

Noti**creto**

LA REVISTA DE LA TÉCNICA Y LA CONSTRUCCIÓN



ASOCCEM
ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES DE CEMENTO

N° 11
Perú

noti**creto**

LA REVISTA DE LA TÉCNICA Y LA CONSTRUCCIÓN

ESTABILIZACIÓN CON SUELO
CEMENTO PARA LA PLATAFORMA
DE LANZAMIENTO ESPACIAL
ARIANE 6 DEL SUELO AL ESPACIO

ÍCONOS ARQUITECTÓNICOS
PARA RECREACIÓN Y DEPORTE

USO DE 100% DE PREFABRICADOS
DE CONCRETO EN CONSTRUCCIÓN
DE FÁBRICAS

EDICIÓN ESPECIAL

Infraestructura y equipamientos urbanos

UNA PUBLICACIÓN DE

Asocreto
Colombia



7 709995 000479

PERÚ s/. 30

ISSN 0120-8489

Rapimix

¡SOLUCIONES EMBOLSADAS
LISTAS PARA USAR!



70%
MENOS
ESPACIO
OCUPADO

20%
MAYOR
AVANCE

20%
MAYOR
RENDIMIENTO

MÁS RÁPIDO, MÁS PRÁCTICO MÁS AHORRO



Mayor plasticidad y
trabajabilidad.



Menor requerimiento
de mano de obra.



Mayor orden y
limpieza.



PONTE EN CONTACTO CON NOSOTROS:

☎ 0800-1-34666 🌐 cementospacasmayo.com

📱 Descarga el App Pacasmayo Profesional en



PACASMAYO
PROFESIONAL



Organizadores:



SEMINARIO ACI 318-19: Cambios en la norma de diseño del concreto estructural

17 Ene
2020
de 08:00 a 17:00

 **Delfines Hotel &
Convention Center**
Los Eucaliptos 555 - San Isidro



Jack P. Moehle



Stephen Szoke



Luis E. Garcia

DIRIGIDO A: Ingenieros estructurales, redactores de las especificaciones, autoridades competentes, contratistas, arquitectos e inspectores interesados en comprender cómo se ha reorganizado el reglamento y cómo encontrar requisitos de interés rápidamente.

INSCRIPCIONES

Karina Loayza: k.loayza@asocem.org.pe



ASOCEM

Av. Juan de Aliaga 425
Of. 510 - Magdalena del Mar
T. (+511) 281 8177 / (+511) 256 9124
contacto@asocem.org.pe

www.asocem.org.pe

ACI PERÚ

Edificio Lit One Centro Empresarial
Av. José Pardo 434, Piso 16, Miraflores
T. +51 965 446 830

www.aci-peru.org

Noticreto 11

NOVIEMBRE - DICIEMBRE DE 2019

NUESTRA PORTADAColiseo cubierto Movistar Arena
Foto: Prabyc Ingenieros**DIRECTOR ASOCEM**

Carlos Ferraro

COMITÉ EDITORIAL

Susana Kroll, Leslie Saavedra y Asocreto

COORDINACIÓN EDITORIAL
PRODUCCIÓN GRÁFICA
DISEÑO EDITORIAL
Y CORRECCIÓN DE ESTILO**COLABORADORES**

Christian Agnès, Nohora Arbelaez, Marco Borroni, Nicolás Calderón, Diego Andrés Castiblanco, Mariana Castro, Alejandro Char, Olga Chigüazuque, Amilcare Collina, Lili de la Cruz, Andrea Dari, Giorgio Ferrari, Tatiana Franco, Mónica María Gaviria, Carlos Mario Gómez, Jorge González, Gloria Giraldo, Sandra Gracia, Eduardo Hurtado, Carolina Jaramillo, Diego Antonio Jaramillo, Manuel Antonio Lascarro, Tony Lemus, Luis Eduardo León, Ana María Márquez, Juan Diego Moreno, Brian Pailles, Armando Palomino, Carlos Palomino, Diego Prada, Daniel Pereira, Mauricio Reina, José Roper, Gabrielle Taclet, Jorge Enrique Torres, Camilo José Umaña, Roberto Velásquez y Francisco Javier Zapata.

