En este contexto, *Construcción y Tecnología en Concreto*, interesada en dar conocer los detalles del Proyecto integral de la modernización del puerto de Manzanillo, presentan los detalles que dieron forma a la nueva Terminal especializada de contenedores II: La TEC II.

El Puerto de Manzanillo ha logrado posicionarse como una terminal portuaria capaz de movilizar aproximadamente dos millones de TEUs al año.



No obstante, para permanecer y acrecentar esta situación, la terminal apostó al desarrollo y modernización de su infraestructura portuaria, para mejorar la calidad de los servicios portuarios e incrementar en forma significativa la eficiencia y productividad en el manejo y movilización de contenedores. Al mismo tiempo, buscar la confluencia de manera eficiente de la logística del puerto con la logística de la zona urbana, para unir los eslabones entre los medios marítimos y terrestres.

En este sentido, el plan integral de ampliación y modernización del Puerto de Manzanillo está compuesto por tres fases que comprenden la ejecución de: la ampliación y modernización de la TECII; la conectividad zona norte; el libramiento ferroviario Cuyutlán; las medidas de compensación ambiental; las obras de infraestructura urbana y el túnel FFCC.

Durante la primera fase se realizaron las obras de ampliación de la TEC II; la aduana zona norte de puerto interior; vialidades y urbanizaciones en la zona norte; conectividad vial y ferroviaria e isletas ecológicas en laguna de las Garzas y dragado de canales.



La Terminal Especializada de Contenedores (TECII)

- **Posiciones de atraque:** 3.
- **Frente de agua:** 1,080 m.
- **Área:** 77.91 ha.
- **Capacidad estimada:** 2 millones de TEUs.
- **Plan de desarrollo:** 3 Fases.
- **Financiamiento:** recursos públicos y privados



Puntos en la modernización integral de Manzanillo

- Obras portuarias (zona norte).
- Conectividad zona norte.
- Túnel FFCC.
- Libramiento Ferroviario Cuyutlán.
- Medidas de compensación ambiental.
- Obras de infraestructura urbana.



AMPLIANDO LA TEC II

La TEC II de Manzanillo está lista para realizar operaciones. Las obras de ampliación y modernización implicaron el perfeccionamiento de las instalaciones de esta terminal especializada en contenedores.

La idea fue anexar a la zona norte una extensión importante de hectáreas. De tal suerte que, la nueva terminal se desplaza en "una superficie de TEC II de Manzanillo, tendrá capacidad para manejar alrededor de dos millones de contenedores al año, posee una superficie terrestre de 72.42 hectáreas y 5.4 hectáreas de área marítima dentro de la zona norte del recinto portuario", según la Secretaría de Comunicaciones Transportes (SCT). Además, contará con tres muelles de 360 metros, equivalentes a mil 80 metros lineales de atraque, con una profundidad de 16 metros".

Asimismo, dispondrá de patios de maniobras y almacenaje para contenedores llenos y vacíos, así como instalaciones para contenedores refrigerados Reefers, áreas de lavado y reparación de contenedores, entre otros servicios portuarios, convirtiéndose en TEC más grande de la terminal portuaria colimense.

Estos cambios permitirán movilizar casi los 2.4 millones de TEUs al año, adicionados a la capacidad actual del puerto, logrando un total de cuatro millones de contenedores anuales. Para hacer posible tales obras, se necesita de una derramada económica significativa. Dichos recursos provinieron de los sectores público y privado.

La empresa International Container Terminal Services, Inc. (ICTS), filial del consorcio filipino Internacional Container Terminal Services Inc. (ICTSI) fue la responsable de la construcción y operación de la nueva TEC II de Manzanillo, Colima.

A decir de la SCT, "la nueva Terminal cuenta con cuatro grúas de pórtico automatizadas de última generación, así como nuevas grúas de patio que permitirán que el tiempo de carga y descarga de contenedores se reduzca a menos de la mitad". Las grúas tienen capacidad para mover contenedores de 20, 40 y 65 pies, levantando con hasta dos a la vez con pesos máximos de 32 toneladas cada uno. Y es que, dicen las autoridades portuarias que estas grúas tienen un alcance de más de 60 metros desde el riel hasta el lado de agua y alcanzan una elevación de 42 metros sobre el muelle.

Cabe señalar que las obras de ampliación y modernización permiten que el actual recinto portuario cuente con "nuevos patios de almacenamiento y uno intermodal, en el que podrán coincidir hasta seis trenes de 350 metros cada uno. Igualmente, se cuenta con las bodegas necesarias, áreas de mantenimiento y oficinas administrativas", dijo Guillermo Ruiz de Teresa, Coordinador General de Puertos y Marina Mercante.

Y es que, "la novedosa infraestructura permitirá consolidar a Manzanillo como el puerto número uno en movimiento de contenedores dentro del Sistema Portuario Nacional. Actualmente atiende 46 por ciento de la carga

contenerizada del país y 68 por ciento de la que ingresa por el litoral del Pacífico mexicano", informó la SCT.

