

# CONSTRUCCIÓN Y TECNOLOGÍA EN CONCRETO

Volumen 3 • Número 6 • Septiembre 2013

www.imcyc.com

ISSN: 0187 - 7895



CONSTRUCCIÓN Y TECNOLOGÍA EN CONCRETO

ISSN: 0187 - 7895. Construcción Y Tecnología en Concreto es una publicación del Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto A.C.

\$45.00 ejemplar



# Secretos de **El Macayo**

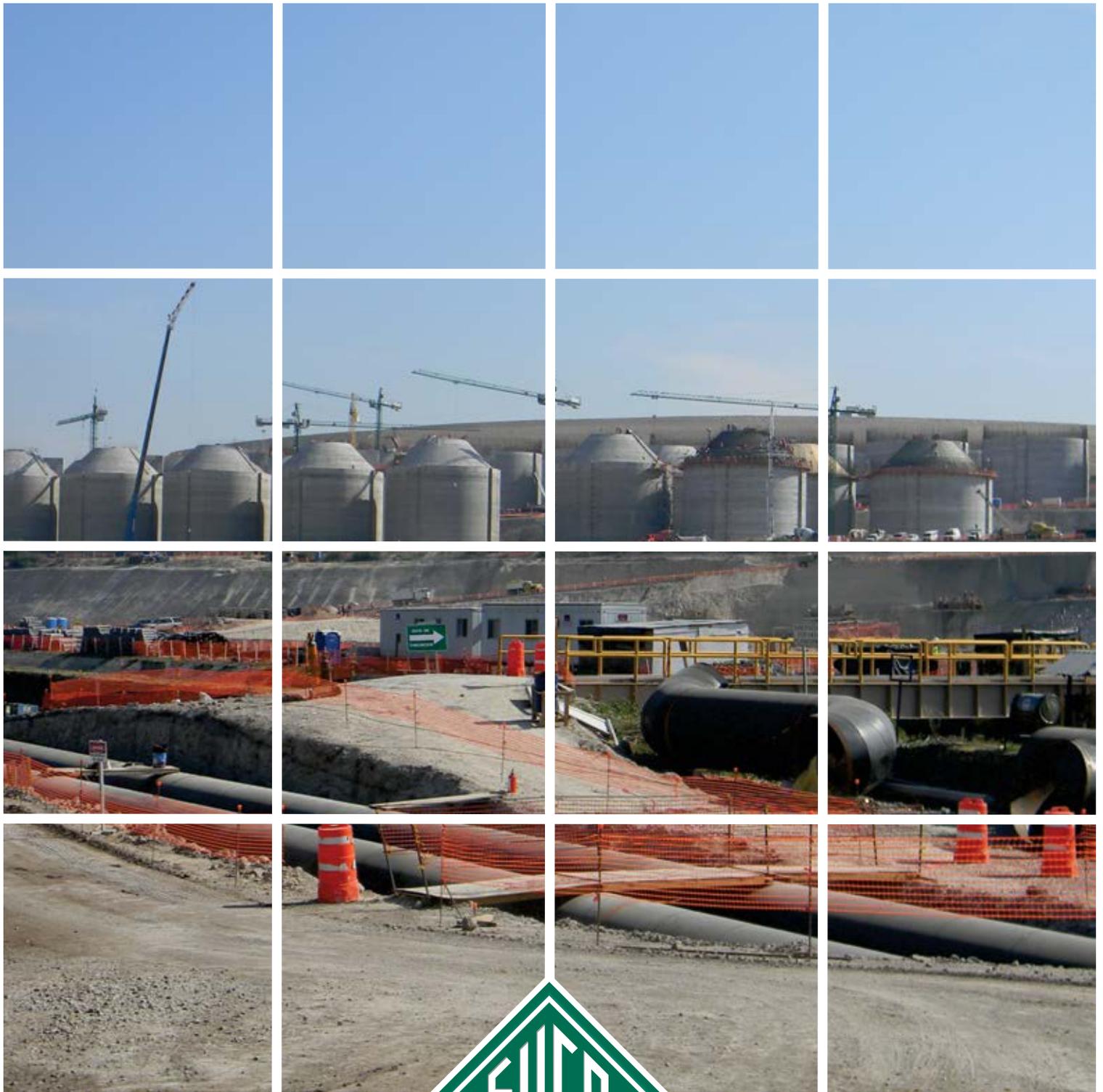
# Los diversos caminos

**L**a sustentabilidad busca dejar de ser un adjetivo para convertirse en sustantivo. La verdadera arquitectura, por ejemplo, no debe denominarse "arquitectura sustentable". Es arquitectura, ya que, si es de calidad, deberá tener de manera intrínseca, aspectos propios de la sustentabilidad (como pueden ser el ahorro de energía, una buena orientación o el uso de ventilación natural).

Por esta razón, es necesario ver a la sustentabilidad como un todo que engloba desde acciones sencillas de aplicar, como puede ser el ahorro de agua en los sanitarios; hasta acciones de gran envergadura, como lo es la obra que presentamos como Artículo de Portada: La compuerta el Macayo, una pieza de alta ingeniería civil que busca beneficiar a la población de los estados de Chiapas y Tabasco, no sólo es ejemplo de calidad en la construcción, sino de cómo la sustentabilidad, llevada al terreno de lo social, genera una mejor calidad de vida, objetivo principal de todos, sin duda alguna.

Por otro lado, en nuestra sección Arquitectura, presentamos un interesante espacio museográfico, el Museo Perot de la Naturaleza y la Ciencia, ubicado en Dallas, Texas; muestra de cómo el concreto se acopla perfectamente, bajo un planteamiento coherente, como fue el desarrollado por el despacho creador: Morphosis, comandado por el arquitecto Tom Mayne. En esta obra vemos cómo se ejerce la buena arquitectura, esa que no necesita de adjetivos. **c**

## **Los editores**



**Aditivos para concreto y productos  
químicos para la construcción.**

[www.eucomex.com.mx](http://www.eucomex.com.mx)

## Ingreso a la Academia de Ingeniería

**A** fines de junio pasado, la Academia de Ingeniería de México llevó a cabo en Mérida, Yucatán, la ceremonia de ingreso como Académicos titulares a dos colaboradores del IMCYC: el M. en I. Mario Ignacio Gómez Mejía y el dr. Pedro Castro Borges, ambos de la especialidad de Ingeniería Civil.

Lo anterior fue la culminación del proceso de admisión que se llevó de acuerdo con los lineamientos establecidos en la Academia, después de que cada uno de ellos fue propuesto por miembros de la misma. Así, con base en sus méritos académicos y profesionales, fue aceptado su ingreso por parte del Consejo Académico a propuesta del Comité de Admisión de la Academia. Como resultado de lo anterior, se llegó a la ceremonia de ingreso celebrada en el Aula magna ingeniero Joaquín

Ancona Albertos, del campus de Ciencias Exactas e Ingenierías, de la Universidad Autónoma de Yucatán.

En esa ocasión tan importante, el M. en I. Gómez Mejía presentó una ponencia en la cual reflexionó sobre la forma en que se está dando la educación en Ingeniería en México. También hizo una revisión sobre los diferentes aspectos que han permitido y los que han obstaculizado el logro del perfil del ingeniero mexicano, resaltando que México ya cuenta con todos los ingredientes la formación



El M. en I. Mario Gómez Mejía

deseable, sin embargo, aún falta para lograrlo. Entre otros temas, comentó que la formación del ingeniero no debe ser responsabilidad única de las instituciones educativas, sino que también la sociedad debe asumir esa responsabilidad, y muy en particular los empleadores. Mario Gómez Mejía ha sido colaborador del IMCYC desde ya hace varios años, como conferencista en eventos, como profesor, y en los últimos años como miembro del Consejo Editorial de la Revista *Concreto y Cemento*

*Investigación y Desarrollo.*

Por su parte el dr. Pedro Castro Borges disertó sobre el problema de la corrosión en las estructuras de concreto, presentando en primer lugar, las consecuencias que acarrea el problema de la corrosión en el acero de refuerzo en las estructura de concreto; señalando la manera como este fenómeno se da ante las diferentes acciones no deseables que afectan la durabilidad del concreto.

Esta presentación es el resultado de las investigaciones que ha venido desarrollando desde hace varios años en el Centro de Investigaciones y de Estudios Avanzados de Instituto Politécnico Nacional, Unidad Mérida. Pedro Castro Borges es autor de publicaciones relacionadas y que forman parte del acervo bibliográfico del IMCYC, amén de ser conferencista y de impartir cursos relacionados con el tema.

¡Una felicitación a ambos maestros! **C**

**Con información proporcionada por el M. en I. Mario Ignacio Gómez Mejía.**



El dr. Pedro Castro y el M. en I. Mario Gómez.

## Formalizan Alianza

**E**lementia, el consorcio mexicano de construcción, cuyo propietario es Carlos Slim y Mexichem, anunciaron recientemente haber formalizado una alianza para producir cemento en México, con el emporio francés Lafarge.

Cabe recordar que el anuncio de esta alianza había sido dado a conocer en enero y, de acuerdo con lo dicho por Elementia, la unión les permitirá abarcar entre 4 y 5% del mercado nacional, reforzado por el lanzamiento de la imagen y la campaña publicitaria de Cementos Fortaleza, la marca de Elementia.

En materia de porcentajes, Elementia participará con 53% de la alianza, mientras que Lafarge lo hará con 47%. Elementia aportará a la nueva entidad su planta de Santiago de Anaya, Hidalgo y la francesa hará lo propio con sus dos plantas ubicadas en Vito de Tula. Así, la combinación de activos cementeros de las dos empresas les permitirá producir cerca de

dos millones de toneladas de cemento al año y entrará en vigencia a partir del tercer trimestre del año, de acuerdo con el comunicado de Elementia.

En su división cementera, Elementia tiene una capacidad de producción de un millón de toneladas de cemento, que se sumarán a la capacidad de 900,000 toneladas de Lafarge, con lo que competirán en un mercado, a nivel nacional, de 38 millones de toneladas. **C**

**Con información de: El economista.**

## Una universidad verde

La Clark Atlanta University (CAU), en los Estados Unidos de Norteamérica, anunció que ha sido la receptora de una serie de promociones relacionadas con la conservación, cuidado del ambiente, así como protección y restauración del mismo, en su sede y entorno. Así, la iniciativa "Building Green Initiative" (establecida en 2010 por la United Negro College Fund) busca nuevamente apoyar con hechos sustentables a universidades que no son de grandes dimensiones.



Foto: www.earthtechling.com.

Con este apoyo, la CAU podrá transformar la infraestructura de su campus, tanto las áreas habitacionales, como los laboratorios en edificios verdes, plenos de innovadora tecnología. Como sabemos, en los Estados Unidos, los campus de las universidades son pequeñas ciudades, por lo que cuentan con una población fija, una infraestructura, así como con actividades comerciales.

Esta iniciativa de apoyar a las universidad pequeñas, proviene del Departamento de Energía, así como de la Agencia de Protección Ambiental, de los Estados Unidos, aunque también están involucrados otros departamentos que buscan formar conciencia en la optimización de la energía y demás temas vinculados a la sustentabilidad.

Entre las cosas que tendrá esta universidad están: laboratorio con grandes facilidades para los estudios en materia de energía, materiales, biotecnología, ciencias de la computación e ingeniería; también tendrá salas de lectura, un museo, y una "casa verde", que estará abierta a todo el que quiera conocerla. Además el museo tendrá un teatro que tratará temas del clima y sobre todo, sobre el cambio climático. ©

Con información de: [www.earthtechling.com](http://www.earthtechling.com)

## Edificios altos en México

Arup es una empresa multidisciplinaria de ingeniería y consultoría, la cual genera diseños no sólo innovadores, sino también sustentables. Hace unas semanas, anunció que está trabajando en cinco edificios altos en la Ciudad de México, los cuales están en distintas etapas que van desde el diseño hasta la construcción, como es el caso de la Torre Reforma, que será la más alta de la capital. Dentro del mismo tema, Arup en unión con el despacho de Teodoro González de León, están trabajando en la Torre Manacar (ubicada en Insurgentes sur) que contará con 12 niveles subterráneos. La construcción de la súper estructura de 30 pisos, terminará a fines del 2014.

Con González de León, esta trabajando la Torre Pedregal 24, donde Arup desarrolló un esquema estructural que genera un voladizo en el frente del edificio, de casi 60 metros, integrando el histórico pabellón que hiciera el arq. Vladimir Kaspé. Para esta obra, Arup utilizó técnicas avanzadas de diseño y análisis sísmico para lograr un diseño estructural a la medida de los peligros sísmicos. En este caso, las cargas laterales son compartidas entre un sistema central reforzado, y el sistema perimetral que será ultrarreforzado. Y con el arq. Benjamín Romano Arup trabaja en la Torre Reforma, la cual tendrá un sistema lateral de pared de concreto expuesto, arquitectónicamente innovador. Tendrá elementos de refuerzo, inclinados sobre la fachada frontal para integrar al edificio con un histórico, y lograr una torre de 57 pisos.

Arup también está con Taller-G para diseñar Punta Chapultepec (236 metros) y finalmente, cruzando la avenida, junto con Rogers, Stirk, Harbour & Partners, y Legorreta+Legorreta, desarrollan un megamarco reforzado para la Torre Ejecutiva BBVA-Bancomer. ©

Con información de: [Arup.](http://Arup.com)

## Infraestructura en EUA

Recientemente, el presidente de los Estados Unidos de Norteamérica, Barack Obama pronunció el discurso en la Terminal del puerto de Jacksonville, donde tienen lugar dos importantes proyectos que generarán una terminal de contenedores y un patio del ferrocarril.

En ese evento, Obama subrayó la fortaleza de las exportaciones de los Estados Unidos; la reducción del déficit durante su presidencia y la desaceleración del crecimiento de los costos de la atención sanitaria. Sin embargo, el presidente del vecino país, sostuvo que es necesario hacer más, por lo cual subrayó que, sin duda, están en una etapa de estancamiento que además, ha empeorado.

Al respecto, señaló: "Tenemos que ayudar a las empresas a que se generen más empleos, sobre todo en la industria manufacturera, de la construcción y en

cuestiones sustentables como son en las compañías inmersas en temas como los de la energía eólica y solar". ©

Con información de: [www.upi.com](http://www.upi.com).

Foto: www.upi.com.



## Laboratorio en Sagunto

Lafarge inauguró en Sagunto España el laboratorio de Investigación y Desarrollo de nuevos cementos para su uso en pozos de petróleo y gas. Se trata del primer laboratorio de estas características que el grupo tiene en Europa y el segundo en el mundo. El acto ha contado con la presencia del director general de Energía de la Generalitat Valenciana, Antonio Cejalvo Lapeña, el vicepresidente ejecutivo del Grupo Lafarge, Jean Carlos Angulo, y el director general de Lafarge España, Isidoro Miranda, entre otras autoridades y personalidades.

En el laboratorio se harán las pruebas necesarias para simular las condiciones de presión, temperatura y agentes químicos a los que el cemento se verá sometido a profundidades de entre 3,000 – 5,000 metros. El fin de este laboratorio es el desarrollo de nuevos cementos, además de dar soporte y asistencia técnica a las necesidades de los clientes.

Por su parte, el equipo humano, compuesto por cinco analistas e investigadores, estará integrado por ingenieros industriales y físicos que trabajarán con un material de última generación similar al utilizado en el laboratorio que Lafarge tiene en Houston, Estados Unidos, donde desde hace 30 años, se trabaja en el desarrollo de este tipo de cementos.



Es importante subrayar que la fábrica de Sagunto es la única en España y de las pocas de Europa que está certificada por el Instituto Americano del Petróleo (API) para producir cementos para pozos de petróleo y gas.

Durante su intervención, Jean Carlos Angulo, vicepresidente ejecutivo del Grupo Lafarge, dijo: "Con la inauguración de este laboratorio, la compañía demuestra, una vez más, su firme compromiso por la innovación, la diferenciación de productos y servicios y la apuesta clara por la fábrica de Sagunto".

Por su parte, Miguel Ángel Urbano, director de la fábrica de Lafarge en Sagunto, expresó: "La puesta en marcha del nuevo laboratorio forma parte de nuestra estrategia de hacer productos de alto valor añadido que aseguren el medio y largo plazo de la fábrica. Este laboratorio sirve de palanca para generar nuevos puestos de trabajo y formar a personas que puedan desarrollarse dentro del Grupo Lafarge".

Con información de: [www.eleconomico.es](http://www.eleconomico.es).

Foto: [www.eleconomico.es](http://www.eleconomico.es).

## Obra donde participó Sika

La empresa Sika trabajó recientemente en el campus Cowles Hall del Elmira College en Nueva York, que después de 160 años necesitaba renovación de ciertas partes de su estructura. Para el cambio del sistema de impermeabilización, los expertos de esta importante compañía colocaron membranas Décor Roof System de Sika Sarnafil en 33 mil m<sup>2</sup>.

Con información de: [Sika en Facebook](#).



## Sensibles fallecimientos

Desde este espacio mandamos un cálido abrazo a la colaboradora de esta revista, Raquel Ochoa Martínez, por el sensible fallecimiento de su señora madre, doña Raquel Martínez Romero, acaecido el 2 de agosto pasado. Raquel: Estamos contigo...

Por otro lado, también mandamos un abrazo y nuestras condolencias al ingeniero Alfonso Ramírez Lavín (director general de Alianza FiiDEM), por el fallecimiento de su señor padre, el dr. Alfonso Ramírez Galindo, acaecido el pasado 4 de agosto. Nos unimos a la pena que embarga a los familiares y amigos de las personas fallecidas. Descansen en paz.

Equipo IMCYC



# Moctezuma y la cultura ambiental



Foto: www.consosalver.gob.mx.

Con el propósito de dar seguimiento a los compromisos constituidos y de buscar la certificación verde, la Procuraduría Estatal de Protección al Medio Ambiente (PMA) realizó en fechas recientes, una visita de supervisión a la Cementera Moctezuma S.A. de C.V., ubicada en este municipio. En entrevista, el titular de la dependencia, Dalos Ulises Rodríguez Vargas, dijo que este tipo de inspecciones se aplicarán en las dos mil 700 empresas, de todo tipo, registradas en la entidad, con el objetivo de que cumplan con los estándares de calidad ambiental.

También señaló que con la visita a la Cementera Moctezuma inició el proyecto de vigilancia y supervisión, considerando que esta compañía, desde sus inicios, se ha distinguido por su cultura ambiental lo que la hace candidata al certificado verde, que otorgará el Gobierno del Estado, a través de la dependencia a su cargo. Además, recorrió un vivero con capacidad para siete mil arbolitos de robles y plantas como cícada y jacarandas, así como para el cuidado y adaptación de reptiles. En el área de depósito de combustibles (coque), donde se almacenan alrededor de ocho mil toneladas, se comprobó un buen manejo del producto.

Al respecto dijo: "Es un programa para que esas áreas trabajen de manera sustentable y para que en su unidad de manejo, las empresas impulsen la preservación de animales en peligro de extinción, permitiendo que estos se reproduzcan y vivan ahí".

Con información de: <http://e-veracruz.mx>

## Calendario de actividades

Septiembre de 2013

**Nombre:** Concreto decorativo.

**Fecha:** 4 de septiembre

**Lugar:** Auditorio IMCYC.

**Contacto:** Verónica Andrade,  
cursos@mail.imcyc.com

**Tel.:** (55) 5322 5740, ext. 230.

**Página web:** [www.imcyc.com](http://www.imcyc.com)

**Nombre:** La arquitectura en concreto.

**Fechas:** 5 y 6 de septiembre.

**Lugar:** Auditorio IMCYC.

**Contacto:** Verónica Andrade,  
cursos@mail.imcyc.com

**Tel.:** (55) 5322 5740, ext. 230.

**Página web:** [www.imcyc.com](http://www.imcyc.com)

**Nombre:** Pruebas no destructivas en las estructuras de concreto.

**Fecha:** 10 de septiembre.

**Lugar:** Auditorio IMCYC.

**Contacto:** Verónica Andrade,  
cursos@mail.imcyc.com

**Tel.:** (55) 5322 5740, ext. 230.

**Página web:** [www.imcyc.com](http://www.imcyc.com)

**Nombre:** Normas ASTM de acuerdo con el Reglamento ACI-318.

**Fechas:** 11, 12 y 13 de septiembre.

**Lugar:** Auditorio IMCYC.

**Contacto:** Verónica Andrade,  
cursos@mail.imcyc.com

**Tel.:** (55) 5322 5740, ext. 230.

**Página web:** [www.imcyc.com](http://www.imcyc.com)

**Nombre:** Construcción de pavimentos de concreto.

**Fechas:** 18 de septiembre.

**Lugar:** Auditorio IMCYC.

**Contacto:** Verónica Andrade,  
cursos@mail.imcyc.com

**Tel.:** (55) 5322 5740, ext. 230.

**Página web:** [www.imcyc.com](http://www.imcyc.com)

**Nombre:** Técnico para pruebas al concreto en la obra. Grado I.

**Fechas:** 19 y 20 de septiembre.

**Lugar:** Auditorio IMCYC.

**Contacto:** Verónica Andrade,  
cursos@mail.imcyc.com

**Tel.:** (55) 5322 5740, ext. 230.

**Página web:** [www.imcyc.com](http://www.imcyc.com)

**Nombre:** Supervisor especializado en obras de concreto.

**Fechas:** 23 y 24 de septiembre.

**Lugar:** Auditorio IMCYC.

**Contacto:** Verónica Andrade,  
cursos@mail.imcyc.com

**Tel.:** (55) 5322 5740, ext. 230.

**Página web:** [www.imcyc.com](http://www.imcyc.com)

**Nombre:** 1er Congreso de Patología, Recuperación de Estructuras y Control de Calidad De la Construcción, Alconpat -Ecuador 2014

**Fechas:** 23, 24 y 25 de abril de 2014.

**Tel.:** 023396-353.

**Página web:** [www.alconpat-ecuador.org](http://www.alconpat-ecuador.org)

HISTORIA

## Rompeolas romano

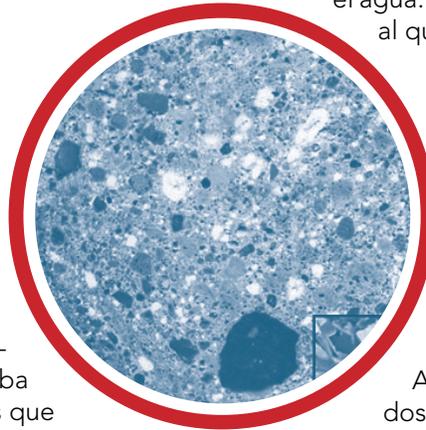
**E**l equipo técnico de los Estados Unidos (integrado por los investigadores Marie Jackson de la Universidad de California en Berkeley, y Paulo Monteiro del Laboratorio Nacional estadounidense Lawrence Berkeley en California) concluyó que el cemento romano tenía una mayor durabilidad y conllevaba menos gasto en recursos energéticos que el cemento Portland fabricado hoy día, gracias a una mejor elección de los materiales utilizados.