PREPrensa e impresión

LETTERA GRÁFICA

SUSCRIPCIONES

s.kroll@asocem.org.pe



Av. Juan de Aliaga 425 Of. 510 Magdalena del Mar
Teléfonos: (+511) 281 8177
Correo: s.kroll@asocem.org.pe
www.asocem.org.pe



CORTESÍA UNICAL

CARTA EDITORIAL

- 7 El concreto como articulador en la infraestructura
Carlos Ferraro

CONSTRUCCIÓN

- 8 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, PTAR Salitre.
Segunda oportunidad para el río Bogotá
Consortio CEPS

LA REVISTA DE LA TÉCNICA Y LA CONSTRUCCIÓN

ARQUITECTURA

- 12 Muros autoportantes - Celosías prefabricadas en concreto.
Soluciones arquitectónicas de calidad
Eduardo Hurtado

PATOLOGÍA

- 14 Electroquímica y concreto reforzado: Más vida útil para las estructuras
Brian Pailles
- 18 Movistar Arena, Bogotá: Larga vida para los espectáculos
Carlos Palomino

La información, conceptos u opiniones expresados en esta publicación, tanto en los artículos como en las pautas publicitarias, y el uso que se haga de ellos, no representan responsabilidad alguna para Asocreto, Noticreto o Asocem, ni para el autor o su empresa. La información y conceptos deben ser utilizados por las personas interesadas bajo su criterio y responsabilidad. Sin embargo, se entiende que cualquier divergencia con lo publicado constituye un interés para Asocreto y Asocem, por lo cual se agradecerá el envío de las correspondientes sugerencias. Asocreto y Asocem no asumen ningún tipo de responsabilidad por la información que divulguen los anunciantes a través de Noticreto, y por tanto cualquier reclamación relacionada con la calidad, idoneidad y seguridad de los bienes y servicios anunciados en la revista, deberán ser atendidos con cada productor o distribuidor, según corresponda, quedando por tanto Asocreto y Asocem liberados de cualquier responsabilidad que pueda derivarse por causa y/o efecto de la información que se suministre en Noticreto.

La reproducción total o parcial de los artículos de la revista se podrá realizar únicamente con previa autorización escrita de la Asociación Colombiana de Productores de Concreto - ASOCRETO y la Asociación de Productores de Cemento - ASOCEM, citando fuentes, edición y fecha de publicación. Las imágenes tablas y esquemas suministrados por los autores de artículos han sido autorizados por ellos para ser incluidos en la revista.

Publicación de la Asociación Colombiana de Productores de Concreto - ASOCRETO bajo contrato con la Asociación de Productores de Cemento - ASOCEM con carácter técnico e informativo para el sector de la construcción. Resolución Ministerio de Gobierno 00590 del 3 de marzo de 1987 - ISSN 0120-8489. Costo unitario de la revista en Perú s/.30 y en Colombia COP\$18.000 Para información sobre suscripciones comuníquese directamente con ASOCEM.



PREFABRICADOS

24 Prefabricados de concreto en naves industriales. Uso de 100% de prefabricados de concreto en construcción de fábricas
Rodrigo Sciaraffia

SOSTENIBILIDAD

28 De residuo a recurso: ¿El concreto se vuelve más sostenible!
Giorgio Ferrari
Amilcare Collina

30 Una mirada a las formas de producción de vivienda y pavimentos. Informalidad y sostenibilidad
Jorge Enrique Torres

GERENCIA

32 Centros Felicidad: Íconos arquitectónicos para recreación y deporte
Instituto Distrital de Recreación y Deporte (IDRD)

36 Infraestructura educativa: Colegio Bicentenario de la Independencia. El conocimiento se construye en concreto
Secretaría de Educación de Bogotá

CIMENTACIONES

40 Metro de Bogotá: Ahorros y ventajas de las pruebas de carga previas a la construcción
Empresa Metro de Bogotá

ARTE EN CONCRETO

44 Viettel Offsite Studio

DISEÑO

46 Diseño de edificaciones de uso indispensable
Armando Palomino Infante

INTERNACIONAL

52 Instituto Ortopédico Galeazzi - Milán, Italia: Fundiendo una cimentación récord
Andrea Dari

PAVIMENTOS

56 Estabilización con suelo cemento para la plataforma de lanzamiento espacial Ariane 6. Del suelo al espacio
Juan Diego Moreno

MATERIALES

58 Durabilidad del concreto arquitectónico: Ambientes que transforman ciudades
Mariana Castro

RESPONSABILIDAD SOCIAL

62 Espacios de ciudad para todos. Fundación EPM

NOVEDADES

EVENTOS

HUMOR

CAROLINA EN LA OBRA

LA REVISTA DE LA TÉCNICA



CORTESÍA CHRISTIAN UNDO PRAGA Y KONRAD BRUNNER ARQUITECTOS



LA REVISTA DE LA TÉCNICA Y LA CONSTRUCCIÓN

noticias de cemento

La Asociación de Productores de Cemento - ASOCEM es una entidad gremial representativa de la Industria de cemento y productos derivados, en el Perú, cuya finalidad es la promoción y desarrollo de la industria del cemento y derivados, para contribuir con el desarrollo del país.