OBRAS ADICIONALES A LA AMPLIACIÓN

Cabe señalar que, con las obras de expansión y equipamiento de la infraestructura portuaria se realizarán acciones tendientes a mejorar las condiciones de vida de los habitantes de Manzanillo. En este sentido, el Plan integral de modernización del puerto incluye la ejecución de obras de infraestructura urbana para comunicar la terminal portuaria con la red carretera nacional.

En consecuencia, se consideraron obras de infraestructura urbana como distribuidores viales estratégicos, pavimentaciones de concreto en diferentes calles, mejoramiento de caminos y prolongación de avenidas como la calle Lázaro Cárdenas, todo con el objetivo de agilizar las actividades de los porteños y contribuir para mejorar la calidad de vida de sus habitantes. La idea es el desarrollo y crecimiento no sólo del puerto, sino también de la ciudad y sus habitantes.

OBRAS AMBIENTALES COMPENSATORIAS

Las obras de ampliación significan afectaciones ambientales significativas en la zona norte del puerto de Manzanillo, tales como la afectación en zonas húmedas y de manglar.

Para hacer frente a las afectaciones del entorno natural, se planea realizar obras compensatorias como las del estero "El Chupadero de Tecomán", decretado como Área Natural Protegida, al igual que las del manglar ubicado entre la Laguna de las Garzas y Cuyutlán. Según las autoridades portuarias, se interconectará la Laguna de San Pedrito con el vaso lagunar de Las Garzas, con el objetivo de preservar dicha laguna.

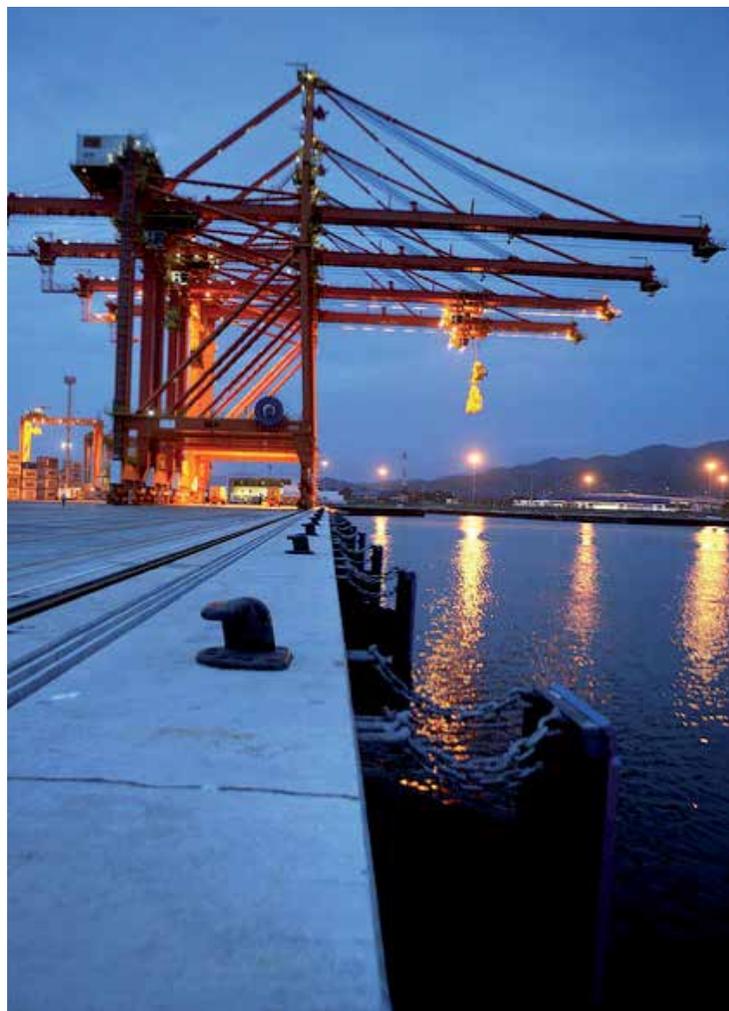
La maquinaria está en marcha, para implementar el desarrollo Portuario en Manzanillo.



Información operativa del Puerto

- Cuenta con 154 empresas operadoras que corresponden a inversiones de capital 100% privado.
- Empresas de capital nacional y extranjero.
- Algunas empresas son: Pemex Refinación, Operadora de la Cuenca del Pacífico, Terminal Internacional de Manzanillo y las cementeras Cemex y Apasco.
- Cuenta con dos puntos de embarque recién construidos.
- Dispone de 16 posiciones de atraque.
- Cuenta con dos posiciones para cruceros y tres para hidrocarburos.

Su trazo es firme sin lugar a duda y permitirá transformar al puerto en la piedra angular que catapulte exponencialmente al sistema portuario mexicano, al mismo tiempo que convierta al puerto colimense en el nodo logístico de distribución del comercial nacional. **C**





UNA VIDA DEDICADA A LA INGENIERÍA OCEÁNICA:

El legado del Ing. Mauricio Porraz



Adriana Valdéz

 www.facebook.com/revistacyt

Fotos: Ing. Mauricio Porraz



El campo de la ingeniería oceánica, petrolera y portuaria en México presenta un área de oportunidades y retos que son enfrentados día a día por renombrados investigadores y especialistas. Entre ellos destaca la incansable labor del Ing. Mauricio Porraz Jiménez Labora, quien desde hace más de cincuenta años ha dedicado su carrera profesional a realizar innovaciones y sistemas constructivos que son reconocidos y utilizados en una escala internacional.