Puede parecer paradójico que la evolución y el perfeccionamiento de la tecnología actual, salga perdiendo en comparación con una empleada en la Roma antigua de hace 2000 años. Sin embargo, es lo que han concluido los expertos tras analizar la calidad del concreto con el que se construyó el rompeolas romano ubicado en el antiguo puerto de Baiae, en la bahía de Nápoles.

Según el estudio, la durabilidad de este concreto es mayor que la del concreto que se fabrica en la actualidad, usando como conglomerante cementicio principal el cemento Portland. Otras referencias consultadas reportan que el concreto que se elaboraba en la antigua Roma (hecho con ceniza volcánica) era bueno y duradero; algo que ya sabían algunos sabios de la antigüedad, aunque desconocían de manera exacta las causas físicas y químicas de este particular. Hasta nuestros días han llegado evidencias de lo anterior. Por ejemplo, se sabe que Vitruvio (ingeniero del emperador Augusto) y el historiador Plinio el Viejo, dejaron por escrito que el mejor concreto para obras marítimas era el que se fabricaba con cenizas volcánicas provenientes de regiones del Golfo de Nápoles.

El estudio de la Universidad de Berkeley, encontró que la fabricación de este cemento de la antigüedad requería de menos calor en su proceso de fabricación: 900 °C frente a los 1.500 °C que en la actualidad es necesario para la fabricación del cemento Portland.

A mediados del siglo XX se diseñaron estructuras de concreto para que duraran 50 años. En la



actualidad, se diseñan para que duren de 100 a 120 años; sin embargo hay estructuras de la época del Imperio romano que han sobrevivido a 2000 años de ataques químicos y a la acción de las olas bajo el agua. Tal es el caso del rompeolas napolitano al que se hace referencia.

Por otra parte, el estudio desarrollado por los investigadores Jackson y Monteiro puntualiza que la industria cementera y el elevado gasto en combustible para alcanzar las temperaturas necesarias en el proceso, suponen el 7% de todas las emisiones de dióxido de carbono del planeta; emisiones que varias agencias internacionales dedicadas al Medio Ambiente han tratado de reducir en las dos últimas décadas.

En líneas generales, se advierte que el proceso químico que se empleaba en la antigua Roma para fabricar cemento era más eficiente, tanto por los materiales que empleaban, como por su proceso de fabricación. Mientras que en Portland se utilizó una mezcla de calcio, silicatos, e hidratos (C-S-H) como "aglutinante" para el compuesto, en Roma lo hacían con aluminio y una menor cantidad de silicio, lo que dio por resultado un aglutinante excepcionalmente estable (C-A-S-H). **c**

**Referencia:** Adaptado y traducido de: "El hormigón de la Antigua Roma era más eficiente que el actual", publicado en: "La Aventura de la Historia", Junio 2013, <http://www.laaventuradelahistoria.es/2013/06/05/el-hormigon-de-la-antigua-roma-era-mas-eficiente-que-el-actual.html>

SUSTENTABILIDAD

## Diseño de materiales de construcción

**M**uchos países implementan estrategias sustentables en los procesos de producción industrial, debido a los problemas que han generado la contaminación y la degradación del medio ambiente. La industria de la construcción no se aleja de ello, y por tanto sus especialistas están conscientes de la importancia de evitar, mitigar y corregir el impacto ambiental que su actividad genera.

Se presentan en este escrito las generalidades de una revisión realizada en la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM) acerca del diseño sustentable aplicado a materiales de construcción, particularmente del concreto de cemento Portland.

El concreto de matriz de cemento Portland es utilizado en la actualidad en múltiples aplicaciones a nivel mundial, por ejemplo, en edificios, presas, puentes o pavimentos, entre otros usos. Cabe preguntarse de qué manera podríamos hacer sustentable este material. Los especialistas han ubicado la respuesta a esta interrogante en el hecho de buscar nuevos métodos, estrategias y prácticas sustentables para la elaboración del concreto, enfocándose principalmente en el manejo de las materias primas y en sus procesos de producción sin afectar sus propiedades y exigencias para determinada aplicación. Algunas prácticas sustentables y estrategias que se aplican en la producción del concreto se describen a continuación.

El uso de concreto celular con cemento Portland, agregados finos y aditivos en muros y techos. En este caso el hecho de que se requieran menos materias primas, afecta en menor medida al medioambiente en la extracción, transporte y fabricación del producto final. Sólo se tiene el inconveniente de que los niveles de resistencia mecánica de este concreto son menores que en el tradicional; sin embargo, se gana en resistencia térmica y acústica.

Otra buena práctica es la elaboración de concreto adicionado (con una cantidad oscilante entre un 15 y un 20% del volumen total de cemento) con cenizas volantes (CV), producto de la quema de carbón mineral para la producción de electricidad en algunas plantas termoeléctricas. Esta sustitución de parte del cemento tradicional por CV, induce a que se logren concretos de calidad similar a la de los concretos tradicionales.

La elaboración de concreto con base en cementos producidos en plantas que funcionan con energía renovable y/o alternativa, resulta otra alternativa aceptable, siendo en este caso importante que se tomen precauciones en lo que respecta a la producción de emisiones contaminantes.

Una alternativa investigada en la actualidad resulta el uso de concreto elaborado con agregados reciclados; opción que puede ser aplicable en la construcción con relativa facilidad y con un potencial

de mediano a alto, en lo que respecta al ahorro de materias primas. Con esto se beneficiaría tanto el costo del proyecto como el medioambiente, al reducirse la explotación de las canteras de agregados.

También el uso de agentes de curado para concreto basados en la semilla de soya, que actúan como protector/conservador del hidratante, o la limpieza de la superficie del concreto aparente por medio de técnicas que no empleen agua o energía (por ejemplo, el uso de cepillos especiales con lo que se reduciría la cantidad de agua y se evitaría el uso

de productos químicos), y el establecimiento de normas y/o métodos de selección del tipo de cemento para la elaboración de mezclas adecuadas de concreto sin que se afecten las propiedades necesarias, resultan aspectos de suma importancia para que se desarrollen prácticas sustentables.

En resumen, estas opciones o estrategias atienden básicamente a la reducción de la contaminación ambiental y están enmarcadas en los métodos básicos para el manejo y aprovechamiento sustentable de materiales de construcción.

Todas son prácticas sustentables en el manejo y aplicación de materiales que pueden realizarse para hacerlos a éstos más amigables con el medioambiente, utilizando la tecnología adecuada y los mejores métodos de selección y evaluación de materias primas a usar, desde el punto de vista constructivo. **C**

**Referencia:** Hernández Moreno S., "Diseño sustentable de materiales de construcción. Caso del concreto de matriz de Cemento Portland", en *Ciencia Ergo Sum*. vol. 15, núm. 3, noviembre-febrero 2008. Universidad Autónoma del Estado de México.



## AGREGADOS

# Puzolanas naturales para reducir la expansión álcali-agregado

**L**a expansión excesiva del concreto, provocada por la reacción entre los iones hidróxilos liberados de compuestos alcalinos contenidos en la solución del poro del concreto y ciertas

fases minerales (principalmente en forma de sílice) de los agregados, causa esfuerzos internos que provocan agrietamiento y desprendimientos del recubrimiento de las estructuras de concreto. El producto expansivo se presenta en forma de un gel hidrato-gelatinoso. Este tipo de deterioro es estimulado cuando se presentan concentraciones mínimas de álcalis (Na y K) y ciclos de humedecimiento y secado, lo que causa que el fluido del poro sea absorbido por el gel, incrementando su volumen e induciendo a esfuerzos perjudiciales en la interface pasta-agregado.

Una alternativa viable para reducir las consecuencias de estas reacciones es el uso de puzolanas en el concreto. Las puzolanas contienen sílice reactiva, la que finamente dividida reacciona rápidamente con los álcalis de la solución del poro, disminuyendo el poder destructivo del gel en la matriz cementante. Sin embargo, la efectividad de esta vía es función de la cantidad de fase amorfa y de las características microestructurales de la puzolana.

En esta investigación, realizada en la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), se caracterizaron tres materiales puzolánicos naturales diferentes de origen ígneo, investigándose la relación existente entre las características físico-químicas particulares de cada material y su capacidad para disminuir la expansión deletérea producida por la reacción álcali-agregado.

Como material cementante primario se utilizó un cemento Portland ordinario con un alto contenido de álcalis. Como agente reactivo y haciendo la función de agregado fino en los morteros, se utilizó vidrio pírex triturado separado en varios tamaños.

Los materiales puzolánicos a estudiar provinieron de una búsqueda geológica nacional, en la que, después de un muestreo representativo fueron secados a 110 °C durante 24 horas, triturados, pulverizados y molidos hasta lograr que entre un 91 y un 93 % del material pasara la malla 325. Con estos materiales se fabricaron morteros: uno de referencia elaborado sólo con el cemento Portland, y tres morteros más con una sustitución del 20 % de la masa de cemento Portland, por las respectivas puzolanas naturales. Los morteros se produjeron con una relación agua-cementante de 0.47 y en proporción 1:2.25 de partes de cementante a partes de agregado pírex.



Para cada uno de los morteros se elaboraron especímenes de 2.5 x 2.5 x 28.5 cm, con una longitud efectiva de 25.4 cm. Fueron sometidos a condiciones extremas de exposición y se midieron sus cambios longitudinales producto de la reacción expansiva. En general, las puzolanas naturales utilizadas muestran un comportamiento satisfactorio para reducir la expansión álcali-agregado en barras de mortero sometidas a condiciones extremas de exposición. Se observa una relación directa entre las propiedades físicas, químicas y morfológicas de las puzolanas y su eficiencia para reducir la expansión. Los resultados indican que las puzolanas naturales reducen en más de un 40 % dicha expansión con relación a morteros que sólo contienen cemento Portland como material cementante. **C**

**Referencia:** Valdez T. P. L.; Fajardo S. G.; Hermosillo M. R.; Flores V. I., "Efectividad de las puzolanas naturales para reducir la expansión álcali-agregado", en *Ciencia UANL*, Universidad Autónoma de Nuevo León, vol. XI, núm 003, julio-septiembre, 2008, (ISSN 1405-9177, 2008).

## DURABILIDAD

### Concreto y ataque por sulfatos **(Segunda parte)**

**E**l estudio de la CCAA (Cemento, Concreto y Agregados de Australia, por sus siglas en inglés), definido en edición anterior, consideró que a los 28 días las muestras de concreto fueron expuestas por inmersión completa en soluciones del 5% de sulfato de sodio, manteniendo un pH de  $7 \pm 0.5$  y  $3.5 \pm 0.5$ . El rendimiento del concreto fue medido en términos de la expansión de prismas de 7.5 x 7.5 x 28.5 cm, y de la retención de la resistencia en cilindros de 10 x 20 cm, expuestos durante un período de tres años a la solución de sulfato de sodio. La resistencia a la compresión del concreto a los 28 días varió ampliamente, desde 45.5 hasta 75.5 MPa, de 32.5 a 64.0 MPa, y de 29.5 a 37.0 MPa; para relaciones agua/cemento (a/c) de 0.4, 0.5, y 0.65,

respectivamente, lo que refleja la influencia de los diferentes tipos de cementos.

Después de tres años de exposición, todos los concretos evaluados, elaborados con cementos resistentes a sulfatos (RS), y con a/c de 0.4 y 0.5 tuvieron buen desempeño, tanto en términos de la expansión como de la retención de la resistencia. Todos se comportaron estables en soluciones neutras y de sulfatos ácidos, con aumento en los niveles de expansión del orden de 220 micro deformaciones por año, y con retenciones de resistencia por encima del 100% de la resistencia a la compresión a los 28 días.

Mientras que la mayoría de los elementos de concreto enterrado es probable que se mantengan húmedos durante toda su vida de servicio, algunas partes de estos elementos pueden estar expuestas a la humectación periódica y a condiciones de secado. Este es el caso de los elementos parcialmente enterrados. En este caso, un estudio de la PCA confirmó que la exposición a la inmersión y secado atmosférico alternos en suelos ricos en sulfato de sodio, es una condición de exposición más severa que la inmersión continua en la misma solución.

Todos los concretos elaborados con cemento RS tuvieron buen desempeño bajo inmersión en soluciones de sulfato de sodio, en condiciones tanto neutras como ácidas y con un contenido mínimo de cemento de 415 kg/m<sup>3</sup> con a/c de 0.4, al igual que los concretos con baja a/c, que también se desempeñaron bien bajo la humectación severa y en condiciones de secado. Asimismo, se señala que en los concretos con a/c de 0.5 con un contenido mínimo de cemento de 335 kg/m<sup>3</sup> y una protección adecuada de su superficie, también podría esperarse un comportamiento adecuado en una humectación más agresiva y con condiciones de secado.

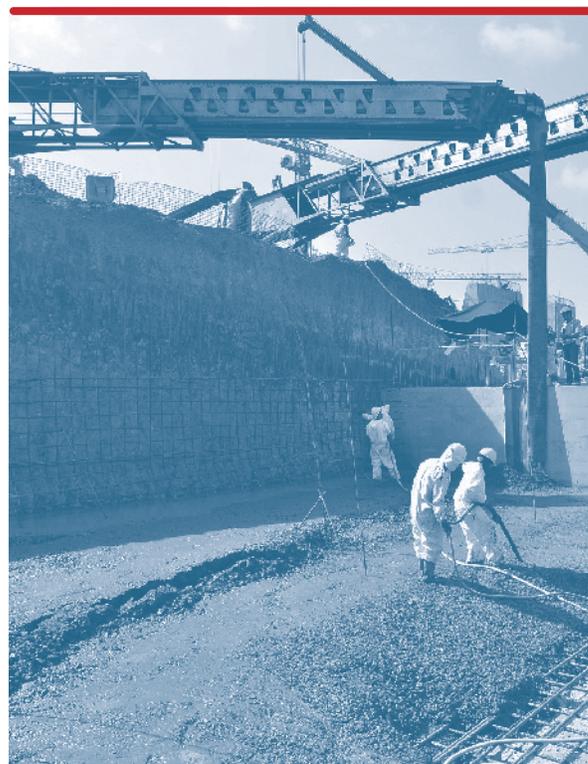
Puede concluirse que la resistencia a los sulfatos del concreto es una función de su resistencia física y química a la penetración de iones de sulfato, y que una buena resistencia física del concreto es directamente proporcional a la relación a/c y al contenido de cemento. Por su parte, una buena resistencia química está relacionada con la resistencia de la matriz de cemento a las reacciones con sulfatos nocivos.

Un concreto resistente a sulfatos puede lograrse utilizando una cantidad suficiente de cemento RS, y una baja relación a/c, para obtener un concreto con baja permeabilidad al agua. Para estructuras de concreto completamente enterradas en suelos

saturados, un concreto resistente a sulfatos se puede lograr a partir de cemento RS con un contenido de cemento de 335 kg/m<sup>3</sup> y una relación a/c de 0.5. Para las estructuras parcialmente enterradas, expuestas a condiciones de humedad y secado, puede utilizarse el mismo concreto resistente a sulfatos; pero con medidas adicionales de protección, tal como la aplicación de un sellador de superficie. Alternativamente, un concreto resistente a sulfatos puede lograrse usando cemento RS con un contenido de cemento de 415 kg/m<sup>3</sup> y una relación a/c de 0.4.

En general, el reglamento australiano asociado a estructuras de concreto en suelos sulfatados ácidos (AS 3600) basadas en una resistencia a la compresión mínima y en el uso de cementos RS, especifica los requerimientos necesarios para elaborar concretos resistentes a sulfatos, sometidos a diferentes condiciones de exposición. De manera similar, podrían utilizarse las especificaciones de rendimiento de cementos RS y de concretos con límites de permeabilidad al agua, o con límites de permeabilidad rápida a sulfatos. **C**

**Referencia:** Cement Concrete & Aggregates Australia, "Sulfate-resisting Concrete", <http://www.ccaa.com.au>, mayo de 2011.





# Secretos en **El Macayo**



**Raquel Ochoa**

**Fotos: Cortesía de Conagua.**

La Compuerta El Macayo constituye una obra de ingeniería sustentable que blindará a la población tabasqueña de las inundaciones, controlando y regulando los escurrimientos del río Carrizal.

**L**a idea de la construcción de la compuerta El Macayo, en Tabasco, es proteger las áreas productivas y asentamientos humanos, reduciendo los riesgos y desequilibrios sociales, económicos, salubres y de seguridad de la población del sureste mexicano.

Aquí todo va cambiando, en el municipio de Reforma, aguas abajo del cruce del río Mezcalapa. Allí, sobre el río carrizal Macayo, "los ingenieros levantaron un muro grandote; supimos que le decían estructura de control para evitar las inundaciones. Y es que, aquí llueve como si se cayera el cielo; los aguaceros llegan de repente, en grandes olas de agua, sin dar tiempo ni siquiera de salvar una cobija. El río comienza a crecer y se escucha el estruendo que trae al arrastrarse y huele a lo podrido de agua revuelta, y el río pierde

sus orillas. Entonces, se pierde todo...”, dice un lugareño.

A lo largo de la historia de Tabasco, la noción de pérdida y soledad es huella constante en época de lluvia. Durante mucho tiempo las inundaciones son inseparables de la cotidianidad de los pobladores del sureste mexicano. Por eso, la construcción de la compuerta El Macayo, que forma parte de las acciones del Plan Hídrico Integral de Tabasco (PHIT) y que beneficiará a 700 mil habitantes, se convertirá en un factor de blindaje y seguridad en futuras temporadas de lluvia.

El ingeniero Antonio Gutiérrez Marcos, Director General de la dirección local Tabasco, de la Comisión Nacional del Agua (Conagua) explica en entrevista para *Construcción y Tecnología en Concreto*, como se dio esta mega estructura ubicada en los límites de los estados de Chiapas y Tabasco.

En el municipio de Reforma, en Chiapas, aguas abajo de la bifurcación del río Mezcalapa se localiza la estructura de control sobre el río carrizal El Macayo. “Esta estructura se construye debido a la necesidad de proteger contra las inundaciones a la ciudad de Villahermosa; además de controlar el gasto que fluye desde el río Mezcalapa hacia el río Carrizal. También busca controlar la variación de sus niveles, reduciendo la erosión en las márgenes de los ríos en su trayecto hasta la descarga en el golfo de México”, explica Antonio Gutiérrez.

El Macayo, continúa el entrevistado, forma parte de todo un programa de obras hidráulicas –bordos y muros de protección, canales de alivio para derivar las aguas a los vasos de regulación naturales, dragados y desazolves de ríos y arroyos, protecciones marginales–, que buscan atenuar

## Datos de interés

**Nombre de la obra:** Construcción de la estructura de control El Macayo.

**Ubicación:** Coordenadas geográficas son 17° 57' 27" latitud Norte y 93° 16' 51" longitud Oeste.

**Superficie construida:** 111,934.80 m<sup>2</sup>.

**Fecha de inicio de la obra:** noviembre de 2005.

**Fecha de fin de obra:** junio de 2013.

**Inauguración:** Margen izquierda en septiembre de 2009/ Margen derecha en junio de 2013.

**Maquinaria utilizada:** Excavadoras, cargadores frontales, tractores, grúas, draga marina, moto-conformadoras, vibro-compactadores, camiones de volteo, torre grúa y equipo de perforación.

**Tipos de concreto utilizados:** concreto  $f_c=100$  Kg/cm<sup>2</sup>; concreto  $f_c=250$  Kg/cm<sup>2</sup>; concreto  $f_c=350$  Kg/cm<sup>2</sup>.

**Total de concreto utilizado:** 33,841 m<sup>3</sup> de concreto (margen izquierda 10,370 m<sup>3</sup>; margen derecha 23,471 m<sup>3</sup>.)

**Constructora:** Grupo Constructor y Diamante Constructora y Arrendadora López (margen izquierda); Coconal (margen derecha).

**Labor estructural:** CFE/Jefatura de proyectos Querétaro y Consultoría Integral en Proyectos de Ingeniería (margen derecha).

**Proveedores:** CEMEX, Apasco, bancos de roca de Teapa y Tortuguero, así como bancos de arcilla del municipio de Reforma.

el impacto de las inundaciones en la ciudad de Villahermosa. La idea es regular el gasto en el río Carrizal, obligando a que el excedente proveniente del río Mezcalapa fluya a través del río Samaria. De modo que un 60 % de la corriente que provenga de las presas, circule por el río Samaria y el otro 40 % por el Carrizal, manteniendo un gasto constante de 850 m<sup>3</sup>/s, en el río Carrizal, con la finalidad de disminuir su proceso erosivo y evitar desbordamiento. A su vez, se pretende proteger las áreas productivas y poblaciones asentadas aguas abajo de la estructura de control, reduciendo el riesgo de peligro para la población, alteraciones sociales, económicas, de servicios públicos, salubridad y seguridad”.

En suma, la compuerta El Macayo es una obra de sustentabilidad, que va de lo más trascendente, lo social, a lo ambiental.