A dicho investigador formado en la UNAM en el área de ingeniería civil y con especializaciones obtenidas en Francia y Holanda le han sido concedidas más de 70 patentes en México, EUA, Japón, Brasil, Argentina, Venezuela y Perú, entre otros. Desde los inicios de su carrera, el Ing. Porraz tuvo una gran proyección internacional al trabajar junto al capitán Jacques Yves Cousteau en el buque de investigación oceanográfica "Calypso", al formar parte de diversos grupos de experimentación multidisciplinarios y al colaborar con las empresas más renombradas de este sector a nivel mundial.¹ De acuerdo a lo anterior, este académico ha realizado importantes aportaciones tecnológicas y constructivas en Francia, Kuwait, India, Egipto, Australia, Nueva Zelanda, Malasia y Sudamérica, por mencionar algunos. De manera paralela, tiene una vocación docente² y se preocupa por incentivar la investigación en las generaciones más jóvenes.

Entre los principales reconocimientos que ha recibido lo largo de su amplia trayectoria se encuentran la "Medalla al Mérito" otorgada por *La Société pour l'Encouragement pour la Recherche et l'invention* en Francia y *"The Queen's Award on Technology Achievement"*, recibido junto con la firma inglesa B.O.C. A su vez, en 1977 la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles creó el "Premio Internacional de Ingeniería Costera Mauricio Porraz", con el cual

¹ El Ing. Porraz es actualmente Presidente del Consejo de la empresa Control de Erosión, S.A. de C.V., con filiales en Venezuela, Brasil, Guatemala y Chile y es Presidente del Grupo CCC, Construcciones, Consultores y Comercializadora, S.A. de C.V., con actividades internacionales y en la República Mexicana.

² Desde 1959 el ingeniero Porraz impartió clases en la Facultad de Ingeniería de la UNAM y en la División de Graduados del Instituto Politécnico Nacional y ha participado activamente en importantes coloquios y congresos de ingeniería a nivel internacional, entre los que resalta su presencia en quince Congresos Panamericanos de Ingeniería Oceánica y Costera.

se condecora anualmente a los investigadores y científicos más destacados en esa especialidad en todo el mundo.

En una entrevista exclusiva concedida a la revista *Construcción y Tecnología en Concreto* este magnífico investigador nos comentó sobre su trayectoria profesional, sus aportaciones y de su visión sobre el campo de la ingeniería oceánica en nuestro país.

EL CONCRETO Y LA INGENIERÍA OCEÁNICA

¿Cuál es su visión sobre la utilización del concreto en las obras de ingeniería oceánica?

De acuerdo a lo referido por este investigador, "el concreto es vital para las obras de ingeniería oceánica, especialmente en la ingeniería costera para la construcción de muelles, corazas de rompeolas,



patios de maniobra y almacenamiento; pilotes, tablaestacas, escolleras paralelas a la costa para el control de erosión, arrecifes artificiales y muchísimas más." De manera paralela, considera que la utilización de este material es relevante para este tipo de obras pues es resistente a la corrosión, protege el acero de refuerzo y es fácilmente bombeable a distancia. Inclusive, el ingeniero resalta que en lugares muy remotos es posible emplear agua de mar en el mezclado de cemento y agregados obteniendo resultados positivos, que sin embargo, no son los óptimos.

¿Cuáles son los principales retos y oportunidades que enfrenta México hoy en día en el campo de la ingeniería oceánica y portuaria?

El Ing. Porraz afirma que, "al contar con más de 11,000 km de litorales, nuestro país ofrece innumerables oportunidades para aplicar fraccionalmente obras que logren fomentar la producción pesquera estabilizando bocabarras que unan las lagunas costeras al mar".

De manera paralela, este investigador también vislumbra como fundamental la construcción de arrecifes artificiales en México con la intención de proteger las playas turísticas de la erosión, o bien, de crear nuevas playas donde no existen actualmente fomentando así el turismo, sin afectar dramáticamente a los ecosistemas naturales. A su vez, en el aspecto petrolero, la ingeniería oceánica ofrece grandes retos y posibilidades para la perforación, producción y explotación de los yacimientos de hidrocarburos costa afuera, especialmente en aguas muy profundas.

En lo que se refiere a temas portuarios, el Ing. Porraz considera que se requieren en nuestro país de obras de dragado para mantener las profundidades que permitan recibir barcos de gran calado en los puertos mexicanos. Sobre este respecto, el investigador afirma que una solución innovadora a estas obras de gran costo sería la simple prolongación de los rompeolas con el sistema "Bolsacreto" (bloques de concreto colados en el lugar) colocado en escolleras sumergidas, ya que los sedimentos del acarreo litoral impulsados por las corrientes y el oleaje se mueven próximos al fondo. Atendiendo a lo anterior, las escolleras podrían detener eficazmente los sedimentos repercutiendo esto en el ahorro sustancial del volumen a dragarse.

¿Cuáles son los proyectos más importantes que se están desarrollando actualmente en México en el campo de la ingeniería oceánica?

Según lo compartido por este renombrado académico, dentro de los proyectos que se tienen contemplados en el sector de ingeniería oceánica en México, resalta el plan para desarrollar una planta para generar energía eléctrica continua de 900 MW con una variación de las mareas gracias a un doble embalse para producir energía cuando la marea suba y baje. Dicho proyecto conllevaría

una inversión aproximada de 1,169 millones de dólares.

En la propuesta preliminar se detalla que las turbinas y todos los equipos eléctricos de la planta estarían instalados dentro de grandes cajones de concreto. Dichos cajones se construirían en diques escalonados: en el dique superior se construiría en seco y, cuando se llegue al fin del concreto, se instalarían las turbinas. De esta manera, cuando estén listos los cajones éstos serían flotados y remolcados al sitio de diseño donde se instalarían. Los embalses estarían delimitados por barreras de "Seacrete" apoyadas en caballetes de concreto con un diseño original, las cuales también serían construidas en los diques. La variación de mareas en el sitio del proyecto es de 10 m. Esta interesante propuesta aún debe ser revisada y aprobada por las autoridades correspondientes, pero ciertamente lograría producir energía de una manera innovadora y altamente sustentable.

¿Cuáles son los principales proyectos que se tienen contemplados dentro del campo de la ingeniería oceánica en un futuro cercano para la zona de Latinoamérica?

De acuerdo al Ing. Porraz, "en la zona de Latinoamérica se tienen numerosos proyectos en Brasil, Perú, Guatemala y Chile. En todos ellos se utiliza concreto en los diseños operacionales con empresas locales filiales a México".

¿Cuáles son los proyectos que han marcado más su carrera y por qué la han impactado?

De acuerdo al investigador, los eventos que más han marcado su carrera a lo largo de estos años de servicio en diversas instancias internacionales es "colaborar activamente en los inicios de PEMEX en la perforación y explotación de yacimientos marinos en el Golfo de México, ya que hubo necesidad de utilizar helio en las mezclas de gas que respiraban los buzos, dadas las profundidades a que se operaba. Previo a ello, realizamos de manera personal un descenso experimental con vigilancia de expertos en el exterior a 200 m (650 pies) en enero de 1966, que en esa fecha fue un record mundial. Quisimos probar los equipos personalmente antes de que nuestros buzos lo utilizaran".

¿Cuáles considera que son sus principales aportaciones e innovaciones tecnológicas en el campo de la ingeniería oceánica?

Cabe señalar que parte fundamental del trabajo realizado por este distinguido académico ha estado encaminado hacia el desarrollo de una serie de sistemas innovadores de construcción que no requieren de maquinaria pesada, utilizando equipos ligeros y transportables para edificar obras marítimas y costeras, los cuales se han aplicado con éxito en todos los litorales mexicanos, en

Centro y Sudamérica, en Estados Unidos de Norteamérica y en la protección de islas artificiales para fines petroleros en el norte de Alaska y Canadá.

Entre sus principales aportaciones, el Ing. Porráz resalta "Bolsacreto", consistente en grandes elementos de concreto con cimbras textiles impermeables que cuentan con un peso ligero, las cuales al inyectar la mezcla llegan a pesar hasta treinta toneladas y quedan dispuestas directamente en el sitio de diseño sin requerir emplear grúas ni chalanes. Este sistema fue instalado con éxito para el resguardo de las islas artificiales para perforar pozos petroleros pertenecientes a Alaska Oil and Gas Association y a las empresas Shell, Exxon, Chevron, entre otros. Estas islas se localizan en el mar de Beaufort dentro del círculo Polar Ártico. Gracias a esta tecnología se hace posible resistir los embates de las olas durante el verano polar y el empuje del hielo el resto del año.

A su vez, el Ing. Porráz desarrolló el sistema "Colchacreto" con diversas variantes. Dicho sistema está formado por telas dobles con concreto en el interior creando recubrimientos articulados y continuos, entre otras posibilidades constructivas. Esta tecnología fue colocada para proteger la margen oeste del Canal de Suez desde Ismailía hasta Port Said para la Autoridad del Canal de Suez. A su vez, se recubrió el fondo del río Paraná con "Colchacreto" con la intención de resguardar el túnel carretero subfluvial Hernandarias que une las provincias de Entre Ríos y Santa Fe en la Mesopotamia Argentina ante condiciones sumamente difíciles (profundidad cerca de 30 m, velocidad de la corriente 4 m/seg, visibilidad cero).

De forma paralela, este académico implementó "Mexapodo" formado por elementos de concreto de seis patas en varias versiones con cimbras plásticas perdidas que se colocan directamente bombeando concreto al interior sin requerir tampoco de grúas ni de grandes equipos. Dicho sistema es utilizado frecuentemente en elementos de coraza de rompeolas. Aunado a lo anterior, el Ing. Porráz inventó un recubrimiento de red metálica el cual, con ayuda de un ánodo y del flujo de corriente eléctrica de bajo voltaje, hace que se depositen en la malla metálica carbonatos de calcio e hidróxidos de magnesio que atraen moluscos y vida marina, lográndose con esto un concreto reforzado bioeléctricamente formado que recibe el nombre de "Seacrete".