## Un poco de historia

La historia de la compuerta El Macayo comienza en el 2003: “La estructura de control sobre el río Carrizal, Macayo, forma parte del Plan Hídrico Integral de Tabasco, el cual, con su objetivo de disminuir al máximo las condiciones de riesgo y vulnerabilidad a que está sujeta la población, sus actividades económicas y los ecosistemas frente a la ocurrencia de eventos hidrometeorológicos extremos que afectan la planicie costera de Tabasco, forma parte integral de las

acciones contempladas en el Plan Nacional Hídrico 2007-2012 y en el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012", comenta el entrevistado.

El PICI, continúa el entrevistado, "fue dividido en tres sistemas hidráulicos: Mezcalapa-Samaria; Ríos de la Sierra; y Carrizal-Medellín. En conjunto se buscaba el control de los escurrimientos mediante la construcción de 26 obras, misma en las que fue necesaria la participación e integración de un grupo multidisciplinario de diferentes instituciones gubernamentales y educativas, a saber: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat); Comisión Nacional del Agua (Conagua); Gobierno del Estado de Tabasco; Gobierno del Estado de Chiapas; Comisión Federal de Electricidad (CFE); Universidad Nacional Autónoma de México (a través del Instituto de Ingeniería); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco; Universidad Autónoma de Chapingo, así como el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Todas estas instancias hicieron posible la visualización, desde diversos ángulos de todas las variantes que inciden en un proyecto como la Compuerta el Macayo".

## Secretos en El Macayo

Paso a paso, el directivo de Conagua detalla la composición de esta magna estructura de control. "Consta de un canal en la margen izquierda con tres compuertas radiales; una cortina permeable de enrocamiento; bolsas de mortero; un canal en el margen de la derecha con cuatro compuertas radiales, así como caminos de acceso. Por la margen izquierda, se controlan 350 m<sup>3</sup>/s, y por la margen derecha, se controlarán 500 m<sup>3</sup>/s. La estructura de control en la margen izquierda está

compuesta por un canal, zona de compuertas, una caseta oleodinámica, casa de máquinas, cuarto de control, un cuarto de control automático, planta de emergencia, dos grúas pórtico, cuarto del operador, almacén, un helipuerto, patio de maniobras, puente vehicular y caseta de vigilancia".

En tanto, añade "El canal tiene una longitud total de 320 metros. Su entrada tiene un ancho de 80 m, reduciéndose progresivamente hasta un ancho de 28.20 m en la zona de compuertas. Pasando

está zona se amplía hasta alcanzar 70 m en el canal de salida. En la zona de compuertas, se tienen dos pilas centrales que soportan tres compuertas radiales de acero estructural de 5 m de ancho por 8 m de alto, con un peso de 20 toneladas cada una".

Las compuertas son izadas y controladas por los servomotores y el sistema experto. Mientras que el nivel de apertura depende del gasto que se requiera considerando las políticas de operación. La operación de ascenso y descenso



de las compuertas está en función de la operación de seis servomotores que son alimentados con aceite hidráulico por medio de tres centrales oleodinámicas (una por compuerta), que a su vez son controladas manualmente por medio de tres tableros de control local, y automáticamente por un sistema experto PLC.

Además, agrega el directivo de Conagua, "existen dos grúas pórtico en la estructura de control del margen izquierdo, una colocada en la plataforma aguas arriba y otra en la plataforma aguas abajo. Estas grúas tienen movimiento longitudinal. El izaje se realiza por el movimiento del moto reductor del malacate para realizar las maniobras de ascenso y descenso de los obturadores".

En la obra, indica el entrevistado, "se encuentra un patio de maniobras, para retirar o suministrar equipos que requieran man-

tenimiento fuera de la estructura. También, conectada al patio de maniobras, se encuentra una rampa de acceso al puente vehicular, el cual permite el tránsito sobre el canal margen izquierda hacia la cortina, logrando una conexión entre las estructuras de control de ambas márgenes. Siguiendo por esta ruta, se encuentra la cortina permeable, con una elevación de 22 metros sobre el nivel del mar. Es un elemento estructural para el cierre del cauce del río carrizal, en la parte inferior se empleó roca traída del municipio de Macuspana y Teapa, a 100 km en promedio de distancia, en la parte superior se utilizaron bolsas de mortero coladas en sitio. El cierre de la cortina deriva el gasto por las estructuras de control de ambas márgenes.

Pasando esta zona se encuentra la estructura de control margen derecha, la cual estará conformada

por un canal de entrada y otro de salida, una zona de compuertas (radiales y obturadores), una caseta oleodinámica, una caseta de operación, caseta de control de accesos, dos grúas pórtico y tres plataformas de maniobras", puntualiza el ingeniero.

Para la construcción del canal "margen derecha", fueron necesarias cuatro acciones divididas en etapas: el crear la zona de compuertas, que es la estructura principal del canal. La creación del tanque amortiguador, el canal de llamada y el canal de salida. Cabe subrayar que la cimentación consta de pilotes de fricción con una sección de 50 x 50 centímetros y una longitud de 20 metros.

El hincado se llevó a cabo desde el nivel de terreno natural hasta la profundidad requerida por el proyecto. Es importante señalar que la construcción de la plantilla de concreto de 100 kg/cm<sup>2</sup>, y de 5 cm de espesor, una vez fraguada de concreto simple, se procedió al descabece de los pilotes y al armado del acero de refuerzo de la losa de fondo de 250 kg/cm<sup>2</sup> con un espesor de 1.5 m. Cada compuerta tiene un peso de 26.6 toneladas y se colocaron cuatro en el canal de la margen derecha.

Dichas compuertas están diseñadas para controlar en conjunto hasta 500 m<sup>3</sup>/s. Terminada la estructura de control, comenta el entrevistado: "se tendrá la política de operación de las compuertas, por medio de la cual se podrá mantener un gasto constante sobre el río Carrizal, reduciendo de manera muy importante la posibilidad de inundación de la ciudad de Villahermosa y demás poblaciones cercanas a las márgenes de este río, en caso que se requiera reducir el gasto sobre el mismo incluso a cero, durante alguna avenida sobre el río Mezcalapa".



## Selección de materiales

Los materiales fueron seleccionados bajo los criterios de las *Normas Mexicanas y en las Especificaciones Técnicas*, de la Conagua. Los principales utilizados en la obra fueron: acero de refuerzo y estructural; madera para cimbras, grava, arena, agua y cemento para la fabricación del concreto hidráulico y mortero, rocas de diferentes tamaños, material de banco arcilla para construcción de bordos, materiales graduados para pavimentos y asfalto.

## Concreto a la obra

El concreto fue uno de los principales componentes de la estructura de control El Macayo. Para la elaboración, colocación y uso del concreto hidráulico se aplicaron diversas normas mexicanas, Para lograr un sistema de gestión y control de calidad. Los tipos de concreto fueron  $f_c=100 \text{ Kg/cm}^2$ ; Concreto  $f_c=250 \text{ Kg/cm}^2$ ; y Concreto  $f_c=350 \text{ Kg/cm}^2$ . La colocación de este insumo se dio a través de bombas tipo telescópica de 5" de diámetro en la descarga y una longitud de 26 metros de alcance. Además se utilizaron camiones equipados con ollas revolventoras de  $7 \text{ m}^3$  de capacidad; vibradores de inmersión de 2" y 3" de diámetro de alta frecuencia.

## Diseño estructural

Para dimensionar los canales de la estructura de control sobre el río Carrizal, expresa el entrevistado: "se utilizó un programa de cómputo que permite modelar flujos permanentes y transitorios en redes de ríos y llanuras de inundación, para este caso el punto de partida fue que la obra debía ser contro-



lada por compuertas radiales. Se probaron distintos anchos y elevaciones de plantilla para ambos canales buscando controlar por la margen izquierda un volumen de  $350 \text{ m}^3/\text{s}$  y por la margen derecha  $500 \text{ m}^3/\text{s}$ ".

Para representar la estructura, continúa, "se ubicó en el modelo sobre el eje de la estructura un puente con las características geométricas mencionadas (vanos de 5 m y pilas de 1 m). El cálculo de la estructura fue realizado mediante la bajada de carga conforme a los datos del proyecto y conforme a los reglamentos pertinentes, revisado con ayuda del Programa Sap2000, de Cálculo Espacial de Estructuras Tridimensionales. En tanto que para el cálculo y análisis de la cimentación se consideró lo especificado en las *Normas técni-*

*cas complementarias para diseño y construcción de cimentaciones*, así como los artículos pertinentes del *Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal*.

Por el lado de la cimentación, ésta constó de pilotes de fricción con una sección de  $50 \times 50 \text{ cm}$  y una longitud total de 20 m. Debido a las condiciones geológicas, el hincado se realizó desde el nivel del terreno natural hasta la profundidad requerida por el proyecto, por lo que fue necesario el empleo de una extensión metálica para el hincado de los pilotes". Así las cosas, se espera la ingeniería mexicana suma un logro más en la edificación de estructuras sustentables que forman un círculo virtuoso de protección a la población, la actividad económica, la salud y el desarrollo de la zona. ©

## ASISTA AL MEJOR EVENTO

¡Únase a EXPO CIHAC<sup>MR</sup> el evento más importante en la industria de la construcción, donde cada año más de 55,000 profesionales hacen negocio con las mejores empresas del sector!

Forme parte de esta exposición internacional que en su vigésima quinta edición será espectacular.



PRE-REGÍSTRESE  
[www.expocihac.com.mx](http://www.expocihac.com.mx)



Tels: 01800 06 CIHAC  
+52 (55) 4738 6200  
[expo@cihac.com.mx](mailto:expo@cihac.com.mx)

Programa de Conferencias

CONFERENCIAS  
**marco** **M**  
La mejor de las cosas ocurre cuando se construye

**VI**

FORO INTERNACIONAL  
Ciudades del siglo XXI  
con Calidad de Vida

Admisión: General \$600.00 | Preferencial \$300.00 (con pre-registro)

Horarios: Miércoles 16 a Viernes 18 de octubre 13:00 a 20:00 hrs. | Sábado 19 de octubre 11:00 a 20:00 hrs.



# EXPO CIHAC<sup>MR</sup> 25 ANIVERSARIO

LA MEJOR EXPOSICIÓN EN LA  
INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN

16 al 19 de octubre . Centro Banamex . Ciudad de México

Sustentabilidad

eco  
**ZONA**  
GRUPO



PREMIO **eco**  
**CIHAC** 2013

Pabellones Internacionales

Salón INTERNACIONAL  
de la Construcción y el Comercio  
**AMEVEC** 2013



# ENSAYO A LA COMPRESIÓN: Medida del desempeño real del **concreto**

## E. Vidaud

(Primera parte)

Importante el tema de la medida del desempeño real del concreto, para generar un producto de alta calidad.

La resistencia a la compresión del concreto ( $f'_c$ ) se determina mediante la fabricación de especímenes que luego de ser curados en condiciones normalizadas, son ensayados a compresión a los 28 días de edad. Para los ensayos normalizados, los códigos regulan en

extremo los factores influyentes, de manera tal que puedan realizarse comparaciones efectivas entre las calidades de diferentes concretos. A continuación se comentan los más importantes, dejándose para el final las condiciones del ensayo, que si bien se encuentran reguladas en las normas, también tienen una apreciable incidencia en la determinación de la  $f'_c$ .

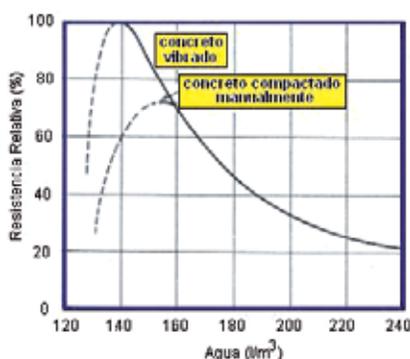
Entre los diversos factores que inciden en la  $f'_c$ , se abordarán en este escrito: la relación agua-cemento ( $a/c$ ) y el grado de compactación de la mezcla; las características de los materiales componentes; la edad del concreto; la temperatura e higrometría del ambiente de curado; la toma de muestras y su almacenamiento, así como las condiciones del ensayo.

## Relación $a/c$ , y grado de compactación de la mezcla

Puede afirmarse que uno de los factores que más incidencia tiene en la  $f'_c$  es la relación en peso entre la cantidad de agua y la de cemento. Los especialistas defienden que para concretos bien compactos, a mayor cantidad de agua, hay mayor posibilidad de que el material se vuelva poroso, pues el concreto dispone de más agua que la que necesita para que reaccione el cemento; porosidad, que por supuesto, disminuye la resistencia del material.

El investigador Feret evidenció la importancia de la relación  $a/c$  hacia 1896, al establecer la relación existente entre la resistencia

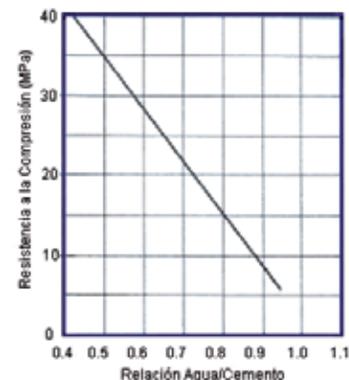
Fig. 1



Variación de resistencia según la influencia del agua y el aire.

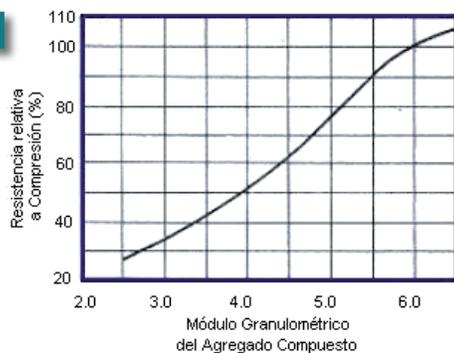
Fuente: Adaptado de Aguilar M., et al., 2007.

Fig. 2



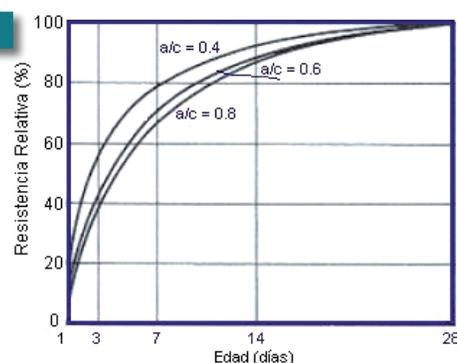
Influencia de la relación  $a/c$  en la resistencia a la compresión del concreto.

Fuente: Adaptado de Aguilar M., et al., 2007.

**Fig. 3**

Influencia del Módulo granulométrico del árido en la resistencia relativa a compresión del concreto.

Fuente: Adaptado de Aguilar M., et al., 2007.

**Fig. 4**

Influencia de la relación a/c en la resistencia a la compresión del concreto.

Fuente: Adaptado de Aguilar M., et al., 2007.

a compresión ( $S$ ) con el volumen absoluto de cemento ( $c$ ), de agua ( $e$ ), y de aire ( $a$ ); a través de la constante ( $K$ ) según la Expresión 1.

$$S = K \left( \frac{c}{c+e+a} \right)^2 \quad (1)$$

Según este análisis, la variación de las resistencias (tomando en consideración la influencia del agua y del aire), viene dada por la curva que se muestra en la Fig. 1. Se evidencia en esta curva cómo con elevadas cantidades de agua de amasado, la resistencia decrece, pues al evaporarse el agua sobrante de la hidratación del cemento queda un volumen elevado de poros que también hacen decrecer la resistencia. Asimismo, si el agua es escasa, no puede compactarse adecuadamente el concreto quedando un gran volumen de poros en su interior, lo que también disminuye la resistencia.

Cabe destacar que el método de compactación igualmente influye en este caso, pues concretos vibrados difieren absolutamente de los compactados a mano, donde estos últimos presentan mayor volumen de huecos y por tanto disminuye considerablemente la

resistencia respecto a los primeros.

Lo anterior no refiere a que sea ésta la única curva que explique este fenómeno, pues es muy importante tomar en cuenta que igualmente incide en la resistencia el tipo de cemento empleado. En estos casos, la curva dejará de tener forma de hipérbola para acercarse a una recta, tal y como se evidencia de la gráfica de la Fig. 2. Análisis del que se desprende que a mayor contenido de cemento, lógicamente se eleva la cantidad de pasta y su trabajabilidad, por lo que con una adecuada compactación se reducirá el volumen de poros y aumentará la resistencia.

Conviene entonces pensar que no se referiría solamente en este aspecto al contenido del cemento, sino también a algunas propiedades de este material que de la misma manera estarían influenciando en los niveles de resistencia. Se refiere en este caso al tipo y calidad, al grado de hidratación, a sus propiedades químicas y físicas, a la temperatura de hidratación, e incluso a las posibles fisuras que puedan aparecer como resultado del fenómeno de exudación.

La Ley de Duff Abrams lo atiende por su parte cuando deja ver

en la Expresión 2 las constantes empíricas  $K_1$  y  $K_2$  (dependientes de la calidad y tipo de cemento). Se establece que para los mismos materiales y condiciones de ensayo, la resistencia del concreto compactado totalmente a una edad determinada, depende solamente de la relación a/c utilizada en la mezcla.

$$f_c = \frac{K_1}{K_2^{a/c}} \quad (2)$$

### Características de los materiales componentes de la mezcla

Los materiales que componen la mezcla, en general tienen que cumplir determinadas exigencias para satisfacer los requisitos de calidad que debe tener el concreto. En este sentido puede afirmarse que no existe una mezcla única de concreto; más bien ésta deberá diseñarse en dependencia de algunas especificaciones como la resistencia exigida por proyecto, las acciones a las que va a estar sometido el elemento, y las particularidades de la colocación en obra.

En primer término, los agregados tienen una influencia decisiva en  $f'c$ . No debe olvidarse que su contenido oscila entre un 75 y un 80 % del volumen total del material. Factores inherentes a los agregados que deben ser vigilados son: la resistencia mecánica, el contenido de impurezas, el tipo de superficie de las partículas, la granulometría, la porosidad, y la composición mineralógica.

Un aspecto importante a vigilar en torno a los agregados es el tamaño máximo (TMA). Podría pensarse que con mayores tamaños, hay menor superficie específica, lo que a su vez redundaría en una disminución en la cantidad de agua necesaria para el amasado y por consiguiente en un aumento en la  $f'c$ . Por el contrario, estudios experimentales demuestran que en dependencia de la relación  $a/c$ , se presenta una influencia más o menos negativa del TMA en la resistencia del concreto; es decir, que ésta será mayor si el TMA disminuye. Este efecto se explica dado que, con un menor TMA existe una mayor superficie adherente entre la pasta y el agregado, además de que la pasta puede

deformarse con mayor libertad sin que se produzcan las indeseables microfisuras.

Siguiendo este análisis, puede afirmarse que en los concretos de altas resistencias es conveniente emplear agregados pequeños; del mismo modo que en concretos pobres en cemento es aconsejable utilizar agregados de mayor tamaño. En otras palabras, pueden alcanzarse los valores máximos de resistencia con el empleo de agregados de mayores tamaños según disminuya el contenido de cemento. En la medida que el agregado es más pequeño necesita mayor cantidad de agua y también un elevado consumo de cemento. Además del TMA, también el módulo granulométrico del agregado compuesto tiene influencia en la  $f'c$ , cuya variación se representa en la gráfica de la Fig. 3.

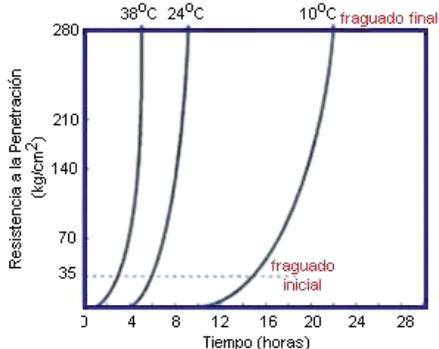
Por su parte, el agua de amasado no debe contener sustancias perjudiciales al concreto, por encima de las establecidas en los códigos. Sustancias como éstas pueden catalogarse a las materias orgánicas, las impurezas disueltas, las materias en suspensión y los residuos industriales.

## Edad del concreto

La influencia de la edad del concreto en su nivel de  $f'c$  se explica conforme pasa el tiempo. Debido a la lenta reacción del agua y el cemento, este material gana en  $f'c$ , cuyos mayores incrementos se producen en las primeras edades. Esta velocidad de endurecimiento depende a su vez de determinados factores entre los que se encuentran: el tipo, calidad y cantidad de cemento utilizado; la presencia de aditivos y sus características; la dosificación del concreto; la temperatura y presión del medio que rodea al concreto, así como las impurezas que puedan presentar los agregados.

Conocer la evolución de la  $f'c$  resulta de suma importancia para poder predecir la resistencia que éste puede tener a los 28 días, respecto a la que posea a los 7 días e incluso, a menor edad. Debido a las distintas variables que intervienen en la evolución de la  $f'c$  con la edad, se hace complejo establecer alguna regla general para su predicción. Esta es la razón que sugiere que debe determinarse la relación resistencias versus tiempo, bajo determinadas condiciones

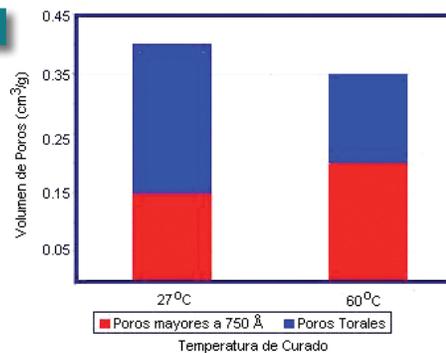
**Fig. 5**



Resistencia de las probetas en función del tiempo de fraguado inicial.

Fuente: Adaptado de Gruas Pauls J. M.; Pons Sánchez A., 2007.

**Fig. 6**



Efecto de la temperatura en la porosidad total y el tamaño de poros.

Fuente: Gruas Pauls J. M., Pons Sánchez A., 2007.



**Nueva Planta Central**  
**Completamente automatizada**  
México, D.F.

[www.cmoctezuma.com.mx](http://www.cmoctezuma.com.mx)

## **Cumplimos 35 años ///**

En Concretos Moctezuma nos hemos dedicado a producir y proveer al mercado de la construcción el mejor concreto premezclado, superando las normas oficiales mexicanas y los estándares internacionales de calidad. La nuestra, es una **historia de éxito que comenzó en 1978** como Latinoamericana de Concretos en el Distrito Federal y que a través del tiempo fue expandiéndose a los principales mercados a nivel nacional. Hoy contamos con más de 50 plantas concreteras y 370 unidades revolvedoras estratégicamente distribuidas en todo el país bajo la marca **Concretos Moctezuma**. Con la tecnología de punta utilizada para la producción de concretos premezclados de alta calidad, en conjunto con el equipo humano más capaz de la industria, nos permite consolidar nuestro liderazgo en innovación. Cumplimos 35 años, los primeros de esta historia, para continuar formando parte de **Un México nuevo en construcción**

ambientales y para cada concreto en particular.

En las mezclas con baja relación  $a/c$ , el concreto gana resistencia más rápidamente que en las mezclas con mayores valores de  $a/c$ , respecto a la resistencia a los 28 días, fenómeno que se presenta debido a la mayor proximidad de los granos de cemento al hidratarse, cuando la relación  $a/c$  es más baja. En este caso, el gel que se forma puede crear un sistema estable con mayor rapidez.

La Fig. 4, muestra las curvas de  $a/c$  comprendidas entre 0.4 y 0.8 para un mismo cemento Portland y en las mismas condiciones de curado.

La literatura especializada refiere que para los cementos Portland sin adiciones, puede suponerse una resistencia a los 7 días que oscila entre el 60 y el 77 % de la resistencia a los 28 días; siendo estas variaciones producidas por la distinta forma de molido de los cementos. Asimismo, en el caso de los cementos con adiciones, estos valores cambian al ser éstos menos activos a corto plazo que los que no tienen adiciones. Se hace necesario entonces realizarle a estos cementos la determinación en el laboratorio de las curvas de evolución de las resistencias con el tiempo para cada concreto; valores que dependerán de las características del clinker, del por ciento y tipo de adición incorporado, y de la relación  $a/c$ .

En general, las resistencias más interesantes son las que se realizan al concreto a los 28 días, pues son éstas las que se especifican para el cálculo estructural; no obstante, por razones de seguridad es conveniente en ocasiones conocer la capacidad resistente de una estructura a edades superiores, así como la ganancia de resistencias a esa edad respecto a la de 28 días.

## Temperatura e higrometría del ambiente de curado

El aumento de la temperatura del concreto, como se conoce, es un estimulante de la reacción del cemento con el agua (hidratación). Cuando el concreto se encuentra en un ambiente con altas temperaturas, tiene una velocidad de endurecimiento mayor. Lo anterior es aprovechado en algunos métodos de curado en los cuales por el aumento artificial de la temperatura del concreto, se logran mejores resistencias del material en períodos cortos.

El tiempo de fraguado del concreto, puede afirmarse que depende de la temperatura de la mezcla, tal y como lo ilustra la gráfica de la Fig. 5. Es común encontrar en la literatura especializada que por cada  $11^{\circ}\text{C}$  de aumento de temperatura, se duplica la velocidad de la reacción entre el cemento y el agua.

Igualmente, la temperatura afecta la naturaleza de la estructura sólida del cemento hidratado, y en particular la naturaleza del sistema poroso. En la medida que el proceso de hidratación avanza, la porosidad de la pasta tiende a disminuir. Al ser acelerada la velocidad de hidratación por la temperatura, en la misma medida se acelerará la disminución de la porosidad. Esto explica el hecho de que a determinada edad, la porosidad de una mezcla a bajas temperaturas es mayor que la porosidad de otra con iguales características, curada a una temperatura mayor.

Por otra parte, la temperatura también afecta la distribución del tamaño de poros en la pasta de cemento. Elevadas temperaturas se asocian con un sistema más pobre; este efecto de la temperatura en la porosidad total y tamaño de poros

(Fig. 6) suele ser de gran importancia por la relación que ello guarda con las resistencias mecánicas y la durabilidad.

Por lo general, el concreto recién terminado de mezclar tiene agua suficiente para que reaccione todo el cemento, pues para una adecuada trabajabilidad de la mezcla, se requiere mayor cantidad de agua que la necesaria para la reacción. Transcurrido cierto tiempo y debido a las pérdidas de agua que se originan por diversas causas, puede faltar el agua para la reacción del cemento; afectándose entonces la  $f'c$ . Por su parte, los factores que pueden contribuir a la pérdida de agua pueden ser: elevadas temperaturas y/o bajas presiones medioambientales; exceso de cemento, medioambiente seco o absorbente, presencia de aditivos, y empleo de cementos con alto calor de hidratación.

En todos los casos, con el curado se suministra la humedad necesaria al concreto para evitar o compensar la pérdida de agua que este sufre; además de que igualmente se consigue reducir el agrietamiento por retracción del material que también afecta la resistencia del concreto.

En la segunda parte se hará referencia al resto de los factores incidentes, entre los que se encuentran: la toma de muestras y el almacenamiento de los especímenes, así como las condiciones del ensayo. **c**

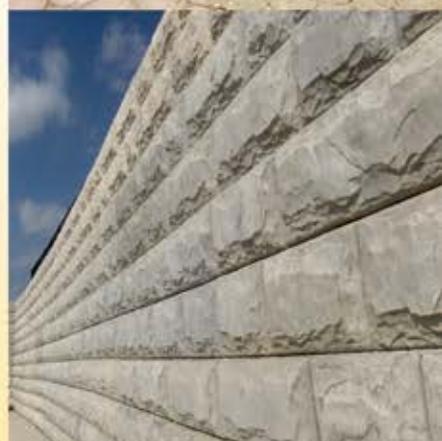
### Referencia

- Aguilar P. M.; Hernández P. J.; Soberano D. L., "El Control del concreto mediante probeta cúbica frente a probeta cilíndrica. Ventajas e inconvenientes. Correlaciones", en *Anales de Construcciones y Materiales Avanzados*, Vol. 6, Curso 2006-2007.
- Gruas P. J. M., Pons S. A., "Análisis crítico de la conservación de probetas en obra y otros factores que influyen en la resistencia", en *Anales de Construcciones y Materiales Avanzados*, Vol. 6, Curso 2006-2007.



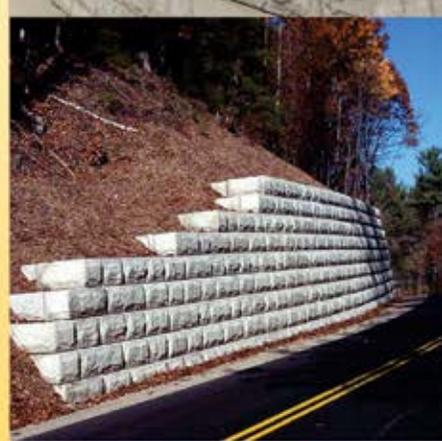
▶ **Muros de Contención**

▶ **“Satisfacción” está escrito en piedra**



▶ **La única cosa más fuerte que nuestras paredes es nuestra reputación**

▶ **Disponibilidad a nivel nacional**



▶ **Sistema de bloques de fácil y rápida instalación**

▶ **Ingeniería aplicada en favor de un producto versátil, resistente y de alta calidad**



[www.temco.mx](http://www.temco.mx)

[ventas@temco.mx](mailto:ventas@temco.mx)

# BURJ KHALIFA:

## Una construcción de **excelencia**

Interesante resulta tocar el tema de uno de los rascacielos más importantes en la historia de la construcción: el Burj Khalifa.

### I. y E. Vidaud

**C**on 2717 pies de altura (828 metros), el Burj Khalifa es el rascacielos más alto del mundo, superando en 319 metros al que hasta el año de 2007 ostentaba el record de altura mundial: el rascacielos Taipei 101, ubicado en la ciudad de Taipei (extremo norte de la isla de Taiwán), que en aquel momento llegó a tener 509 metros de altura distribuidos en 106 niveles.



Burj Khalifa en Dubai.

Fuente: <http://www.hansgrohe.es/1680.htm>

El Burj Khalifa debe su nombre al Jeque y presidente de los Emiratos Árabes Unidos, Jalifa Bin Zayed Al Nahayan y fue construido entre enero del 2004 y enero del 2010, engalanando la ciudad petrolera de Dubái, una de las urbes más importantes de los Emiratos Árabes Unidos, a orillas del Golfo Pérsico.

Se estima que el costo del rascacielos fue de 1,500 millones de dólares. En la obra se utilizaron 330,000 m<sup>3</sup> de concreto, de los cuales 45,000 se usaron en la cimentación de la estructura. También,

se estima que se usaron 39,000 toneladas de barras de acero.

El edificio cuenta con 186 pisos (contando plantas no habitables) con su punto más alto a 768 metros. A partir de ahí, la antena llega hasta la máxima cota. Cabe decir que en los datos generales de esta obra, solamente se mencionan las plantas habitables (162) que llegan hasta los 624 metros.

El Burj Khalifa no surge por falta de espacio habitable en la ciudad de Dubái, se edifica conformando la parte central de un complejo desarrollo conocido como Downtown Burj Khalifa (Centro Burj Khalifa), un barrio de nueva construcción de unos 2 km<sup>2</sup>, situado junto a la avenida principal Sheik Zayed, que atraviesa transversalmente Dubai.

Conocido durante su proceso de construcción como Burj Dubai, el Burj Khalifa fue inaugurado el 4 de enero de 2010, y en él participaron las constructoras Samsung C&T, Arabtec, y BESIX. Las estadísticas confirman que de manera simultánea trabajaron durante su período constructivo más de 12 mil trabajadores de 30 países, de ellos 380 fueron ingenieros y técnicos. Por su parte, el diseñador y creador de esta imponente megaconstrucción fue el arquitecto estadounidense Adrian Smith, que trabajó junto a la firma de Ingeniería y Arquitectura Skidmore, Owings and Merrill (SOM).

Esta maravilla arquitectónica es visible desde 95 kilómetros de distancia. Una idea de su imponente altura puede tenerse al compararlo con el rascacielos más famoso del mundo: el Empire State de Nueva York, que con 431 m de altura (incluyendo su antena) tiene sólo la mitad de altura del Burj Khalifa. Vale la pena destacar lo significativo que resulta que la estructura más alta del mundo no sea una antena o una torre, sino un edificio; algo que no ocurría desde la construcción del Empire State.

El Burj Khalifa no es sólo el rascacielos más alto, sino también la estructura más alta sostenida sin cables, superando a la Torre Nacional de Canadá (CN, por sus siglas en inglés). También es la estructura más alta del mundo, superando a la antena de televisión KVLV-TV de la cadena NBC (casi con 629 m de altura), que se terminó de construir en 1963 en Dakota del Norte, Estados Unidos, y que en 1974 había sido superada por la torre de radio de Varsovia, en Polonia (de casi

646 m de altura). Esta emblemática torre se vino abajo en agosto de 1991, y la KVLV-TV se convirtió nuevamente en la estructura soportada por cables más alta del planeta.

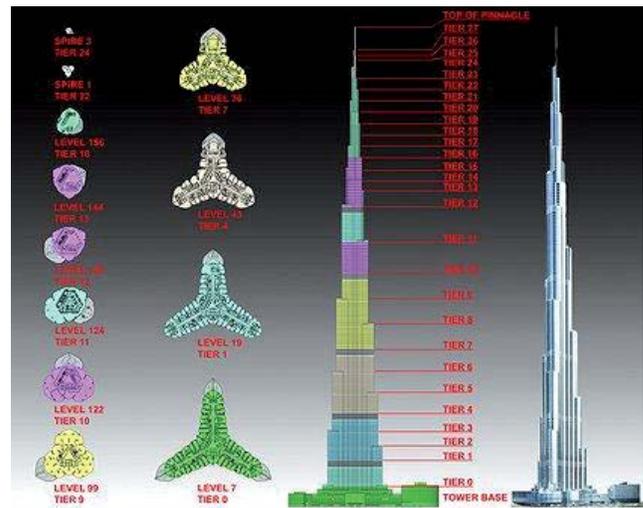
El Burj Khalifa cuenta con 57 ascensores; pesa 500,000 toneladas, y tiene un área total construida de 344,000 m<sup>2</sup>, y está recubierto por más de 28,000 paneles de cristal que cubren aproximadamente 100,000 m<sup>2</sup> de fachada. Su diseño fue inspirado en el proyecto del arquitecto Frank Lloyd Wright; un rascacielos de una milla (1,609 metros) que nunca se concretó y que simulaba armoniosamente la forma geométrica de la *Hymenocallis* blanca, una flor del desierto de seis pétalos que se cultiva en la región. A partir de esta inspiración, la base del Burj Khalifa consiste en una Y, compuesta de arcos basados en los domos de la arquitectura islámica. Esta planta en forma de Y posibilita a los ocupantes del edificio poder explotar al máximo la visual hacia el exterior.



La flor del desierto *Hymenocallis* blanca, que sirvió de inspiración al proyecto arquitectónico.

Fuente: [www.pacificbulbsociety.org/pbswiki/index.php/IsmeneHybrids](http://www.pacificbulbsociety.org/pbswiki/index.php/IsmeneHybrids)

El edificio cuenta en su base con un núcleo central hexagonal y tres secciones laterales que sobresalen de éste. Estas alas o lóbulos laterales son iguales; pero ascienden cada una a distintas alturas, lo que hace que la estructura del edificio se vaya haciendo más estrecha hacia su parte superior. En las "alas" del edificio se encuentran las unidades residenciales y habitaciones de hotel, mientras que en el núcleo central se ubican los ascensores y equipos mecánicos. Este sistema es-



Vista de las plantas del edificio Burj Khalifa. Información del modelado estructural desarrollado con el sistema especializado en cálculo estructural ETABS, versión 8.4.

Fuente: [www.perencanaanstruktur.com/2012/07/william-f.html](http://www.perencanaanstruktur.com/2012/07/william-f.html)

tructural es conocido entre la comunidad de ingenieros calculistas como "núcleo reforzado".

La altura a la que asciende cada sección de las alas forma una escalera en caracol con dirección a la izquierda, que rodea el edificio y puede contrarrestar los fuertes vientos y tormentas de arena de la región. Este diseño fue probado con numerosos ensayos en un túnel de viento, los que sustentaron su adecuado funcionamiento.

A partir del último nivel mecánico del Burj Khalifa (localizado a más de 500 metros de altura), terminan las alas y sólo queda el núcleo del edificio, que se subdivide hasta terminar en una antena, que completa el diseño del edificio que se va haciendo más delgado conforme aumenta la altura. Compuesta por más de 4,000 toneladas de acero, se trata de una antena telescópica, que se construyó dentro del edificio y fue empujada por una bomba hidráulica hasta su altura final.

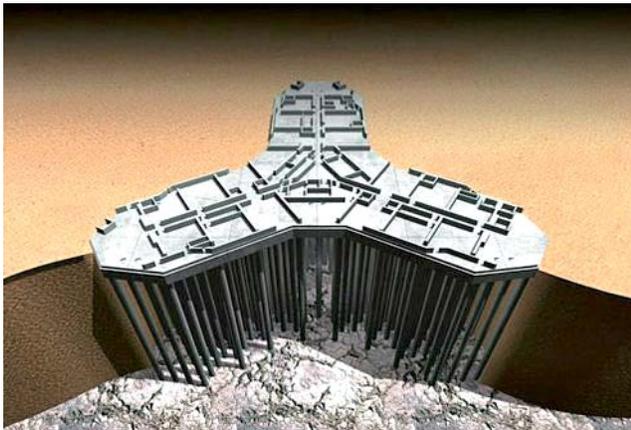
La estructura del edificio (el núcleo y las "alas") está compuesta por concreto armado hasta la planta 156 (586 metros de altura), superando el récord de la estructura de este tipo más alta del mundo, que era de 447 metros (la citada Torre CN). Puede afirmarse que este rascacielos es la estructura en que se ha colocado concreto lanzado a mayor altura en el mundo. Usando bombas de la marca Putzmeister, la compañía Samsung C&T llegó a bombear concreto hasta 606 metros de altura.

A partir del piso 156 las plantas están conformadas de acero, lo que aligera la estructura considerablemente; 31,500 toneladas de acero conforman esta armazón. El 75% de la fachada del edificio, de 11,500 m<sup>2</sup>, está recubierta de vidrio; el 25% restante es de metal.

En febrero de 2004 se inició la construcción de la cimentación del edificio Burj Khalifa, en la que se utilizaron casi 200 pilotes que fueron hincados hasta una profundidad de casi 50 metros, siendo calificada como la cimentación más grande jamás construida, concebida para soportar esta colosal estructura, y que además de los pilotes, consta de una inmensa placa de concreto armado de 3.7 m de espesor; conformada de 12,500 m<sup>3</sup> de concreto.

Su diseño parte de una innovadora tesis, que se soporta en sofisticados estudios geotécnicos y sismo-resistentes. Es esta placa la que a su vez se encuentra soportada por el sistema de pilotes, cada uno de los cuales tiene 1.5 metros de diámetro en su base y 43 metros de longitud. En la cimentación, se utilizaron 45,000 m<sup>3</sup> de concreto, haciendo que ésta tuviera un peso aproximado de 110,000 toneladas.

Asimismo, en la elaboración de los pilotes de fricción se utilizaron mezclas de concreto, en donde se consideraron adiciones minerales sustituyendo parte del contenido de cemento: 25% de cenizas volantes y 7% de humo de sílice.



Representación de la cimentación del edificio Burj Khalifa.

Fuente: [www.jmhdezhdz.com/2011/04/burj-khalifa-dubai-supertall-som.html](http://www.jmhdezhdz.com/2011/04/burj-khalifa-dubai-supertall-som.html)

El diseño estructural de concreto armado del edificio, se realizó siguiendo los estándares del ACI 318-02, así como las especificaciones para el acero estructural que se establecen en el American Institute of Steel Construction (AISC, por sus siglas en inglés) de

1999. El proceso de análisis estructural además de las acciones gravitacionales, evaluó los estados de carga de viento y sismo, elaborándose para ello un modelo tridimensional de elementos finitos a estudiarse en el sistema automatizado de cálculo estructural ETABS, en su versión 8.4.

Según las referencias consultadas, la evaluación dinámica del modelo arrojó que los periodos de la edificación, en las dos direcciones ortogonales y en torsión, fueron de 11.3 (período fundamental de vibración), 10.2 y 4.3 segundos, respectivamente. Para el análisis se consideró el Universal Building Code (UBC), de donde se consideró la zona sísmica 2a (bajo riesgo sísmico), con un coeficiente sísmico de 0.15. El análisis incluyó la realización de un estudio de peligrosidad sísmica, en donde se evaluaron espectros de respuesta obtenidos en sitios específicos, y su respuesta ante el sismo de diseño.

En general, las acciones sísmicas no gobernaron el proceso de diseño de la estructura principal (en la antena existente en la cima de la edificación, sí prevalecieron las acciones sísmicas en el diseño), pues las acciones que prevalecieron fueron las de viento. En este caso, los estudios obtenidos experimentalmente a nivel de laboratorio en un túnel de viento, reportaron desplazamientos horizontales en la parte superior de la estructura principal de aproximadamente 1.5 m, magnitud que resulta tolerable, de acuerdo a lo recomendado.

En este caso, los múltiples y sofisticados estudios desarrollados en el túnel de viento permitieron concebir una estructura eólico-resistente eficiente, en donde los aspectos asociados a la gran altura y esbeltez de la edificación, fueron atenuados por medio del diseño de una estructuración eficiente, tanto en planta, como en elevación.

El Burj Khalifa cuenta con siete niveles mecánicos localizados cada 30 pisos, en donde se sitúa la maquinaria que rige los sistemas del edificio, tales como: estaciones eléctricas, tanques y bombas de agua, y demás sistemas esenciales para su funcionamiento. Estos niveles pueden distinguirse en la fachada, pues poseen un tipo de revestimiento diferente; así como una mayor altura, respecto a los demás niveles de la edificación.

Un elemento fundamental en la construcción fue la seguridad ante cualquier imprevisto. El Burj Khalifa cuenta con elevadores de seguridad en caso de incendio, con capacidad de 5 toneladas. Para estos casos también existen habitaciones de seguridad, localizadas cada 25 pisos y dotadas de aire presurizado.

Dentro del Burj Khalifa se encuentra el primer hotel de la cadena ARMANI, el cual está localizado en los primeros 39 niveles. Los pisos habitables son 160, de

los cuales 49 están destinados a oficinas y 61 a departamentos. También incluye una terraza-mirador que ofrece una visión de 360 grados de la ciudad a 442 metros de altura (planta 124), y oficinas en el resto de los niveles hasta el 156. Los elevadores panorámicos se trasladan a velocidades de 10 m/s, y los interio-



Acceso principal al hotel.

Fuente: <http://citibank-mead-alumni.com/group-events>

res a 18 (m/s). Se afirma que éstos recorren la mayor distancia en el mundo (504 metros).

## Colofón de interiorismo

El diseño de los interiores del rascacielos corrió a cargo de la diseñadora Nada Andric, al frente de la firma de arquitectos SOM. En este caso se combinaron perfectamente el uso del vidrio, acero inoxidable, piedras pulidas, paredes estucadas, texturas artesanales y pisos de roca, todo inspirado en la cultural local. Cabe decir que más de de mil obras de arte seleccionadas con elegancia y sobriedad, adornan el edificio y sus alrededores. c

### Referencias:

C. (Raj) Sundararajan, PhD., MASCE, FASME, "Structural engineering of world's tallest building Burj Khalifa (Dubai)", PDHengineer.com, Course S-2002.



**SMIE**

Sociedad Mexicana de  
Ingeniería Estructural, A.C.