Tras haber realizado este breve recorrido por las numerosas aportaciones del Ing. Mauricio Porráz en el campo de la ingeniería oceánica y al haber quedado patente su compromiso y visión hacia el desarrollo de la investigación y las obras de infraestructura en nuestro país; no queda más que reconocer su impresionante legado que se seguirá manteniendo vigente durante varios años y que seguramente será reconocido, aplicado y continuado por las generaciones venideras de ingenieros tanto en México como en el extranjero. **C**



APP DEL MES



Puertos del mundo.

EMPRESA: Maritime Logic Ltd.

<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.maritime.logic&hl=es>

LA APLICACIÓN contiene información de más de 4,000 puertos en 191 países. Cuenta con una capacidad de búsqueda rápida, ya sea por país o por puertos ayudados por la información de herramientas de clasificación. Entre sus características, puede recuperar la latitud / longitud en mapas, al igual que las direcciones de navegación.



CONCRETO VIRTUAL

www.amip.org.mx

ASOCIACIÓN MEXICANA DE INFRAESTRUCTURA PORTUARIA, MARÍTIMA Y COSTERA. A.C. (AMIP).



LA AMIP SE FORMÓ hace cuarenta y dos años por un grupo de ingenieros mexicanos, encabezados por el ingeniero Jorge Cortés Obregón, cuyo objetivo principal fue unir a todos aquellos que manifestaron inquietud por impulsar la ingeniería portuaria en nuestro país. Iniciativa que ha permitido difundir los avances técnicos en la materia, en México y el mundo y además promover la comunicación entre la administración portuaria pública o privada, el académico, los investigadores, los constructores y los responsables de los proyectos costeros.

Entre sus principales objetivos están:

- Promover y desarrollar las actividades técnicas de la especialidad para aprovechar al máximo los recursos económicos del país y coadyuvar, hasta donde sea posible a la mejor planeación, realización y conservación de los puertos, de las obras marítimas, de las vías navegables y desarrollo costero.
- Procurar el mejoramiento del nivel profesional de sus miembros a través de cursos de especialización en el país o de becas en el extranjero promovidas por la propia Asociación.
- Intercambiar ideas e informaciones científicas y técnicas relacionadas con las actividades entre los miembros de la Asociación y con las Sociedades Nacionales y Extranjeras interesadas en estos problemas.
- Promover y desarrollar las relaciones técnicas con Organismos de la Administración Pública, Organizaciones de participación Estatal, Empresas Descentralizadas y de la Iniciativa Privada Nacional o Internacional, que tengan en forma directa o indirecta.
- Fomentar la información tecnológica y el desarrollo de las actividades del dragado. **C**

MI OBRA EN CONCRETO



NOMBRE DE QUIEN ENVIÓ LA FOTO:

Ing. Rogelio Puebla Márquez - Petro Pac.

¿QUIÉNES ESTÁN EN LA FOTO?

Indios Tarahumara suministrando el concreto a muros ICF (Insulating Concrete Forms).

¿DÓNDE SE ENCUENTRA?

Sierra de Chihuahua : San Juanito: Presa Situriachi.

¿POR QUÉ QUISO TOMARSE LA FOTO EN ESE LUGAR?

Primer proyecto de este tipo en la Presa Situriachi.

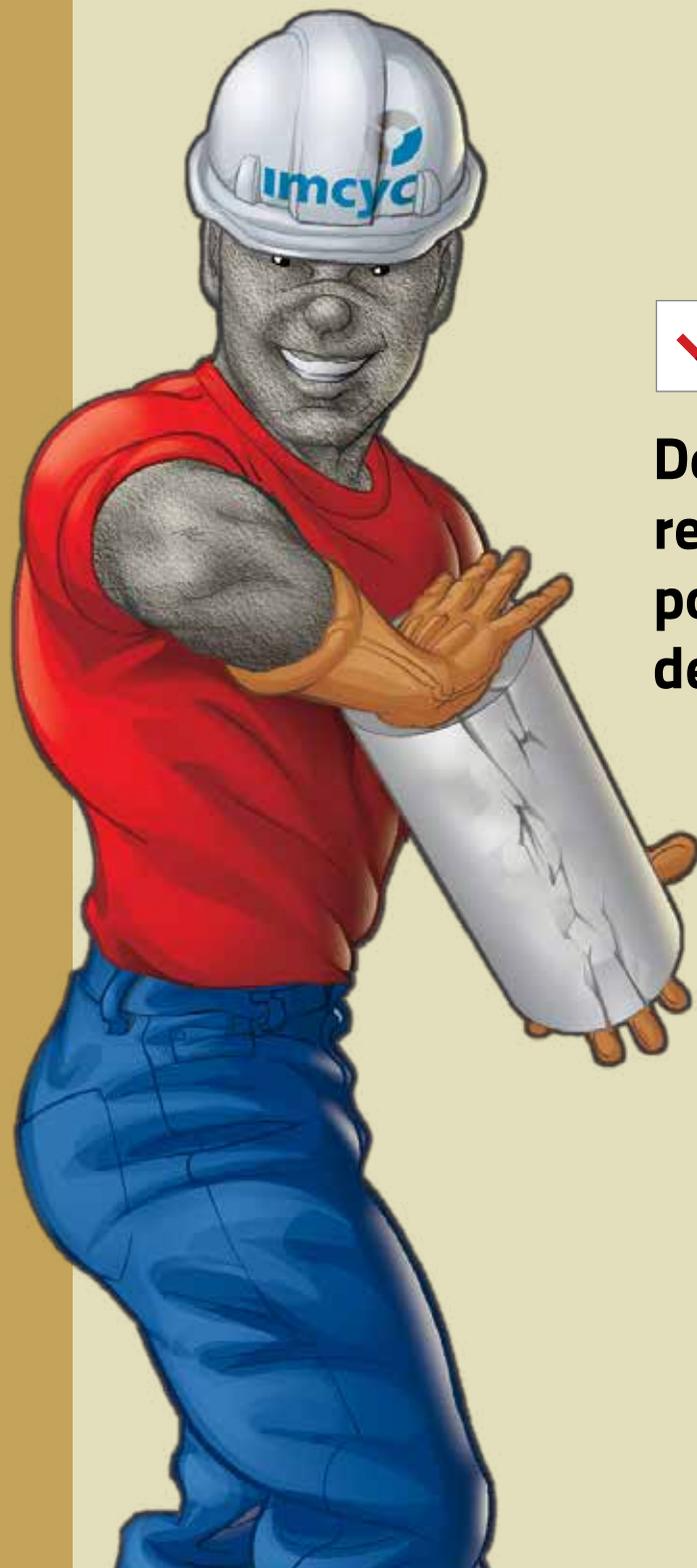
DATO RELEVANTE DE LA OBRA:

Participó gente experta ICFBuilders, como referencia son los contratistas que hicieron el Mall más grande del mundo con este sistema ICF (Insulating Concrete Forms) en Filipinas.





EDITADO POR EL INSTITUTO MEXICANO
DEL CEMENTO Y CONCRETO, A.C.



Determinación de la resistencia a la tensión por compresión diametral de cilindros de concreto

Norma Mexicana
NMX-C-163-1997-ONNCCE

Número

87

SECCIÓN
COLECCIONABLE



Determinación de la resistencia a la tensión por compresión diametral de cilindros de concreto

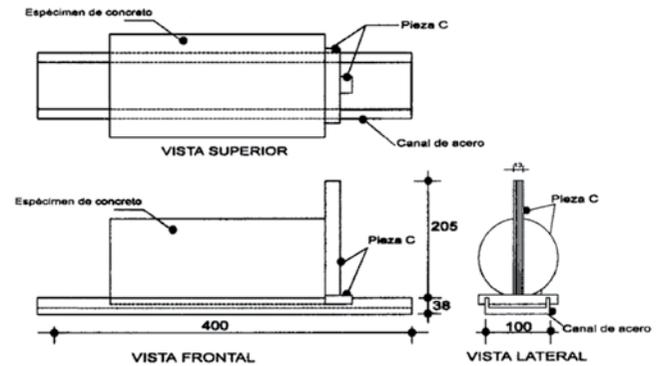


FIGURA 1:

Dispositivo para marcar los diámetros de los especímenes.

E

n este resumen se presenta la Norma Mexicana **NMX-C-163-1997-ONNCCE**, Industria de la construcción Concreto-Determinación de la resistencia a la tensión por compresión diametral de cilindros de concreto. Por supuesto, el lector puede aprovechar la siguiente información para familiarizarse con los procedimientos básicos de la misma, pero con el entendido de que esta publicación no reemplaza el estudio indispensable de la Norma.

OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Norma Mexicana establece el método de prueba para determinar la resistencia a la tensión por compresión diametral en especímenes cilíndricos de concreto.

REFERENCIAS

• **NMX-C-083-ONNCCE:**

Industria de la Construcción-Concreto-Determinación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto.

• **NMX-C-159-ONNCCE:**

Industria de la Construcción-Concreto-Elaboración y curado en el laboratorio de especímenes de concreto.

• **NMX-C-160-ONNCCE:**

Industria de la Construcción-Concreto-Elaboración y curado de obra de especímenes de concreto.

APARATOS Y EQUIPO

Máquina de prueba

La máquina de prueba debe cumplir con los requisitos establecidos en la NMX-C-83-ONNCCE, y puede ser de cualquier tipo, con tal de que tenga suficiente capacidad para proporcionar la velocidad de carga establecida en la misma norma.

Barra a placa de carga suplementaria

Se puede usar una barra o placa suplementaria si el diámetro o la dimensión mayor de los bloques de carga, superior o inferior, es menor que la longitud de cilindro por probarse. Las barras o placas deben ser de acero con caras planas, maquinadas con una cierta tolerancia, cuando se miden sobre cualquier línea de contacto con la superficie de carga. Además, deben tener un ancho mínimo y un espesor no menor a la distancia entre el borde de la placa de carga y el extremo libre del cilindro.