# Simposio Nacional sobre Ingeniería Estructural en la Vivienda y Curso de Edificaciones de Mampostería

3 al 5 de Octubre de 2013  
Hotel Camino Real Angelópolis  
Puebla, Puebla

Por una Mayor Seguridad Estructural de la Vivienda en México

**Curso de Edificaciones de Mampostería**  
**Ponentes Internacionales**  
**Conferencias Magistrales**  
**Mesas Redondas**  
**Taller de Construcción**

**Visita a la Planta de Novaceramic**  
**Exposición Técnica Comercial**  
**Cena de Gala**  
**Premio a la Ingeniería Estructural en la Vivienda**



### Informes e Inscripciones

At'n: Sra. Ana María Nasser Farías  
Camino a Santa Teresa No. 187,  
Col. Parques del Pedregal,  
Delegación Tlalpan 14010, México D.F.  
Tel/Fax: (55) 5528 5975, 5665 9784  
Correo-e: [smie1@prodigy.net.mx](mailto:smie1@prodigy.net.mx)  
[www.smie.org.mx](http://www.smie.org.mx)

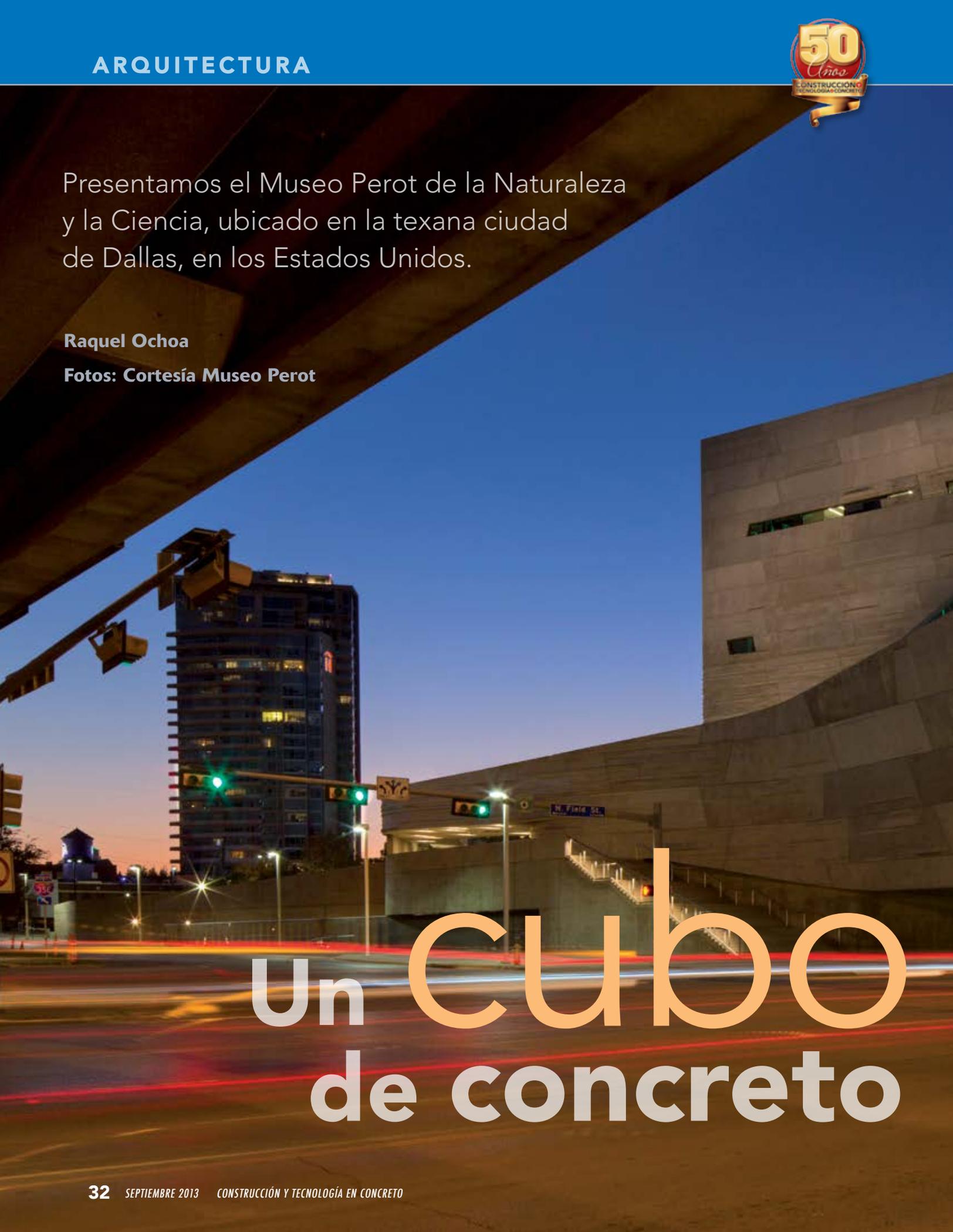
### Patrocinadores:



Presentamos el Museo Perot de la Naturaleza y la Ciencia, ubicado en la texana ciudad de Dallas, en los Estados Unidos.

Raquel Ochoa

Fotos: Cortesía Museo Perot



# Un cubo de concreto



# corrugado

**R**elación y encuentro de minerales y formas que producen la monumental e inquietante obra de arquitectura inmersiva; es el Museo Perot de la Naturaleza y la Ciencia. Un cubo de piel corrugada de concreto gris, que emerge de la estepa ondulante de Dallas, Texas.

Un nuevo huésped invita tentador a penetrar en su "mundo de maravillas", es el Museo Perot de la Naturaleza y la Ciencia, inaugurado el primero de diciembre de

2012. Con extraordinario dominio de la arquitectura inmersiva, el famoso arquitecto Thom Mayne y su firma *Morphosis Architects*, incita a incorporarse al mundo de los sistemas y sus conexiones. Paso a paso en una extensión de 16,722 metros cuadrados –entre geología, clima, ecología, salud, fósiles, aves, automóviles y tecnología–, es posible recorrer los pasillos que descubren el rostro oculto, misterioso y desconocido de la vida y la evolución.

La tendencia actual por la construcción o remodelación de

museos a nivel mundial, particularmente en los Estados Unidos de América, no tiene paralelo en la historia del fenómeno museístico. Su transformación de fríos y empolvados templos depositarios del saber, a espacios sociales y culturales interactivos para multitudes, hacen de estos lugares en la actualidad, un referente socio-cultural de la identidad de las ciudades globales.

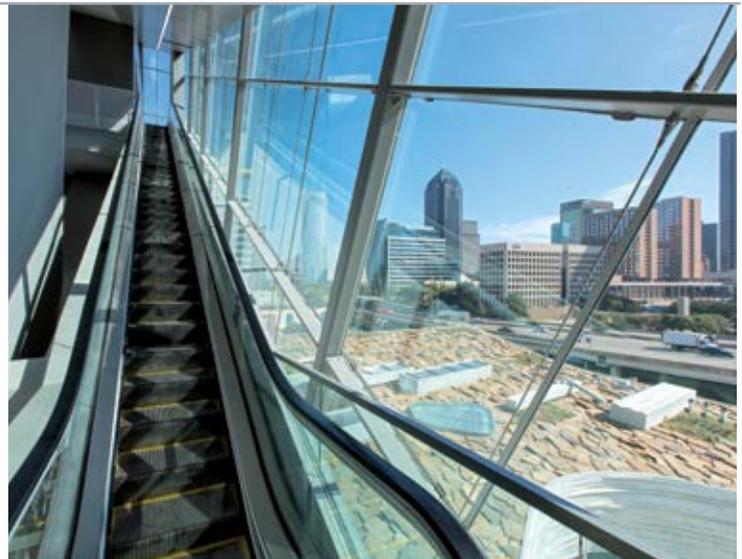
Su concepto arquitectónico, de interiorismo y paisajístico, se identifica con un lenguaje cargado de significación para la humanidad, en tanto su involucramiento real y cotidiano, democratizador de la cultura.

El Museo Perot de la Naturaleza y la Ciencia se erige como un elemento con identidad propia que busca consolidar y enriquecer la vida sociocultural, la conciencia ecológica y la imagen ciudadana de Dallas. En este contexto, La revista *Construcción y Tecnología en Concreto*, tuvo la oportunidad de que Becky Mayad, funcionaria de relaciones con los medios del Museo Perot, brindara valiosa información de este lugar que incita a "inspirar a los visionarios del mañana".

La nueva creación de Thom Mayne y su firma *Morphosis Architects* en combinación con el paisajista *Talley Coy de Talley Asociados*, el Museo de Ciencias de Minnesota y las firmas de diseño Paul Bernhard Exhibit Design y Design Amaze, a decir del propio Mayne, no es más que "la dinámica de procesión espacial creadora de una experiencia visceral que atrapa al visitante, estableciendo una conexión inmediata con la arquitectura inmersiva y el entorno natural del museo".

Este sitio forma parte de un concepto arquitectónico que busca crear nuevas formas que correspondan con la creación de ciuda-





des, con las complejas condiciones de desarrollo y los procesos de evolución en que viven sus habitantes y en general, la humanidad. La solución fue transformar en una estructura coherente la relación dinámica entre materiales e ideas, y alcanzar un diálogo entre arquitectura, interiorismo, paisaje y la convivencia humana, para dar forma a un espacio provocador e interactivo. En síntesis, el museo busca "ampliar el entendimiento individual y social de la Naturaleza y la Ciencia", afirma Thom Mayne.

### Viaje maravilloso

Recorrer sus 11 salas de exposiciones, incluyendo un museo para niños, es dejarse llevar a través de un cosmos sugerente y vertiginoso, que como en un juego infantil o viaje maravilloso, va trazando la ruta a alcanzar, revelando a cada paso nuevas formas de interpretar al mundo y sus creaciones.

Espacios de sensibilización, simulación y reflexión, erigidos con extraordinaria capacidad para asombrar e inducir a la búsqueda del origen y disolución de la vida, convirtiendo a los materiales en lenguajes y conexiones que dan apertura a la comprensión misma del mundo en que vivimos y su transformación.

Y es que, a decir del mismo arquitecto, los museos son "como un instrumento de educación y cambio social, que tienen el potencial de dar forma al cono-

cimiento de los seres humanos y al mundo que los rodea, además de apuntalar la consciencia frente al medioambiente global. En un mundo donde es imprescindible,



para la supervivencia y evolución, la compresión de la interdependencia de los sistemas naturales, los museos dedicados a la naturaleza y la ciencia juegan un papel significativo en la difusión del conocimiento de estos sistemas complejos".

Todo el concepto es como realizar un viaje al centro de la Tierra, al estilo Julio Verne, con el propósito central de reflexionar y continuar la exploración valiéndose de todos los sentidos humanos –tacto, vista, olfato, oído– y la tecnología. Desde competir al lado de un Tyrannosaurus Rex o los grandes atletas, hasta tocar con la mirada los planetas y la historia de la cosmología, pasando por la formación de los procesos geológicos y las grandes innovaciones de la humanidad. Todo bajo el entorno del asombroso mundo de la belleza nativa de Texas.

El concepto fue crear un espacio que sintetizará tres museos –el de Historia Natural de Dallas, el *Science Place* y el Dallas Museo de los niños–, sin dejar pasar el aspecto ecológico. La edificación de este cubo de concreto corrugado, es el resultado de un proceso creativo extremadamente sinuoso y laberíntico, como todos los diseños de Morphosis. Para el creativo, el arquitecto es un negociador entre el mundo interior –el mundo conceptual y de las invenciones–, y el mundo exterior. Incesante explorador de nuevas formas, a través de su cubo de concreto corrugado, instiga a ir hacia donde la trayectoria de la evolución traslada al hombre.

## Prefabricados de concreto corrugado

Día a día, frente a un ciudadano entorno con encanto texano, vibrantes autopistas, edificaciones asimétricas y la acelerada cotidiana

### Datos de interés

**Nombre de la obra:** Museo Perot de la Naturaleza y la Ciencia.

**Ubicación:** Parque de la Victoria en Dallas, Texas, Estados Unidos.

**Año de la obra:** 2012.

**Área construida:** 16,722 m<sup>2</sup>.

**Total de salas:** 11.

**Participantes:** Thom Mayne y su firma Morphosis Architects; Talley Coy de Talley Asociados, Museo de Ciencias de Minnesota; Paul Bernhard Exhibit Design; Design Amaze.

#### Colaboradores:

**Director de tecnología:** Synthesis.

**Arquitecto asociado:** Good Fulton & Farrell.

**Ingeniería estructural:** Datum Engineers.

**Consultor estructural:** John A. Martin Associates, Inc.

**Electricidad y mecánica:** Buro Happold.

**Ingeniería civil:** URS Corporation.



nidad de los habitantes de la urbe edificada en medio del desierto, el espacio en el Parque de la Victoria se transforma. Entre materiales de construcción, plataformas, grúas y un ejército de trabajadores dan forma al cubo de concreto corrugado, concebido como una expansión de la superficie de la Tierra, cual si fuera un objeto que emerge de la naturaleza dentro de la ciudad. Es el Museo de la Naturaleza y la Ciencia, ubicado en Dallas, la tercera metrópoli más poblada de Texas.

El acceso al museo lo define la plaza inclinada, espacio creado por la firma paisajista de Talley Coy. El desafío fue erigir una estrecha relación con el entorno y la estructura arquitectónica; crear un espacio narrativo que parecieran evolucionar de las plataformas tectónicas hasta alcanzar las alturas; envolver la piel corrugada y fusionarse con la estructura misma. La fórmula, una plaza de acceso creada desde el origen propio del museo (la Naturaleza y las Ciencias) integrando en el concepto de la esencia Texana (clima, vegetación nativa, la ciudad y sus habitantes) con el cubo, prolongándose a través de piedras del desierto hasta una terraza. El vestíbulo acristalado con su techo en forma de ola rocosa del desierto, da la bienvenida a los visitantes proporcionando dinamismo y diálogo entre el exterior y el interior.

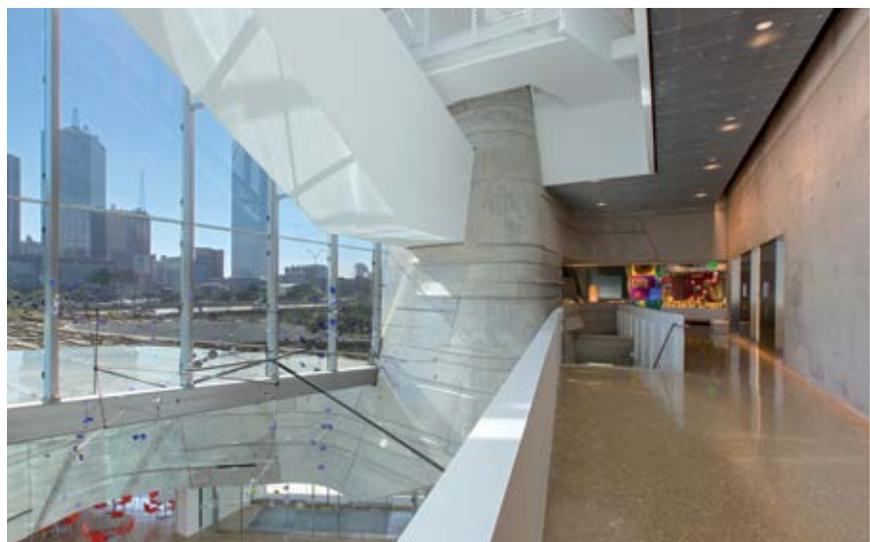
La piel corrugada de los muros exteriores del elemento volumétrico, fue posible gracias al uso de 656 paneles prefabricados de concreto encofrado gris. En tanto, las escaleras mecánicas, encapsuladas en voladizo inclinado –de cristal y acero– surgen cual protuberancia a lo largo de 18 metros sobre el costado sur del elemento volumétrico, permitiendo iluminar y descubrir los secretos del interior de la estructura, al mismo tiempo,



que conectar el interior con la dinámica Dallas.

El Museo Perot es uno de los llamados "Sitios Sostenibles", cuya filosofía es el cuidado del medio ambiente a través del tiempo. El concepto paisajista está diseñado para eliminar sedimentos y la

contaminación procedente del escurrimiento del agua. La captura y reciclaje de las aguas pluviales forman parte del cubo; sus estructuras subterráneas, azotea y estacionamiento, entre otras son utilizadas para la irrigación, enfriamiento y aseo del sitio. **C**





# Una dama rodeada de concreto

La mejora de la calidad de las comunicaciones viales y dar un rostro mejorado a la ciudad de Guadalajara, es un gran reto que se está afrontando.

Texto y fotos: Gregorio B. Mendoza

**M**ejorar la calidad de las comunicaciones viales, y embellecer la ya de por sí bella capital jalisciense, fueron objetivos que se consolidaron gracias a los Juegos Panamericanos que ahí se desarrollaron en años recientes. Sin duda alguna, la justa deportiva dejó como legado una renovación en diversos puntos de la ciudad y el concreto jugó un papel de primer nivel.

## La perla de Occidente

En la actualidad, Guadalajara está inmersa en un proceso de consolidación y desarrollo urbano muy ambicioso; se construyen polos de impulso en el ámbito cultural y educativo; el arte y los deportes han llegado al centro de la agenda pública para ser protagonistas de la nueva configuración de la ciudad.

Evidentemente, para que estas iniciativas queden consolidadas exitosamente y generen en conjunto, un tejido urbano óptimo donde

la movilidad sea favorecida, muchas de sus vialidades principales tuvieron que ser rehabilitadas a través del uso del concreto hidráulico. Lo anterior tiene como propósito central el contar con formas más rápidas, eficientes, durables y seguras de transitar por la capital de Jalisco, una de las urbes más importantes de México; la tercera, en población, para ser exactos.

En una administración anterior, se dio prioridad a la implantación del concreto hidráulico para obras viales y peatonales.

Entre los logros está la creación de 10 kilómetros de ciclovías; la rehabilitación de 84 mil 826 m<sup>2</sup> y, lo más sobresaliente, la rehabilitación y repavimentación de la Glorieta de la Minerva, que inicialmente se contempló tuviera una conversión como pasaje peatonal para los fines de semana, acción que no se consolidó pero que quizás a futuro, pueda llevarse a cabo.

### Una bella dama rodeada de concreto

La importancia de la Glorieta de la Minerva, sin duda, es de primer orden: conecta a las avenidas López Mateos, Vallarta, Agustín Yáñez, Diagonal Golfo de Cortés, y López Cotilla. El aforo vehicular que circula diariamente por esta glorieta es de 323,000 vehículos. Se han invertido más de 35 millones de pesos en esta obra, en la rehabilitación y pavimentación de 10,798 m<sup>2</sup> (7 carriles). Con ello se estima han quedado beneficiados cerca de 6,217 habitantes de modo directo y más de 484,500 indirectos, así como 250 giros comerciales o de servicios que están presentes en las inmediaciones de este emblemático punto.

Adicionalmente, esta obra generó la consolidación de un programa de pavimentación con concreto hidráulico, trabajos de balizamiento y señalética en el que se incluyó la intervención de la Calzada Independencia de Periférico hasta su conclusión en la Barranca de Huentitán, así como tramos de Río Nilo, Héroes Ferrocarrileros, entre otros trabajos.

Cabe recordar que "La Minerva", como se le llama comúnmente, es un monumento representativo de la ciudad de Guadalajara. La glorieta en que se encuentra está considerada como el alma de los tapatíos, punto de encuentro y



celebración colectiva; sede de conciertos, actividades al aire libre y manifestaciones culturales.

Esta fuente es adornada por una estatua de la diosa romana Minerva (Atenea en la cultura helénica), cuya obra se atribuye al escultor Joaquín Arias y fue

realizada durante el periodo de gobierno del licenciado Agustín Yáñez (1953-1959).

La fuente tiene un diámetro de 74 metros. En el centro se localiza un muro de tres metros de alto y veinticinco de largo, y sobre éste, se encuentra posada la estatua



de la Minerva con una medida de ocho metros, de pies a cabeza. El muro lleva la inscripción: "Justicia, sabiduría y fortaleza custodian a esta leal ciudad".

Con este rango de importancia y teniendo claro que era necesario modernizar las vialidades existentes, en marzo de 2011 CEMEX ganó la licitación para repavimentar con concreto hidráulico 21 vialidades de Guadalajara, al haber presentado la oferta más baja de los tres corporativos que en la etapa final del concurso, competían por obtener esa obra. Así lo informó en su momento, el titular de Servicios Municipales, Mauricio Gudiño Coronado.

Dentro del esquema oficial para la intervención, se definió que una parte de los trabajos se desarrollarían antes de los Juegos Panamericanos y posterior a la justa deportiva, el Ayuntamiento de Guadalajara sería el encargado de proseguir con las repavimentación de 12 avenidas más, para cerrar con esto, el programa de 33 vialidades que tenía en su agenda la administración anterior.

## Manos a la obra

Los trabajos comenzaron por las avenidas Washington, Ávila Camacho, Pablo Neruda y Juan Pablo II. Para un mejor desarrollo de los proyectos, los responsables de la magna obra dieron a conocer los detalles técnicos de la misma; las rutas alternas de circulación; los tiempos de ejecución, así como el costo de cada uno de los trabajos.

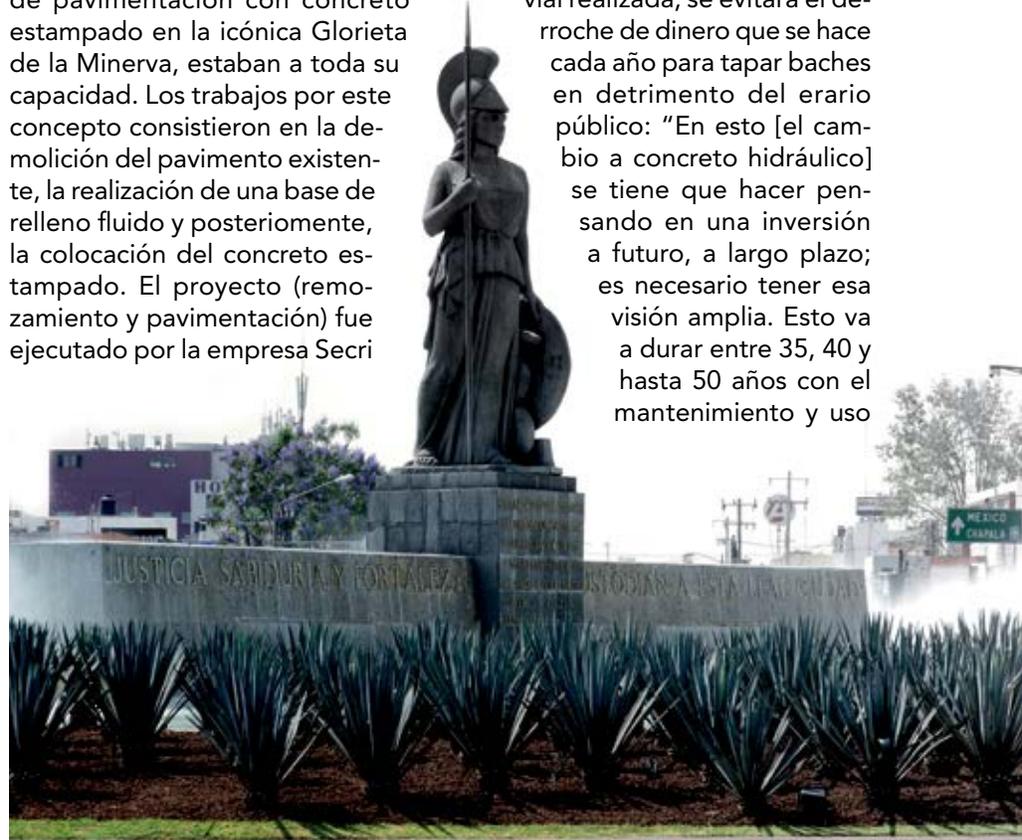
La concientización de los habitantes y las afectaciones necesarias, se habían realizado exitosamente. Era prioritario debido a que la Secretaría de Vialidad y Transporte del Gobierno del Estado de Jalisco autorizó, mediante el permiso correspondiente el cierre

de la Glorieta Minerva a partir del 30 de Julio y hasta el 22 de Septiembre del 2011, para realizar los trabajos iniciales del proyecto.

En agosto de 2012, las obras de pavimentación con concreto estampado en la icónica Glorieta de la Minerva, estaban a toda su capacidad. Los trabajos por este concepto consistieron en la demolición del pavimento existente, la realización de una base de relleno fluido y posteriormente, la colocación del concreto estampado. El proyecto (remozamiento y pavimentación) fue ejecutado por la empresa Secri

Constructora y gestionado por el Consejo de la Zona Metropolitana.

En comunicado, el presidente municipal de Guadalajara, Sandoval Díaz destacó que con esta obra vial realizada, se evitará el derroche de dinero que se hace cada año para tapar baches en detrimento del erario público: "En esto [el cambio a concreto hidráulico] se tiene que hacer pensando en una inversión a futuro, a largo plazo; es necesario tener esa visión amplia. Esto va a durar entre 35, 40 y hasta 50 años con el mantenimiento y uso



### Datos de interés:

**Nombre de la Obra:** Glorieta Minerva. Renovación Urbana Integral de un Ícono de la Ciudad de Guadalajara.

**Ubicación:** Intersección de las avenidas Vallarta, López Mateos, Golfo de Cortés, Circunvalación Agustín Yáñez y López Cotilla. Colonia Arcos Vallarta, Zona 2 Minerva. Guadalajara, Jalisco.

**Superficie de construcción:** 12,601 m<sup>2</sup>.

**Representante de la obra:** Licenciados Mauricio Gudiño Coronado y Bernardo Gutiérrez Navarro.

**Construcción:** Municipio de Guadalajara.

**Proyecto arquitectónico:** Municipio de Guadalajara (Secretaría de Servicios Públicos Municipales y Secretaría de Obras Públicas).

**Diseño estructural:** Municipio de Guadalajara (Secretaría de Servicios Públicos Municipales y Secretaría de Obras Públicas)

**Construcción:** Secri Constructora.

adecuado. Además, con el cambio del sistema constructivo se gana en factores de visibilidad, resistencia, seguridad e imagen urbana para todos los que usamos esta vialidad y también, para manifestar un nuevo rostro enfocado al sector turístico que posee la ciudad”.

Es necesario mencionar que además de los trabajos de pavimentación, fue remodelado el camellón, y el corazón de la Glorieta fue nuevamente acondicionado a través de una intervención paisajística que incluyó una nueva paleta vegetal, que incluyen la presencia de agaves, adecuada al sitio y a las zonas de asoleamiento, al tiempo que se cambiaron líneas de agua y fue instalada la señalización y balizamiento, así como iluminación especial para el monumento y el cuerpo de agua con sus fuentes.

## Disculpe las molestias

Es importante que capitales como la del estado de Jalisco, entre otras más a nivel nacional, le apuesten al uso del concreto hidráulico pues saben, y así lo han manifestado sus gobernantes, que es la mejor opción por diversos factores como: garantizar al conductor el control permanente en la trayectoria de su vehículo y ofrecer menor distancia de frenado; permitir mejoras en el drenaje superficial del pavimento debido al texturizado que poseen; por su color claro, implican menores costos de iluminación y menor fatiga de los conductores al eliminar el deslumbramiento. En la parte ambiental son garantía de afinidad con el medio ambiente al ser 100% reciclables y no requerir de calentamiento para su colocación.

Quizá una de las grandes ventajas que posee esta solución en nuestro país es que se cuenta con gran calidad en la materia prima



ya que existen empresas altamente capacitadas para realizar su colocación de forma correcta y una tendencia ascendente en la comprensión del factor costo/beneficio.

Ésta que es una obra de los tapatíos, es un digno espacio para enaltecer la ciudad, su historia y a

sus mismos habitantes. No estará de más decir, que con este nuevo rostro la glorieta de La Minerva, luce pletórica para deleite de quienes la recorren, pero también puede verse como una señal de que todo cambio bien enfocado es necesario y benéfico, aunque inicialmente pueda parecer lo contrario. **C**



# Una construcción monumental

**Antonieta Valtierra**

**Fotos: Cortesía de Georgia Power.**

En la planta nuclear Vogtle se construye el proyecto de producción eléctrica más grande del estado de Georgia, en los Estados Unidos de Norteamérica.

## Reactor AP1000 Westinghouse

Utiliza varias características avanzadas de seguridad, incluyendo elementos de seguridad pasiva que dependen de la gravedad, de la circulación natural, del gas comprimido y la condensación. Estas fuerzas naturales eliminan la dependencia de los sistemas eléctricos para mantener el combustible fresco y cubierto con agua durante un evento adverso.

**A**ctualmente, la Planta nuclear Vogtle, localizada en los Estados Unidos, envía millones de kilovatios de energía a unos 600,000 hogares y negocios. Sin embargo, con las nuevas Unidades 3 y 4, que entrarán en operación en los años de 2016 y 2017, se pretende aumentar la cifra sustancialmente.

El concreto utilizado en la planta nuclear Vogtle es de grado nuclear, lo que significa que ha superado rigurosos métodos de calificación y fabricación. Fue mezclado, reforzado y construido de acuerdo a estrictos procedimientos; además, fue especialmente diseñado por personal capacitado y con certificaciones especiales para realizar esta actividad.

Para hacer un poco de historia, cabe decir que la compañía norteamericana Georgia Power –la mayor subsidiaria de Southern Company, uno de los principales generadores de electricidad en los Estados



Unidos–, inició en 1971 la planificación de una planta nuclear denominada Vogtle, ubicada en la parte noroeste del estado de Georgia, en el Condado de Burke, junto al río Savannah. En la actualidad, dicha planta ocupa una superficie de 3,100 acres (12,545,254.9 m<sup>2</sup>) y es el proyecto de construcción más grande jamás realizado, en donde actualmente funcionan dos unidades de generación eléctrica. La Unidad 1 comenzó su operación comercial en 1987 y la Unidad 2 en 1989.

A decir de Southern Company, la energía nuclear es confiable, segura y además rentable, porque tiene bajo impacto sobre el medio ambiente. Por esta razón, explora diversas oportunidades para construir nuevas plantas que usen este tipo de energía con el fin de satisfacer las necesidades del futuro, pues se tiene previsto que la población crecerá un 30% para el 2030 en este país vecino del norte.

## La expansión de la planta

Después de varios lustros de haber sido puesta en funciones esta planta, en agosto de 2008 Georgia Power presentó ante la Comisión de Administración Pública del estado una solicitud para la certificación de las Unidades 3 y 4, proyectadas para Vogtle. En marzo de 2009 fue aprobada la concesión para implementar la expansión de la misma, y en abril de 2009 se dio a conocer que las Unidades 3 y 4 de Vogtle serían plantas



## Datos de interés

**Reactores:** AP1000, de la marca Westinghouse Electric Company.

**Islas:** Unidades 3 y 4.

**Capacidad nominal:** 1,117 megawatts por unidad.

**Reactores tipo:** Advance Passive (AP).

**Generadores de las turbinas:** Toshiba.

nucleares con tecnología AP1000 de Westinghouse, referentes en la industria nuclear y las primeras en los Estados Unidos con licencia para operar con dicha tecnología.

Al igual que los dos reactores que operan actualmente en Vogtle desde los años ochentas, en la expansión habrá otros dos reactores –con potencia de 1,154 MW cada uno–, de diseño de nueva generación de Westinghouse. Estos también funcionan con agua presurizada y su tecnología AP 1000 cuenta con la certificación de la Nuclear Regulatory Commission (NRC) para el mercado estadounidense, desde diciembre de 2011. Estas unidades figuran entre las primeras nuevas centrales nucleares construidas en ese país en más de 30 años que suministrarán energía limpia y confiable para sus clientes por varias décadas.

La Autorización Previa Temprana (ESP, por sus siglas en inglés) y la Autorización de Trabajo Limited (LWA, por sus siglas en inglés) emitidas por la NRC, fueron recibidas en agosto de 2009. Para febrero de 2012 ésta Comisión emitió las licencias de construcción y de funcionamiento (COL, por sus siglas en inglés) para las unidades 3 y 4 de la mencionada planta.

A partir de entonces comenzó el proceso de construcción. El proyecto contempla que la Unidad 3 comenzará su operación comercial en 2016; mientras que la Unidad 4 hasta 2017. En cuanto a las obras de construcción de cimientos y conducción de agua, estuvieron a cargo de la empresa constructora Shaw, quien inició con anterioridad dichos trabajos.

## Acerca de la planta de Vogtle

### Propietarios y porcentajes de participación:

Georgia Power 45.7%

Oglethorpe Power Company 30.0%

**Municipal Electric Authority of Georgia:** 22.7%

**Dalton Utilities:** 1.6%

**Operador:** Southern Nuclear Operating Company.

## Avance de obra al segundo trimestre de 2013

De acuerdo a un reporte de avance de obra, en marzo de 2013 la construcción estaba completada en un tercio, con la conclusión de la colocación del concreto estructural en toda la superficie de la isla nuclear en la Unidad 3, que forma la base para proseguir con la colocación de componentes principales dentro de la isla.

El basamento de concreto tiene 1.83 m de espesor. Contiene 11 mil toneladas de barras de acero, y casi 6,500 m<sup>3</sup> de concreto grado nuclear el cual fue vertido en 41 horas, siempre cuidando el cumplimiento de los requerimientos necesarios de calidad, con el fin de cubrir la zona de 77.42 m de largo y 49.07 m de ancho (su sección más amplia), que forman la base para la estructura de contención (CR10), el cabezal y la construcción del escudo. Aquí será colocado el primero de los nuevos reactores AP1000 en la planta.

Debido al compromiso respecto a la seguridad que Georgia Power tiene, se han establecido estrictos estándares en la preparación de todas las actividades, de modo que la planificación de este proceso fue tan estricta, que se construyó una obra falsa para simular la colocación del concreto antes de que realmente se iniciara el proceso constructivo. Los meses de planificación y preparación detallada fueron claves para el éxito de este importante suceso.

El primer módulo importante que se fijó dentro de la isla fue el Módulo CR10 o "cuna", trabajo realizado

mediante una grúa/montacargas de enormes dimensiones instalada en el sitio, que se elevó y colocó en su sitio definitivo en abril pasado. Esta estructura de contención pesa 460 toneladas y soportará la cabeza del núcleo. Cabe destacar el extenuante trabajo previo realizado para asegurar que todo se diera correctamente, y que el ascenso se llevara a cabo de manera segura, ya que para mover una estructura como ésta, fue necesario un plan de manipulación estrictamente estudiado y supervisado.

El peso tuvo que ser igualado para asegurar que no hubiera esfuerzos opuestos sobre los elementos individuales de la estructura al momento de ser levantada, movida y colocada. Posteriormente, se procedió a anclar el CR10 a la cimentación de concreto, e instalar barras de refuerzo y concreto adicional para estar en condiciones de recibir la cabeza de la Unidad 3.

Otro de los gigantescos componentes es el Candelero de Contención de la Cabeza inferior (Containment Vessel Bottom Head). Se trata de un enorme recipiente cilíndrico de acero que albergará al reactor. Fue construido en planta y es similar a un cuenco cóncavo con centro hueco, con un diámetro de 39.62 m, casi 11.58 m de altura y más de 900 toneladas de peso. Para su fabricación fueron utilizadas 1,300 piezas de acero de 1.6 a 1.8 pulgadas de espesor y fue necesario que, de manera conjunta, varias cuadrillas de trabajadores soldarán en sitio el contenedor. Es pertinente mencionar que la estructura fue fabricada por CB&I, una de las compañías más grandes del mundo que provee servicios de ingeniería y construcción.

En comunicado de presa de Southern Co., el vicepresidente de desarrollo nuclear de Georgia Power, Buzz Miller, expresó: "Este momento histórico marca otro hito importante del proyecto de ampliación en Vogtle, y refleja el enorme progreso que hemos hecho en el lugar. Estamos orgullosos de este logro y de todo el trabajo extenuante y la colaboración que hizo posible el suceso. Este fue el resultado de un esfuerzo de equipo que incluyó a Georgia Power, Southern Nuclear, CB&I, Westinghouse Electric Company y los copropietarios Oglethorpe Power Corp., la autoridad Eléctrica Municipal de Georgia y Dalton Utilities".

El costo estimado para la expansión de la planta, que lleva en homenaje el nombre de Alvin W. Vogtle, Jr., ex presidente fallecido de la junta directiva de Southern Company, se estima en 14 mil mdd y dará empleo a unas cinco mil personas en el momento de más actividad en las obras. El proyecto cuenta con un préstamo federal de 8,300 mdd. Al 31 de diciembre de 2012 el total invertido era de 2,2 mil mdd.



# En Azul Concretos Te Acompañamos, toda la vida.

**01 800 2926 226**

**Venta de Concreto Premezclado  
y Servicio de bombeo.**

atención inmediata y personalizada:  
Call\_center @ azulconcretos.com.mx



“Juntos visualizamos tu proyecto”  
#SomosAzulConcretos



## Torres y paisaje

Desde grandes distancias pueden verse las torres gemelas de 167 m de altura (con gruesos muros de concreto y acero de 1.22 m de espesor); una de sus funciones es proteger el medio ambiente de la radiación; otra, liberar vapor de agua no radiactivo como parte del proceso de enfriamiento de la central eléctrica. Para 2017 que entren en funcionamiento las Unidades 3 y 4, serán 4 torres las que se vislumbren en el horizonte.

En cuanto a aspectos de seguridad en la operación, cerca de 900 personas entre ingenieros, mecánicos, operadores de control, técnicos de laboratorio y de instrumentos de control, electricistas y agentes de seguridad, entre otros, supervisan la operación de la planta 24 horas al día, los siete días de la semana. Todo el tiempo los inspectores de la NRC vigilan la planta para asegurarse de que se mantenga y opere de manera segura, eficaz y de acuerdo con los procedimientos nucleares operativos establecidos.

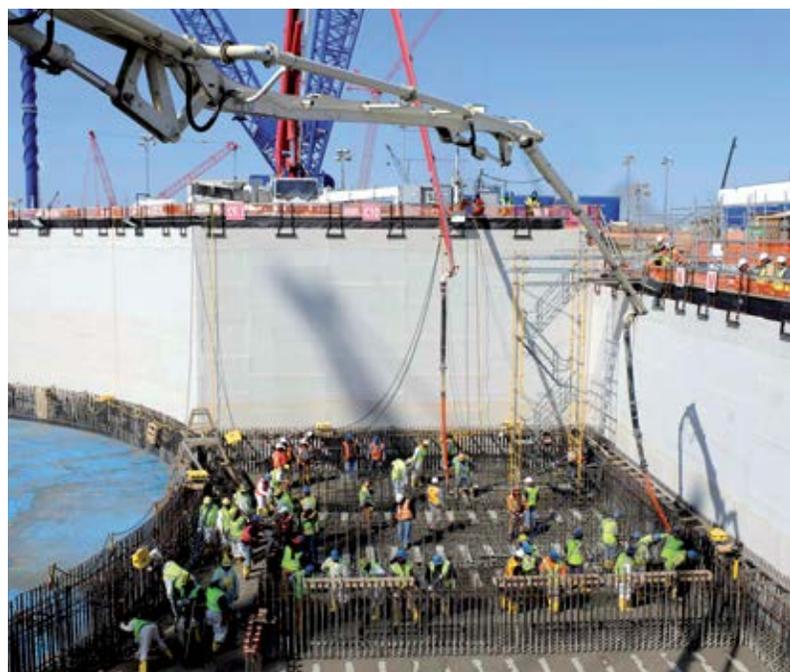
## Protección de flora y fauna

La planta está ubicada en una zona rural por lo que fueron implementados programas de gestión que mejoran el hábitat de especies como aves distintivas como el pavo salvaje. Por otro lado, más de 600 hectáreas han sido replantadas con pino de hoja larga endémica. La administración de la planta también participa en los

## ¿Qué es la NRC?

La Comisión Reguladora Nuclear (NRC) es una agencia independiente del gobierno federal de los Estados Unidos. La agencia está dirigida por cinco comisionados nombrados por el presidente de esa nación, y confirmados por el Senado. En todas las plantas de energía nuclear del vecino país del norte, existen inspectores de la NRC que supervisan las operaciones diarias de cada planta. Si una central nuclear no está funcionando de manera segura, la NRC tiene el poder de apagarla hasta que mejore sus prácticas de seguridad. La NRC también regula el diseño, ubicación, construcción y operación de todas las nuevas unidades nucleares.

programas locales de educación ambiental y monitoreo al nido del Blue bird. Estos esfuerzos implantados en Vogtle contribuyeron a la certificación como miembro del National Wild Turkey Federation Energy for Wildlife para Southern Company, y fue certificada por el Wildlife Habitat Council en 1993. Asimismo, forma parte de un Acuerdo de Puerto Seguro del Departamento de Recursos Naturales Federales de Georgia para la protección de pájaro Carpintero copete rojo, una especie en peligro de extinción. Dicho acuerdo asegura que será proporcionado y gestionado un hábitat adecuado para el ave. ©



"Somos tu mejor solución...  
Sin importar el tamaño de tus proyectos"

## CONCRETERAS MÓVILES Y SISTEMAS DE TRANSPORTE



Presentando la Nueva Serie CBV  
"La Mejor del Mercado"



Visítanos en...  
**4 CONGRESO AMCI**  
**EXPOCONCRETO '13**  
Profesionistas de la Industria del Concreto  
del 10 al 12 de Septiembre

Visítanos en...  
Tendencias de la  
Industria de la Construcción  
**imcyc**  
del 25 al 26 de Septiembre

- Produce Concreto Certificado.
- Calcula y controla hasta 20 fórmulas de concreto.
- Capacidad de producción de 4m
- Todo terreno 4 x 4.
- La posición de mando del operador gira 180°.
- Capacidad de descarga en 360°
- Lanza lavado de 150 bars. de presión.
- Visibilidad total del operador y mucho más...

## TRITURACIÓN Y CRIBADO • Reciclaje de Materiales

### RUBBLE MASTER

COMPACT CRUSHING

Plantas de Trituración y  
Cribado Móviles sobre orugas.



Modelos y Capacidad:

- |                        |                         |
|------------------------|-------------------------|
| <b>RM60</b> <b>GO!</b> | <b>RM70</b> <b>GO!</b>  |
| Hasta 50-80 ton/h.     | Hasta 120 ton/h.        |
| <b>RM80</b> <b>GO!</b> | <b>RM100</b> <b>GO!</b> |
| Hasta 160 ton/h.       | Hasta 250 ton/h.        |



## BOMBEO DE CONCRETO



La Mejor Relación Precio-Calidad

**Nuevo!!**  
Única en el mercado  
41mts. 5 brazos  
a precio de 32 mts.  
¡ Se monta en camión  
de 3 ejes (6 x4) !

**41CX-5 140 m<sup>3</sup>/h**

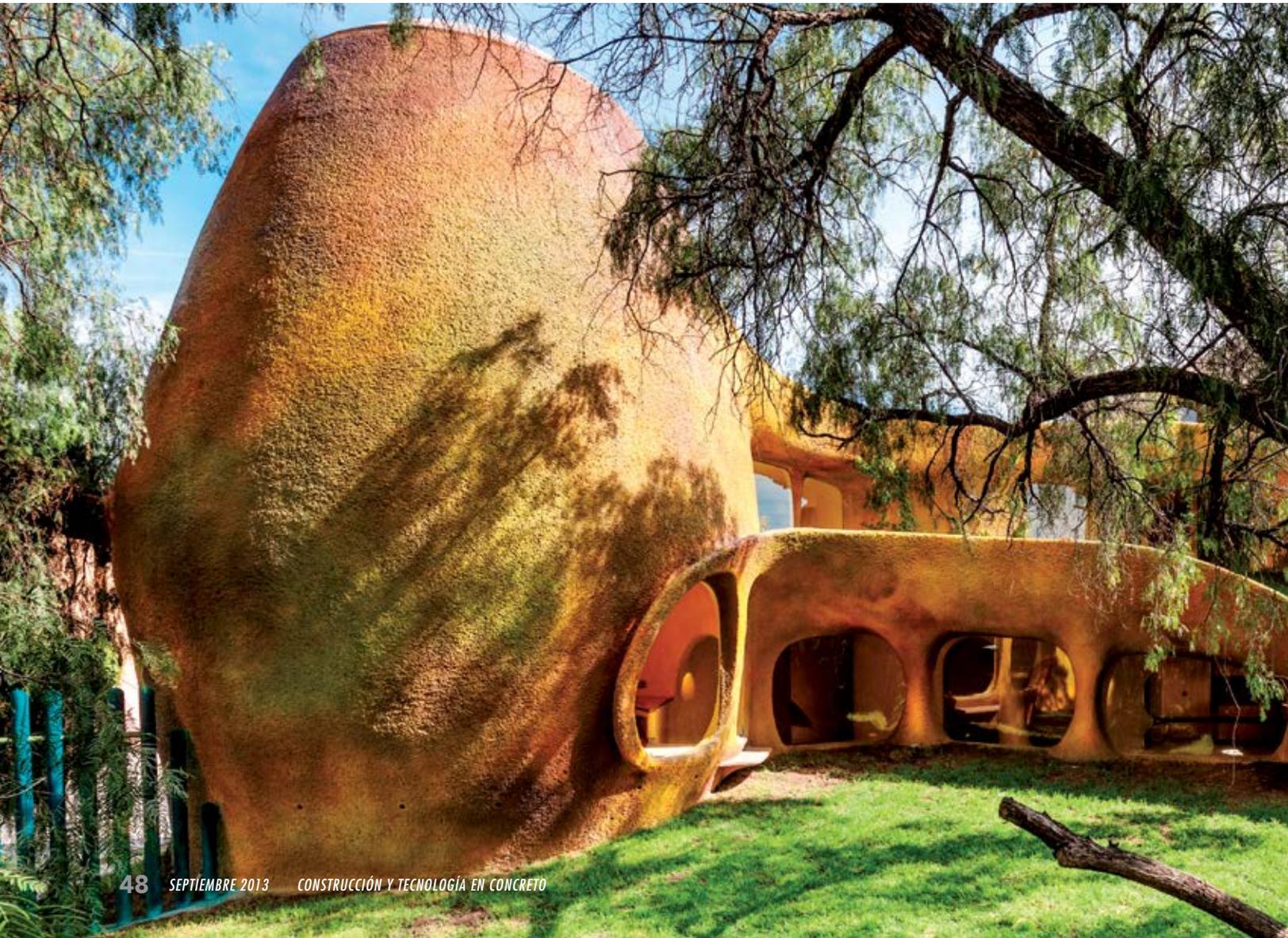
# Ideas en torno a...