Tiras para distribución de la carga

Para cada prueba se debe contactar con dos tiras de madera de triplay, neopreno o con dureza 80 *shore* similar, libre de imperfecciones. Las tiras de distribución de carga se colocan entre el espécimen y ambas platinas de carga, superior e inferior de la máquina de prueba, o entre el espécimen y las placas suplementarias cuando se utilicen. Después de cada prueba, las tiras de triplay deben desecharse.

Dispositivo para trazar líneas diametrales

Este dispositivo se utiliza para trazar líneas diametrales en cada extremo del espécimen sobre el mismo plano axial, y debe constar de un canal de acero con los patines maquina-



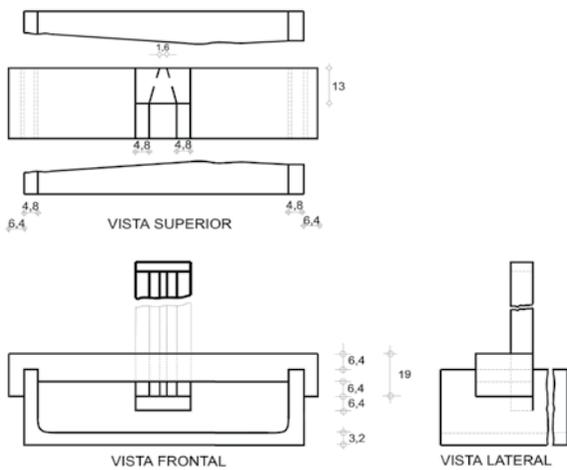


FIGURA 2:

Detalle de pieza "C".

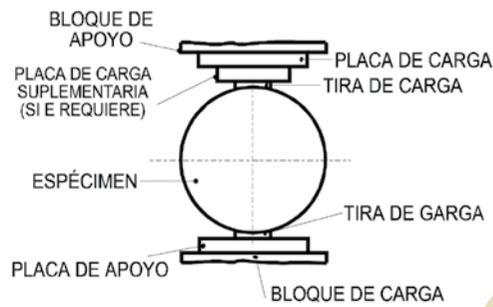


FIGURA 3:

Espécimen en la máquina.

dos para presentar sus orillas planas (Fig. 1). y una pieza vertical, que tiene una ranura longitudinal, que sirve de guía al lápiz para marcar el espécimen (Fig. 2).

PREPARACIÓN

Los especímenes de prueba deben cumplir con las especificaciones de dimensiones, moldeo y curado establecidos en las NOM-C-159-ONNCCE y NOM-C-160-ONNCCE.

Marcado del espécimen

En cada extremo del espécimen se deben dibujar líneas diametrales usando el dispositivo indicado que asegure que las líneas se encuentren en el mismo plano diametral.

PROCEDIMIENTO

Mediciones

Se determina el diámetro del espécimen de prueba, y se calcula con el promedio de tres diámetros, medidos cerca de los extremos, al centro del espécimen y contenidos dentro del plano, que incluye las líneas marcadas en los extremos. Se determina la longitud del espécimen con el promedio de por lo menos dos medidas de longitud tomadas en el plano que contienen las líneas marcadas en los extremos.

Centrado del espécimen

Se centra una de las tiras de carga sobre la platina inferior. Se coloca el espécimen sobre la tira y se alinea en forma tal que las líneas marcadas en los extremos del cilindro estén verticales y centradas con relación a las tiras. Se coloca la segunda tira de carga longitudinalmente sobre el cilindro, centrándolo con relación a las líneas marcadas en los extremos del mismo (Fig. 3). Se acomoda el conjunto para asegurar que se cumplan las condiciones anteriores.

Velocidad de aplicación de la carga

Se debe aplicar la carga en forma continua sin impacto a una velocidad constante, de tal manera que se logren esfuerzos de tensión por compresión diametral. Para cilindros 15 cm por 30 cm, el rango de esfuerzos de tensión corresponde a una carga aplicada entre 34 kN y 104 kN por minuto. Se registra la carga máxima aplicada, indicada por la máquina de prueba en el momento de la falla. Se deben observar, el tipo de falla y la apariencia del concreto.

Resultados

Deben incluirse los siguientes datos:

- Número de identificación y localización.
- Diámetro y longitud en mm.
- Carga de ruptura en N (kg).
- Resistencia a la tensión por compresión diametral.
- Edad.
- Historia del curado.
- Defectos.
- Tipo de falla.
- Tipo de espécimen. **C**

BIBLIOGRAFÍA:

ASTM-C- 496 -71 (Reaprobado 79)
APLITTING TENSILE STRENGTH OF CYLINDRICAL CONCRETE SPECIMENS.
 NOM-008-SCFI-1993 "Sistema General de Unidades de Medida".
 NOM-C-251-1997 -ONNCCE
 Industria de la Construcción -Concreto- terminología
 NMX-Z-013-SCFI-1977 "Guía para la redacción y presentación de las normas mexicanas"

NOTA:

Tomado de la Norma Mexicana **NMX - C - 163 - 1997 - ONNCCE. Industria de la construcción - Concreto - Determinación de la resistencia a la tensión por compresión Diametral de cilindros de concreto.**

Especificaciones y métodos de ensayo. Usted puede obtener esta norma y las relacionadas con agua, aditivos, agregados, cementos, concretos y acero de refuerzo en: normas@mailonncce.org.mx, o al teléfono del ONNCCE 5663 2950, en México, D.F. O bien, en las instalaciones del IMCYC.