Uno de los arquitectos más comprometidos con la Madre tierra es, sin duda alguna, Javier Senosiain.

**Gabriela Celis Navarro**

**Fotos: Cortesía Javier Senosiain.**

**E**l tema de la sustentabilidad es relativamente reciente. En la antigüedad, nuestros antepasados no pensaban en el daño que se le podía estar causando al medio ambiente y al planeta mismo; y si tenía lugar, no resultaba de tal magnitud como en la actualidad por la sencilla razón de que el número de habitantes era mucho menor. Sin embargo, por ejemplo, los investigadores de la época prehispánica han postulado como una de las teorías más aceptadas que culturas tan importantes, como la teotihuacana, desaparecieron por la tala inmoderada de árboles con el fin de producir cal para enlucir sus construcciones.



Así, el agravio a la tierra, sin ponerle el nombre de "sustentabilidad", ha estado presente desde siglos atrás.

En la actualidad, y sobre todo a partir de la segunda mitad del siglo XX, la conciencia de que debemos cuidar y proteger los recursos naturales, y tratar de subsanar lo dañado, es algo que está en la mente de muchos; sobre todo, de los ingenieros, arquitectos y profesionales responsables de diferentes carreras.

En este sentido, un arquitecto mexicano que lleva décadas de estar inmerso no sólo en el mundo de la sustentabilidad y las ecotecnias, sino también en la bioarquitectura, es Javier Senosiain. Dueño de un estilo muy particular inspirado en años de investigación de numerosas cosas, como por ejemplo, en



el hábitat de los animales, Senosiain nos cuenta un poco acerca de su visión de la sustentabilidad, y de otros tópicos.

Acercado de cómo fue su acercamiento con la sustentabilidad, Javier Senosiain comenta: "La sustentabilidad en sí, no se dio de repente, sino de manera paulatina. En mi caso, yo tengo claro el concepto porque hace como 17 años, recuerdo que ya comentaba que para el año 2000 habría una tendencia hacia lo natural y hacia lo humano; eso lo decía en una conferencia. Sin embargo, creo que en los últimos cinco años, el cambio ha sido muy fuerte en cuanto a la conciencia de la gente, ya que, desgraciadamente, se empezó a respirar contaminación, a escuchar contaminación, a sentir contaminación por todos los sentidos, así como al darse cuenta de que la vida se le estaba yendo sólo al transportarte de un lugar a otro y tardar dos horas en hacerlo. Creo que ahí, todos tocamos piso, como se dice; eso no quiere decir que se haya resuelto el problema; pero al menos siempre, el tocar fondo ayuda a que, a mediano y largo plazo, se puedan revertir situaciones provocadas. En el caso de la ciudad de México, no sé cuántos años pasarán para resolver la terrible problemática ambiental; pero al menos como conciencia creo que ya están en los que la habitamos; Creo que los jóvenes están haciendo cambios para mejorar la situación. Lo veo en la Universidad (UNAM), donde doy clases y me presentan en las tesis que dirijo, por ejemplo, planteamientos con ecotecnias y cosas como el uso de energía solar, tratamiento de aguas jabonosas, etc."

Lo malo, expresa el arquitecto Senosiain, es que a veces se toma la ecología como una mera bandera por algunas empresas para lograr sólo fines comerciales. Sin embargo, comenta, "creo que muchas empresas, están ya conscientes y han invertido en acciones en pro de la ecología". En este caso, conviene subrayar la responsabilidad de cementeras como CEMEX, Holcim, Lafarge, Grupo Cementos de Chihuahua, o Corporación Moctezuma,





Foto: Archivo IMCYC.

por generar prácticas ambientales adecuadas para la protección del medio ambiente, y la recuperación, por ejemplo, en el uso de productos alternos para el calentamiento de los hornos, o en la recuperación de sus canteras.

## El ferrocemento

El arquitecto Javier Senosiain es uno de los grandes expertos a nivel mundial en el uso del ferrocemento. En este sentido, buena parte de su obra está desarrollada con este sistema. Por esta razón, le preguntamos su opinión sobre el ferrocemento, desde una perspectiva sustentable.

Al respecto, comenta: "En el despacho y en mi trabajo, hemos usado el ferrocemento en particular por las formas curvas; porque la forma es la que le da la rigidez. El ferrocemento genera una estructura laminar delgada de 3 o 4 cm de espesor, comparado con uno de concreto normal. Quiero aclarar que el ferrocemento no es buen aislante térmico y acústico; sin embargo, cuando lo usamos incluyendo el espesor de la tierra y el pasto, sirve muy bien como aislante térmico y acústico. A veces, para darle más masa térmica y sea más ais-

"LA ARQUITECTURA NO ES SÓLO CREAR ESPACIOS; ES GENERAR OBRAS CONFORTABLES, PLENAS DE CALIDAD Y DONDE LA HUELLA DEL HOMBRE, NO SEA UN MANCHÓN SINO UN LIENZO"

lante, usamos el poliuretano espreado (un plástico); pero es de una pulgada apenas; así, si te vas al volumen que tiene originalmente la materia prima (la cual consiste en dos resinas plásticas que se mezclan), el resultado es que ese poliuretano espreado tiene mucho aire; en sí, el material se reduce 30 veces su espesor. Así, aunque a final de cuentas sea plástico, es mínimo el volumen de la materia prima que se utiliza.

Por esta razón, se ahorra mucho en materiales a final de cuentas, con el ferrocemento".

Además, el arquitecto Senosiain comenta que para casas de interés social y construcciones en general el ferrocemento es estupendo pues es un material económico en comparación con otros. "El ferrocemento nació en 1850 cuando un jardinero francés hizo unos puentes con malla de gallinero; después se hicieron barcos. Después el arquitecto Pier Luigi Nervi lo retomó en 1940 para hacer una bodega y se dio cuenta que el *padre del concreto armado*, era, realmente, el ferrocemento. Como tiene poco acero, pero muy bien repartido, es muy resistente; esa es una de sus grandes cualidades.

Después de Nervi, pasaron varias décadas cuando se comenzó a aprovechar lo que se sabía de los barcos. Se comenzó a usar en lo que se llamaron los países del Tercer Mundo, en Cuba y México. Lo utilizaba cualquier persona porque es muy fácil de trabajar para hacer silos, depósitos de agua y barcos. Eso se vio mucho en Cuba donde se desarrolló mucho la construcción de diferentes obras y objetos con ferrocemento. Los estudios sobre ferrocemento en ese país son notables. Allá se comenzaron a desarrollar una serie de barcos pequeños, que salían más baratos porque no llegaban a la isla los de madera ni los de plástico".

## Lo orgánico

Para Javier Senosiain, la idea más profunda de espacio que tiene el ser humano, es el espacio materno; ese ámbito cerrado y protegido, "que cuida el desarrollo del ser, de ese ser que surge de un espacio

## El ferrocemento

Se trata de un sistema constructivo altamente flexible por lo que se pueden crear las más increíbles formas como bóvedas, muros, tanques, cisternas, entre otros. No se necesita cimbra para generar la obra pues, digamos, tiene integrada su cimbra. Es un sistema de construcción alternativo, donde se usa malla de gallinero en los casos más económicos, que ofrece una manera diferente para diseñar formas libres y funcionales que se adaptan, de manera orgánica, con gran seguridad estructural.

reducido, interior; tan interior que se forma desde adentro hacia afuera”, como lo expresa Gastón Bachelard (*La poética del espacio*). De ese espacio materno primigenio, el arquitecto también parte para desarrollar sus obras, en mucho, recordando cuevas pues, desde tiempos ancestrales, la cueva ha sido para el hombre el espacio más parecido al vientre materno. Pero la inspiración para hacer una arquitectura íntimamente ligada con el cuerpo humano y con la naturaleza, está presente en la obra de Senosiain, también a través del estudio, por ejemplo, de nidos de pájaros, o de los árboles, o de un termitario. La diferencia en este caso, está en los materiales utilizados. Cabe decir que una fuente

más de información para la obra generada por Javier Senosiain es la arquitectura vernácula.

“La casa actual—dice Senosiain— comparada con la caverna, es una jaula de canarios”, ya que una caverna es sólida, abrigadora; en pocas palabras es un don de la naturaleza. La caverna en la prehistoria se convierte en el primer espacio que el ser humano controla para apropiarse de éste. En este sentido, no sólo Senosiain, también otros arquitectos, se han dedicado a reinterpretar la caverna, bajo una perspectiva contemporánea. Arquitectos como Juan O’Gorman, Carlos Lazo o Andre Bloc, por ejemplo.

## Reflexión

La arquitectura no es sólo crear espacios; es generar obras confortables, plenas de calidad y donde la huella del hombre, no sea un manchón sino un lienzo; en este sentido, la forma curva acompañada de los materiales idóneos, ayudan a generar este confort: “Todo se mueve, cambia y evoluciona. El organismo humano se mueve, dentro de todas y cada una de sus células, y cualquier movimiento de cada una de las partes, repercute en el resto del cuerpo. Así, el movimiento del hombre al ir recorriendo los espacios, repercute en su sentir”. Y de eso se trata la vida... de sentir de la mejor manera posible. **C**





# Un puente monumento

Antonieta Valtierra

Fotos: Cortesía IP Santo Domingo, Ayesa México y RECSA.

Los puentes urbanos deben ser diseñados con la aspiración de erigir un monumento que enriquezca la ciudad donde se ubican.



naugurado en los primeros días de abril de 2013, el puente "La Silla" fue construido con recursos del Fondo de Desastres Naturales (Fonden) y del Gobierno Federal. La inversión superó los 106 mdp. Y es una de las obras de mayor importancia para Nuevo León.

El puente "La Silla" está situado en el "KM 66+000, camino Libramiento Norte de Monterrey, sobre el río Santa Catarina a su paso por la ciudad Benito Juárez, en Nuevo León, junto al núcleo urbano de la misma. La construcción de dicha infraestructura forma parte de las mejoras que se hacen en la entidad tras los destrozos causados por el paso del huracán Alex (que cortó el acceso a ciudad Benito Juárez debido al rebasamiento del puente-vado que constituía la entrada principal a la ciudad). Está considerado dentro de los proyectos promovidos por el Sistema de Caminos de Nuevo León para reconstrucción de toda la infraestructura dañada por el huracán en todo el estado. Esta obra hoy día beneficia a 500 mil habitantes de la zona.

## Surge una idea con identidad

La necesidad de restablecer una importante vía de comunicación en la ciudad de Juárez y de dotar de una infraestructura que mejore los servicios y su imagen, marcó la pauta para erigir un Puente Monumento que recordara la cadena montañosa más famosa e imponente de Monterrey, coronada por el Cerro de La Silla, símbolo regionomontano visible desde todos los rincones de la ciudad.

Así surgió el proyecto que contempló la reconstrucción total de la estructura dañada, sin dejar de lado el cumplimiento de los objetivos de satisfacer los requerimientos primordiales viales existentes y de seguridad, incluyendo los elementos que aseguraran su resistencia ante fenómenos meteorológicos de magnitudes mayores a las que se enfrentó con el huracán Alex, además de optimizarla y modernizarla, así como aumentar su capacidad hidráulica. Por otra parte, fue aprovechada la ocasión para generar una obra de alto contenido estético, tanto ingenieril

## Datos sobresalientes:

- 172 metros de longitud.
- 22.60 metros de ancho.
- 4 carriles de circulación.
- 2 banquetas para peatones y bicicletas.
- 1 camellón central de 3 metros de ancho.
- Sistema de desagüe.
- Capacidad hidráulica 5100 m<sup>3</sup>/s.

como arquitectónicamente, con la finalidad de promover la realización de proyectos sustentables y armónicos con el medio ambiente.

La construcción del puente se inició en diciembre de 2011 y terminó en enero de 2013. La obra tiene 172 metros de longitud total medidos a ejes de apoyos de los estribos, y 173 metros de longitud total, distribuida en seis vanos de 18, 26, 32, 24, 42 y 30 metros de longitud.

Este puente fue proyectado con dos carriles por sentido de circulación, con banquetas de 2.50 m de ancho y camellón central de 3 m de ancho, por lo que el ancho total del puente es de 22.60 m. El trazado de la carretera a su paso sobre el río es recto; en alzado presenta unas ligeras pendientes hacia los terraplenes de acceso al puente, de forma que el tablero se sitúa a una altura suficiente para permitir el paso de una avenida extrema de 5,300 m<sup>3</sup>/seg, de acuerdo a los requerimientos solicitados por la Comisión Nacional del Agua (Conagua).



## Objetivos alcanzados:

- Rehabilitación del cauce del río.
- Rescate de espacios verdes.
- Creación de áreas deportivas y de esparcimiento.
- Mejoramiento del paisaje urbano.

## La estructura

El diseño del puente es integral, sin aparatos de apoyo en ninguna de las columnas y sin juntas de dilatación intermedias, razón por la cual para dotarle de flexibilidad longitudinal suficiente, las pilas de cimentación en las columnas se dispusieron en una sola fila.

De esta forma se logró mejorar la calidad de operación de la estructura y se redujo considerablemente el costo de mantenimiento de la misma. Este tipo de diseño confiere al puente la forma monolítica de una escultura de concreto.

El armazón del puente está formado básicamente por una gran trabe central de concreto reforzado y de peralte variable, cuyo perfil rememora la silueta del Cerro de La Silla. La resistencia longitudinal queda garantizada por la gran viga central y parte de la losa volada que forma el tablero del puente. Por su parte, la flexión transversal está asegurada mediante los voladizos aligerados y reforzados mediante un postensado transversal.

La sección transversal del puente está constituida por una trabe central de sección casi triangular con base de 2 m de ancho, y cuyo trazado longitudinal describe un perfil irregular que presenta su máxima altura sobre apoyos y mínima altura en el centro del vano. La trabe está formada por muros de 30 cm de espesor, salvo en su parte central en la que es completamente maciza. Dichos muros están arriostrados entre sí mediante diafragmas ubicados cada 2 m. En la construcción de la trabe se colocó un encofrado perdido de madera en su interior para materializar los aligeramientos.

La losa que sustenta las calzadas y banquetas (de 22.6 m de ancho), tiene peralte variable entre



0.21 m en extremos y 1.21 m en el eje; también está aligerada en su parte central con poliestireno expandido de forma circular de entre 80 y 60 cm de diámetro.

El puente está apoyado sobre estribos que transmiten la carga al terreno mediante 8 pilas de concreto de 1.20 m, que trabajan por punta empotrándose en el sustrato rocoso. Los estribos son cerrados de concreto reforzado, constituidos por un muro de 22.6 m de ancho, de 1.5 m de espesor y 5.90 y 8 m de altura total para el estribo 1 y 2 respectivamente. Sobre éste se apoya el tablero con 3 aparatos deslizantes de neopreno zunchado que sirven de apoyo. La zapata es de 22.6 x 6.90 x 1.75 m.

Las columnas se empotran tanto en el tablero como en su zapata. Están formadas por unos macizos de concreto reforzado de sección rectangular anclada a sus cuatro vértices de 1.5 X 3 m en la base y 4.5 x 9.0 m en el empotramiento con el tablero. La cimentación de las columnas fue profunda con 4 pilas de 1.2 m de diámetro para cada una; trabajan por punta incrustándose en el sustrato rocoso. En cuanto a la zapata es rectangular de 11.4 x 2 m en planta y altura variable entre 1.2 m en bordes y 2 m bajo la columna.

## Innovación en técnicas y procesos constructivos

En la obra fueron promovidas las nuevas tecnologías sustentables, con las que se aseguró la calidad estructural del puente y la prolongación de la vida útil de la estructura, así como reducir los costos de mantenimiento. La tecnología constructiva transformadora utilizada ayudó considerablemente a la ejecución del proyecto, pues con la implementación del concreto reforzado, la eliminación de aparatos de apoyo intermedios y de juntas de dilatación intermedias, el puente es considerado semi-integral.

También fue aplicado un postensado transversal en la losa que permitió alcanzar un mayor vuelo con menores espesores de losa, de manera que fue posible por un lado optimizar el coste y por otro crear una estructura con mayor valor estético y estructural. Otras de las ventajas que provee el diseño estructural de la obra son: la simplicidad constructiva y funcionalidad, mayor seguridad y confort para el usuario, diseño singular y único, así como economía de materiales.

## Aspectos destacados del proyecto

El mejoramiento de las condiciones de accesibilidad al puente y



de la vialidad fue dado con el diseño de amplias vialidades con cuatro carriles para circulación vehicular (dos carriles para cada sentido), además dos banquetas para mayor seguridad y el tránsito libre para peatones y personas con capacidades diferentes, que también funcionan como ciclo-vías.

Uno de los aspectos estéticos de ésta obra es el color, el cual fue logrado al utilizar en la estructura, en muros de estribos, columnas de apoyo, tablero, banquetas, camellón central y guarniciones, un Concreto Profesional Arquitectónico blanco con agregado de mármol (proveído por CEMEX). Los elementos que enfatizan son los barandales que fueron proyectados mediante soportes cada 2 m, con dos tubos de acero y cables de acero inoxidable dispuestos longitudinalmente. Destaca también el mejoramiento de la capacidad hidráulica de la estructura, así como los elementos estructurales que componen el puente vehicular, los cuales cuentan con las características necesarias para soportar las cargas vehiculares de diseño, además de garantizar la operatividad de la vialidad ante cualquier situación meteorológica previsible en el futuro.

### Beneficios a la comunidad

Primeramente la optimización del funcionamiento vial que fue adaptado a las necesidades de tránsito que se presentan en la misma, ya que también fueron implementados los elementos precisos para dotar de un servicio eficiente a la comunidad; lograr disminuir los tiempos en traslados y el aumento de la seguridad para los usuarios. Con el desarrollo del proyecto fue modernizado el trazado vial y los cambios de rasante se suavizaron.

El impacto ambiental se redujo con el mejoramiento del entorno; además se le dio mejor uso a la ocupación del territorio sobre el vado del río. También se modificaron las condiciones naturales por acciones tales como desazolve del



### Normativa utilizada:

- *American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)*, edición 2007.
- *Reglamento para estructuras de concreto reforzado, ACI-318S-05*.
- *Manual CFE*, edición 2008; Viento y Sismo.
- *Normas Técnicas complementarias del RCDF*, edición 2004.

cauce y limpieza de las áreas aledañas al puente. Consecuentemente se generó un impacto visual, resaltado por los valores escénicos y estéticos de la construcción que dieron forma al puente "La Silla".

En cuanto al equipamiento urbano, fue implementada la infraestructura y nomenclatura necesaria para el correcto funcionamiento e integración del puente al entorno. En ambas márgenes del río fueron realizados trabajos de acondicionamiento. La zona de actuación total fue de 300,000 m<sup>2</sup> en la cual, por ejemplo, se proyectaron zonas recreativas, paseos y carriles para bicicletas, los cuales fueron conectados a las banquetas del puente, dándoles continuidad a ambos lados del río. De esta forma se dotó a la ciudad tanto de una infraestructura necesaria—que estará en funcionamiento permanentemente—, como de una futura nueva zona de esparcimiento. ©

# Joven liderazgo

**Texto y fotos: Gregorio Mendoza**

Entrevistamos al actual director de la carrera de Arquitectura de la Universidad La Salle de la Ciudad de México.

**C**on una gran visión y compromiso por la formación académica de los futuros profesionales de la arquitectura, el arquitecto Mario González Garza López es el actual director de carrera de Arquitectura de la Universidad La Salle en la Ciudad de México, un cargo que además de responsabilidad trae consigo muchos objetivos colmados de entusiasmo e ímpetu. La misión: impregnar a la comunidad universitaria de nuevas rutas y exploraciones para el éxito profesional.

## Motivaciones profesionales

Su tía abuela, Lourdes González Garza, fue una de las primeras mujeres arquitectas del país. Poseedora de un gran carácter y sensible a temas muy humanos fue una de las personas más cercanas a él que lo motivó a aproximarse a la arquitectura a través de los dibujos y planos que siempre tenía en su mesa de trabajo y que ella producía cuando nuestro personaje invitado poseía apenas cinco años de edad.

Más tarde, Mario González Garza López se incorporó a diversos grupos de ayuda que visitaban con frecuencia la Sierra Lacandona. Conocer esa realidad lo impresionó; no sólo se trataba de la forma y las condiciones en que las personas vivían, sino la manera en cómo las comunidades se iban integrando a la selva.



Esas fases de su vida lo motivaron a buscar respuestas y analizar cómo era posible que se pudiera vivir en tales condiciones, así decide en su adolescencia estudiar arquitectura renunciando a la tradición familiar de estudiar derecho.

“Siempre, además de estar atento a analizar esas otras realidades, me encantó la lectura, es una actividad que hasta el día de hoy disfruto demasiado. Quizá por ello y por la influencia de mi padre estuve a punto de estudiar la carrera de Derecho; pero la realidad es que al estar con mis amigos me di cuenta que tenía otros intereses como la pintura y escultura siendo así mayor la pasión por las artes que por las leyes. Entonces ingresé a estudiar en la Universidad La Salle. Decidí estudiar ahí porque la institución representaba un universo abierto y flexible en cuanto a la conformación de sus alumnos y sus condiciones sociales (había de todo y esa diversidad me parece valiosa). Pero sin duda también la escogí porque sabía que se encontraba entre las tres mejores instituciones del país”.

En las aulas, el entrevistado se formó bajo la tutela de los maestros Antonio Attolini y José Manuel Mijares, quienes lo marcaron de una manera contundente durante el inicio de su formación académica. Conoció después al arquitecto arq. Óscar Gonsenheim Pailles quien fuera su tutor de tesis y al arq. Salvador Córdoba. Algunos de ellos ya finados, y otros que aún siguen dando clases en la universidad ahora en conjunto con este joven arquitecto. “A todos ellos los respeto mucho por los conocimientos que brindaron, su experiencia y capacidad de enseñar bien; sin duda, fueron ejemplos a seguir y me demostraron claramente que no todos los arquitectos que imparten clases tienen esas cualidades, por ello me resultarán siempre admirables”.

Más tarde realizó un viaje a Nueva York, que lo impactó indudablemente en los objetivos de su quehacer profesional. “El hecho de ver los rascacielos de la ciudad me cambió toda la visión histórica de cómo podían ser las ciudades; fue simplemente una revelación. Un poco después conocí Barcelona; pero sin que fuera algo contundente en temas de ciudad. Indudablemente lo que me llamó la atención fue el trabajo de Antonio Gaudí; su manera particular de comprender la forma, el color, el simbolismo. Son signos de los espacios que me cambiaron totalmente durante mi formación académica”.

En México—recuerda— por aquellos años el arquitecto Teodoro González de León se encontraba realizando el Conservatorio de Música del Centro Nacional de las Artes – CENART (un conjunto diseñado por Ricardo Legorreta). “Esa arquitectura que atestigüé me fue



haciendo más sensible a temas específicos, como el de la visión colectiva de la profesión, el espacio público, etc. En ese momento no creo que hubiera en México una gran construcción en proceso, sino pequeñas obras que me motivaron a seguir para concluir mis estudios”. Así, le llegó la primera oportunidad de involucrarse en la docencia al concluir su maestría en la UNAM.

### Aspiraciones académicas

Invitado por el arquitecto Homero Hernández y Octavio Vázquez a la Universidad La Salle para formar parte de su planta docente, se encontró con el laboratorio de Tectónica y Tecnologías, donde se enfoca al alumno a experimentar con la forma, los procesos y el diseño bajo ciertos pretextos objetivos que no son específicamente un proyecto con tema arquitectónico.

Sobre esto, comentó: “Me pareció interesante la oportunidad porque se trataba de trabajar con expresiones escultóricas que implican análisis y mucha libertad creativa; que dan respuesta a una



Colegio de  
Ingenieros Civiles  
de México A.C.



**27** CONGRESO NACIONAL  
DE INGENIERÍA CIVIL  
COMPROMISO CON MÉXICO

27 al 29 de noviembre 2013 / WTC, Ciudad de México

## INGENIERÍA CIVIL: COMPROMISO CON MÉXICO

| Agua  
| Energía

| Turismo  
| Minería

| Infraestructura del transporte  
| Desarrollo Urbano y de vivienda

Conferencias impartidas por destacados Ingenieros Civiles y expertos invitados.

### PROGRAMA:

26 de Noviembre - Encuentro Académico.  
27 de Noviembre - Inauguración y conferencias técnicas.  
28 de Noviembre - Conferencias técnicas.

29 de Noviembre - Conferencias técnicas y clausura.  
27-29 de Noviembre - Expo Ingeniería Civil 2013.  
27-29 de Noviembre - Actividades socioculturales para acompañante bajo previo registro (cupos limitado)

### CUOTAS DE INSCRIPCIÓN:

Socios del CICM: \$2,000 + IVA

General: \$3,000 + IVA

### EVENTOS PREVIOS AL CONGRESO

**¡Asiste!**  
**Tu participación  
es importante**

### Reuniones Regionales:

26 y 27 de Junio	Culiacán, Sin.	- Región Noroeste
25 de Julio	Zacatecas, Zac.	- Región Noreste
22 de Agosto	Guadalajara, Jal.	- Región Centro - Occidente
27 de Septiembre	Cuernavaca, Mor.	- Región Centro
24 de Octubre	Campeche, Cam.	- Región Sur - Sureste



**27** CONGRESO NACIONAL  
DE INGENIERÍA CIVIL  
COMPROMISO CON MÉXICO

### Informes e Inscripciones en:

#### Colegio de Ingenieros Civiles de México, A.C.

Camino a Santa Teresa 187, Col. Parques del Pedregal, Tlalpan CP  
14010, México D.F | Tel. 5606-2323 | 27congreso@cicm.org.mx  
www.cicm.org.mx

serie de investigaciones que tienen que ver con el entorno y con los fenómenos que surgen de la arquitectura pero que no siempre son espacios construidos. Así, quedé cautivado por la experimentación que se realiza en los laboratorios de la universidad porque además existía en ello un proceso crítico en donde toda la parte científica va aumentando y generando resultados que muchas ocasiones permiten que alumnos de primer y segundo año formen parte de procesos que en otras universidades se imparten en el último año de la carrera. Me pareció interesante además porque nuestros procesos no están alejados a universidades como Columbia, Harvard o la AA de Londres. De este modo, indudablemente me comprometí y me fascinó el ambiente académico”.

En la actualidad, como director de carrera (cargo que asumió hace apenas unos meses) Mario González Garza se da cuenta de todo el trabajo realizado y el valor de todos los profesores de arquitectura que lo acompañan en esta misión. “Creo que quienes damos clases nos comprometemos a mejorar la disciplina y sus profesionales; por ello, me siento afortunado de formar parte de un equipo de trabajo que en años recientes ha transformado la manera en cómo nuestros egresados se aproximan a entender la ciudad y los objetos construidos; se trata de una visión distinta que en gran medida deja espacio para incrementar el talento creativo que ya poseen quienes se forman en esta institución”.

Sin embargo, tomando lo anterior en cuenta, no se confía de la idea de que la juventud lo puede todo. Para él, tener arquitectos con gran trayectoria es fundamental para la formación de los alumnos, ya que tienen una ideología y una forma muy específica de comprender el espacio, de cómo involucrar a los alumnos en trabajar en equipo y sobretodo se refuerza así la idea del desarrollo de proyectos multidisciplinarios. El peso de la experiencia siempre es un bien que debe aquilatarse para lograr objetivos mayores que se ha propuesto cumplir.

Cabe decir que son tres elementos sustanciales los que se encuentra desarrollando como jefe de carrera: 1. Entender la sustentabilidad no como una simple materia para cursar, sino como un entendimiento lógico-conceptual que atraviesa todas las materias de los talleres y diferentes rubros sociales, económicos y ambientales. 2. Involucrar la tecnología; para esto, ha implementado el laboratorio de materiales y nuevas tecnologías debido a la evolución siempre constante de las materias primas de la industria de la construcción y sus cualidades constructivas, tales como el concreto,

el acero, la madera, entre otros; además, promueve la generación de conocimiento vía software y la investigación. 3. Desarrollar proyectos de impacto social; es decir, entender que los proyectos realizados por los alumnos son eficaces y adecuados para ser aplicados porque no pierden de vista la realidad del país y sus entornos específicos.

### Diversificación exitosa

Con esta directriz, Mario González Garza posee la misión de generar un enfoque actualizado y comprometido con los retos de hoy día, manteniéndose en equilibrio con su práctica profesional en su despacho LIV Arquitectura, fundado hace siete años y que se enfoca al desarrollo de proyectos residenciales, espacios comerciales y expositivos; entre otros. Del punto, señala: “Es complicado equilibrar todos los ámbitos profesionales y el familiar que para mí es muy importante; pero tanto en la universidad como en mi despacho me mantiene a flote la fe inquebrantable en mi equipo de trabajo. Disfruto dar clases y diseñar. Sé que indudablemente todo mi equipo tiene siempre una visión de servicio y calidad y eso nos ha permitido alcanzar objetivos y seguir creciendo”.

Actualmente en conjunto con el arquitecto Arturo Chávez desarrolla el Centro Cultural Teotihuacano en el Estado de México y el Centro Cábala en Polanco en la Ciudad de México. Como materiales aliados en su obra destaca el concreto al considerarlo un material dúctil que tiene la capacidad de ser ligero cuando es necesario y expresarse con gran contundencia cuando así se requiere.

“A la fecha nos encontramos implementando concreto con tecnologías holandesas, para lograr espacios que trabajan a una tensión muy específica en elementos como una losa de 10 cm de espesor, algo sumamente ligero. Y en el caso de nuestra obra en Teotihuacán, el concreto actúa como aliado ya que bajo análisis hemos podido lograr que este material nos permita por sus cualidades controlar el clima local para garantizar el confort térmico de los usuarios. Creo firmemente que aún hay una gran cantidad de cualidades del concreto por descubrirse, recientemente he visto concreto que puede iluminarse desde el interior por las características específicas de sus agregados, lo cual trae consigo la reducción del consumo energético de las edificaciones. Esto es un ejemplo, pero sobre este tema habrá que decir que simplemente aún hay mucho que esperar de este material”, expresa. ©



# INFRAESTRUCTURA Y DESARROLLO EN MÉXICO

Somos la primer Revista a nivel nacional que trata diversos temas relacionados con el fascinante mundo de la Infraestructura y Construcción.



## De venta en tiendas de prestigio

- INFRAESTRUCTURA CARRETERA
- INFRAESTRUCTURA URBANA
- INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA
- INFRAESTRUCTURA ENERGÉTICA
- INFRAESTRUCTURA HOSPITALARIA
- MATERIALES
- INFRAESTRUCTURA LOGÍSTICA
- INFRAESTRUCTURA TURÍSTICA
- INFRAESTRUCTURA SUSTENTABLE

Informes: 55 54 5158 56 02 45 75 55 50 08 46

**RaGo**  
Publicidad  
Grupo Rago Publicidad

# Ciudad de Ángeles, Yucatán

Arquitecto reconocido a nivel internacional; crítico y reflexivo, el maestro Enrique Duarte Aznar, reflexiona sobre su ciudad natal y su actualidad, con un trasfondo de sustentabilidad social.



Foto: <http://photos.wikimapia.org>.

## Enrique Duarte Aznar

**E**l municipio de Mérida contaba hacia el 2010 (según cifras del INEGI), con más de 830,000 habitantes. Según la misma fuente, la ciudad capital y su zona conurbada reunían en ese entonces, a cerca de un millón de personas, que en poco menos de 900 km<sup>2</sup> satisfacían en mayor o menor medida posible, sus necesidades de vivienda, trabajo, educación, salud, comercio, recreación y demás exigencias que la vida contemporánea en comunidad puede, o debe ofrecer.

De un par de décadas atrás a la actualidad, y derivado quizás de la globalización económica, el cambio de la figura legal del suelo ejidal y otros factores, la proporción entre la superficie ocupada por



Foto: <http://commondatastorage.googleapis.com>.



viviendas con respecto a aquella destinada al equipamiento urbano y la infraestructura, ha variado sensiblemente en detrimento de esta última.

Este hecho, debido significativamente a la pulverización de grandes superficies de tierra que se comercializan de modo tal que no sean objeto de la aplicación de leyes –presentes al menos desde el *Reglamento Municipal de Construcciones*, publicado en 1978– que obligan a los promotores inmobiliarios a ceder a los ayuntamientos parte de las nuevas superficies disponibles para usos colectivos como escuelas, hospitales, parques y demás elementos indispensables para una vida urbana armónica.

Si bien es cierto que el Estado ha disminuido su actividad promotora de elementos de equipamiento urbano e infraestructura y los Ayuntamientos han tenido diversas dificultades para el manejo de sus

reservas de suelo convirtiéndose muchas de éstas en espacios baldíos, causantes de infinidad de problemas e inconformidades por parte de los vecinos.

La solución no considero que deba ser claudicar en la rectoría que la autoridad puede y debe ejercer en pretensión de democratizar los espacios y servicios públi-



cos suponiendo o pretendiendo con ello que las fuerzas del mercado logren por sí mismas ciudades equilibradas, dado que los promotores inmobiliarios contemplan la atención de necesidades que les son útiles y compatibles con sus propósitos comerciales, dejando de lado aquellas menos atractivas para tales fines, mas no por ello dispensables para la población.

Adicionalmente al equipamiento urbano, el asunto de la planeación, capacidad y aprovechamiento racional de la infraestructura con la que cuenta la ciudad, tanto de redes como de servicios, (energía eléctrica, agua potable, drenaje, transporte urbano, recolección de residuos, etc.) es algo que queda usualmente fuera de la visión de negocio de numerosos promotores inmobiliarios privados; pero que es imperativo que se encuentre presente en la mente de quienes deben determinar y conducir el crecimiento de nuestra ciudad, a fin de atenuar y revertir la expansión anárquica de la superficie edificada para lograr un desarrollo urbano integral en donde sus habitantes puedan encontrar, en calidad, cantidad y oportunidad, los satisfactores que requieran.

Por su parte, el mercado, si bien es cierto que se observa cada vez más conocedor y exigente, aún no se da cuenta en la mayoría de los casos, de la enorme importancia que tiene el verificar de manera

## Acerca del invitado

Enrique Duarte Aznar, experto en arquitectura bioclimática, nació en Mérida Yucatán en 1957. Es arquitecto egresado de la Universidad Iberoamericana de la Ciudad de México, en 1980. Su despacho Duarte Aznar Arquitectos cuenta con más de 25 años de experiencia. Entre sus obras más emblemáticas se encuentran: El Hospital Regional de Alta Especialidad de Mérida; la Academia de Karate Shotokan; el Centro Estatal de Oncología, en Campeche; la rehabilitación del Mercado de Santa Ana, así como la entrada al Walmart Mérida, entre otras.



fehaciente, el cumplimiento de la ley por parte de los oferentes inmobiliarios, quienes deben garantizar que la propiedad en proceso de comercialización forme parte de un desarrollo que cuente o contará con servicios públicos –con la garantía del mantenimiento de los mismos– y que se localiza en una parte de la ciudad con áreas o elementos adecuados y suficientes del equipamiento urbano necesario.

La acción apenas reactiva de las autoridades ante la expansión de la ciudad se traduce, en primera instancia, en una atención deficiente y costosa en cuanto a la infraestructura urbana; sin embargo, lo que es mas grave aún es que nos enfrenta en un corto plazo, a la imposibilidad de encontrar los satisfactores urbanos públicos necesarios por no existir el suelo disponible para su emplazamiento.

Así las cosas, muy pronto no habrá donde construir nuevos hospitales públicos ni nuevas es-

cuelas de gobierno; tampoco se podrá practicar deporte gratuito en otro sitio que no sean las calles. Todas aquellas actividades que el Estado debe brindar o facilitar al ciudadano, desaparecerán por no tener espacio disponible en nuestro mosaico urbano en ciernes. Al parecer, deberá ser la nuestra una ciudad para seres celestiales sin necesidades terrenales. **C**

**Nota:** Este artículo apareció en el *Diario de Yucatán*, el 11 de mayo de 2013. Las imágenes que ilustran el texto, son selección de los editores.



Foto: <http://imgashaek.us>.



# 24 Encuentro Nacional de la Industria del Concreto Premezclado

Cancún

09 AL 12

OCTUBRE  
2013

El 24 Encuentro Nacional de la Industria del Concreto Premezclado AMIC, tendrá como Sede el HOTEL MOON PALACE CANCUN, este cuenta con un excelente servicio; además de instalaciones recientemente remodeladas y listas para recibirnos; este gran hotel albergará nuestra Expo Maquinaria y nuestro Gran Salón de Conferencias y los eventos sociales y recreativos.



**NUESTRO PÚBLICO:** Productores de Concreto, Constructores, Funcionarios de Gobierno, Inversionistas, Emprendedores, Expertos en el Tema, Colegios y Cámaras relacionados con la Industria, Proveedores y Público en General.

- . Actualiza tus conocimientos, nuevas tendencias, información relevante de la industria, ser más eficiente, compartir con el gremio, aprender del concreto y la industria.
- . Aléjate de la vida cotidiana, y date la oportunidad de establecer importantes relaciones comerciales con clientes potenciales para tu empresa.
- . Logra que la gente te recuerde a través de tu Imagen, valores, aportaciones a la Industria, etc.
- .. Participa en el panel de conferencias que hemos preparado para ti con temas como: tendencias económicas del país, eficiencia en la industria, sustentabilidad, generando demanda, las cuales serán impartidas por destacados especialistas entre los que destacan **SAÚL MENDOZA** (medallista paralímpico), **LEO ZUCKERMANN** (analista económico y político), **Robert Garbini** (presidente de NRMCA).

## Atrévete a romper esquemas!!

**SEDE:** Cancún • **RECINTO:** Hotel Moon Palace • **FECHA:** 9 al 12 de Octubre 2013 •  
**HORARIO:** 9am. a 12:00 pm. • **NO. ASISTENTES:** Más de 400 personas •  
**TAMAÑO DE EXPOSICIÓN:** 3500 Mts. 2 • **NO. DE EXPOSITORES:** Más de 50 Empresas Nacionales y Transnacionales.

Estamos listos para servirte: [www.amicp.org.mx](http://www.amicp.org.mx)  
Contacto: LIC. DCV. Lisette Luna Merchand  
[lluna@amicp.org.mx](mailto:lluna@amicp.org.mx) • 0155 521 5271 29 84 • 5272 89 81



rompiendo esquemas!!



- **¿Quién está en la foto?:**  
Arq. Gustavo López Padilla (Realizó un viaje de estudio sobre la calidad urbana y arquitectónica de Manhattan).
- **¿Dónde se encuentra?:**  
"Frente a la fachada del edificio de la Fundación Ford, ubicado en 320 East 43 Rd street en Manhattan, Nueva York. Al fondo se ve el emblemático edificio Chrysler".
- **¿Por qué se tomó una foto en esta obra?:**  
"La Fundación Ford representa una de las obras mejor logradas del movimiento moderno racionalista, con la incorporación de un jardín interior cubierto en la esquina principal del edificio, representando una visionaria e interesante propuesta sustentable".
- **Dato relevante:**  
"El edificio de la Fundación Ford es un proyecto de Kevin E. Roche y John Dinkeloo del año de 1967".



Estimado lector: ¡Queremos conocer tus fotos!  
Mándalas a: [ybravo@mail.imcyc.com](mailto:ybravo@mail.imcyc.com)

## CONCRETO VIRTUAL

Gabriela Celis Navarro

## UNA DE LAS REVISTAS MÁS FAMOSAS



**E**n este 2013 en que nuestra revista cumple 50 años de haber comenzado su publicación, qué mejor que reconocer la labor de otra gran publicación nacida en 1930, la revista francesa *L'architecture d'aujourd'hui*, que fuera fundada y dirigida por el arquitecto organicista André Bloc. A través de su página web (en francés), usted podrá conocer muchos de los temas sobre grandes y pequeñas obras, muchas de ellas realizadas en concreto. Sin duda, revisar esta página es acercarse al mundo de la construcción, no sólo francesa sino mundial. ☺

[www.larchitectureaujourd'hui.fr/en](http://www.larchitectureaujourd'hui.fr/en)



Foto: <http://farm3.staticflickr.com>.

# EL PUENTE DEL DRAGÓN

Gabriela Celis Navarro

**E**n la población de Alcalá de Guadaíra, cerca de la ciudad de Sevilla, en España se encuentra esta interesante obra denominada el "Puente del Dragón", cuya idea fue del artista José Luís Manzanares. Se trata de un puente figurativo con forma de dragón a los pies del bello castillo de Alcalá de Guadaíra.

Para el creador fue toda una aventura y un reto no exento de polémica. Sin embargo, también fue un trabajo fantástico del cual se siente muy orgulloso. Para realizar, en especial la cabeza del mítico animal, se hizo una maqueta de plastilina por parte del artista Alejandro Santaaulia.

Ya en la obra, se utilizó un esqueleto de acero al cual primero, se le colocó poliestireno expandido; se recubrió con concreto y finalmente, con una decoración en colorido trencadís, un poco recordando las sinuosidades de Antonio Gaudí, que dan al puente, sin duda alguna, una forma completamente diferente dotándolo además de un bello significado: es el dragón que cuida el castillo que está en las cercanías. En su totalidad, el puente mide 123 metros de largo. Sin duda, una obra muy original. **C**



Foto: <http://farm3.staticflickr.com>.

## ÍNDICE DE ANUNCIANTES

CONTROLS	2º DE FORROS
IMCYC	3º DE FORROS
HENKEL	4º DE FORROS
COMEX	1
EUCLID	3
EXPO CIHAC	20 Y 21
MOCTEZUMA	25
SUBMARELHER	27
SMIE	31
AZUL CONCRETOS	45
EUROREP	47
CICM	59
IDM	61
AMIC	65