Gregorio B. Mendoza

Emblema del desarrollo

U BICADO EN EL EJE CENTRAL Lázaro Cárdenas y Xola, en el corazón de la Ciudad de México, se encuentra

un edificio emblemático y muy peculiar, se trata de una obra erigida entre 1953 y 1955 por los arquitectos Carlos Lazo, Augusto Pérez Palacios y Raúl Cacho para albergar la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas (SCOP), misma que en 1976 cambiara de nombre al que lleva en la actualidad la dependencia: Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT).

Este emblemático icono de la modernidad arquitectónica en México tuvo como gran aportación fusionar la obra plástica de diversos artistas de la época que lograron plasmar ahí su visión sobre el ámbito político, social y cultural de nuestro país. En diversos elementos arquitectónicos podemos observar aun la obra de personajes como José Chávez Morado, Francisco Zúñiga, Juan O’Gorman y Rodrigo Arenas, un arte integrado plenamente a la arquitectura que a pesar de los serios daños sufridos con el sismo de 1985 que, incluso obligó a



Fotografías: LIFE & Ciudad de México en el Tiempo

demoler algunos niveles del edificio principal para disminuir su propio peso, sigue percibiéndose como una obra completa e inigualable.

Como siempre, debe decirse que la arquitectura es reflejo fiel de diversas voluntades y momentos políticos, esta obra no es la excepción y por ello debe mencionarse que quizá este edificio no hubiera sido posible sin el talento y la visión del recién nombrado titular de la SCOP en 1952, el arquitecto Carlos Lazo, quien recibiría del entonces presidente Adolfo Ruiz Cortines la encomienda de dirigir esta dependencia, descentralizarla y dotarla de una nueva sede.

A punto de celebrar su sexta década de vida, este es uno de los referentes obligados de la Ciudad de México y también de una de las dependencias que es considerada un pilar dentro de la historia del desarrollo nacional. **C**



Índice de Anunciantes

IMCYC	2ª DE FORROS
CICM	3ª DE FORROS
CONTROLS	4ª DE FORROS
HENKEL	1
ITISA	3
GERDAU	7
ULMA CONSTRUCCIONES	29
ANDAMIOS ATLAS	31

Si desea anunciarse en la revista, contactar con:

Lic. Renato Moyssén
(55) 5322 5740 Ext. 216
rmoysen@mail.imcyc.com

 buzon@mail.imcyc.com.

 /Cyt imcyc

 @Cement_concrete



Centro de Actualización Profesional
e Innovación Tecnológica del CICM

ESPECIALIDADES

Un enfoque interdisciplinario
para profesionistas con visión

El CAPIT es una institución educativa de primer nivel creada por el Colegio de Ingenieros Civiles de México que ofrece cursos, diplomados, especialidades y certificación a los profesionales de carreras relacionadas con la planeación, construcción, operación y administración de proyectos de infraestructura.



Valuación de Inmuebles

REVOE SEP No. 2005369, 17 junio 2005, REGISTRO DGP 625728

Especialidad dirigida a ingenieros civiles, arquitectos, actuarios, economistas, contadores, administradores y todos aquellos profesionales interesados en la valuación de propiedades comerciales, industriales y habitacionales. El egresado será capaz de ejercer en el mercado inmobiliario.



Valuación de Negocios en Marcha

REVOE SEP No. 2005370, 17 junio 2005 Registro DGP 625753

El egresado conocerá los procesos y técnicas aceptadas para determinar el valor de las empresas para fines de administración y comercialización. La especialidad está dirigida a ingenieros civiles, arquitectos, contadores, economistas, administradores y todo aquel profesional interesado en la valuación industrial.



Administración de Proyectos de Infraestructura

REVOE SEP No. 2005371, 17 junio 2005, Registro DGP 625754

Especialidad diseñada para ingenieros civiles, arquitectos, administradores y todos los profesionales interesados en el conocimiento necesario para administrar procesos, manejar recursos humanos y ejercer el liderazgo en los proyectos de infraestructura.

Inscripciones abiertas-Cupo limitado

Inicio de clases febrero de 2015

Reconocimiento con validez oficial de estudios SEP

Colegio de Ingenieros Civiles de México, A.C.
Camino a Santa Teresa 187, Col. Parques del Pedregal 14010 Delegación Tlalpan, México D.F.
www.cicm.org.mx teléfono 56062323



Conforme a:
| ASTM C39 – AASHTO T22 |

Nuevas prensas automáticas **AUTOMAX y PILOT** El poder de la innovación

CVI TECH

CUSTOMER'S VALUE
DRIVES THE INNOVATION



Distribuidor exclusivo en México:
EQUIPOS DE ENSAYE CONTROLS, S.A DE C.V.
Av. Hacienda 42, Col. Club de Golf Hacienda,
Atizapán de Zaragoza, C.P. 52959, Estado de México.
Tels. (+52 55) 55 32 07 99, 55 32 07 22, 53 78 14 82

CONTROLS Your Partners
Masters of Technology

info@controls.com.mx
www.controls.com.mx