Av. Juan de Aliaga 425 Of. 510 Magdalena del Mar
Teléfonos: (+511) 281 8177
Correo: s.kroll@asocem.org.pe
www.asocem.org.pe

Nota editorial



El concreto como articulador en la infraestructura

“Estimados lectores,

Repetimos constantemente la importancia del cemento y del concreto en la actividad diaria principalmente en el mundo moderno, y vale la pena resaltar en especial las razones de esta constante reiteración: la falta de reconocimiento integral de las bondades de estos materiales.

En este número de NOTICRETO, presentamos una serie de artículos que nos permiten revisar diferentes obras realizadas en varios países, podemos analizar estas experiencias no sólo desde el punto de vista de la tecnología, ingeniería y métodos de construcción sino reflexionando sobre el gran significado de las obras para la sociedad, es decir, el “para qué” las hacemos.

Con la modernidad y el crecimiento de las ciudades, van apareciendo nuevas necesidades de servicios como son las plantas de tratamiento de agua para abastecer a las ciudades, pero se requiere igualmente plantas de tratamiento de aguas residuales, (PTAR), que tienen especial importancia para contribuir a procesar en forma ordenada y disminuyendo los daños que se pueden generar en la flora y fauna de los ríos, lagos y océanos, cuando se deposita el agua sin tratamiento.

Instalar las plantas, PTAR, en diversas partes de nuestro país es una labor esencial para contribuir a la disminución de la contaminación de los ríos y mares, e indudablemente contribuye a disminuir enfermedades que afectan y mantienen a poblaciones enteras, con altos niveles de anemia, desnutrición y pobreza.

La industria de cemento y concreto utiliza nuevos materiales con criterios de sostenibilidad, resiliencia en el tiempo para enfrentar efectos de cambio climático y al mismo tiempo que pueden resistir los efectos de gases contaminantes, problemas de corrosión que surgen del fierro que pueden afectar las estructuras de las obras y que hacen necesaria una labor de revisión y renovación permanente de la obra pública.

Finalmente, gracias a las características del concreto es posible construir diversas obras de servicio público dedicadas al esparcimiento, y el bienestar de las poblaciones como son hospitales, parques públicos, bibliotecas, teatros, escuelas y universidades.

Encuentro que los artículos que presentamos en este número son muy interesantes y pueden servir de inspiración para realizar obras similares en nuestro país para contribuir al desarrollo e integración.

Trabajemos unidos para lograr que los materiales que proveemos hoy aseguren el desarrollo de nuestro Perú de mañana.”

Carlos Ferraro Rey

Director Ejecutivo

Asociación de Productores de Cemento - ASOCEM



Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, PTAR Salitre

Segunda oportunidad para el río Bogotá

Consorcio CEPS

Fotos: Cortesía de Consorcio CEPS



El Consorcio CEPS gestiona la **expansión** de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales El Salitre, un proyecto clave para mejorar el **sistema de saneamiento de Bogotá** y su entorno.

Foto 1. Construcción de la Fase II.



La **concentración de población** en el área metropolitana de la capital de Colombia ha tenido una incidencia nefasta en el entorno ambiental. El río Bogotá sufre en la actualidad una importante contaminación por la recepción de las aguas negras de sus afluentes Salitre, Fucha y Tunjuelo tras su paso por la capital, que lo convierten en un río muerto¹ en algunos tramos.

Para contribuir a mitigar este problema, la Corporación Autónoma Regional (CAR) de Cundinamarca, departamento en el que se encuentra Bogotá, presentó un concurso público internacional para la ampliación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) El Salitre.

Tras el proceso de licitación y después de obtener la “No Objeción” por parte del Banco Mundial (entidad que financia en gran medida el proyecto), la CAR adjudicó la construcción de las obras para la ampliación y optimización de la planta al Consorcio Expansión PTAR Salitre, del que hacen parte la empresa griega especializada en construcción de grandes infraestructuras Aktor, la firma española líder en el sector Aqualia y la compañía colombiana Cass Constructores.

Una vez terminada, la planta procesará un caudal superior a 600.000 metros cúbicos de agua al día ($m^3/día$) y dará servicio a 3 millones de personas. La ampliación aumentará la capacidad de tratamiento de la planta de los 4 m^3/s actuales, hasta alcanzar 7,1 m^3/s . Además, al tratamiento primario² existente se añadirá un tratamiento secundario³ y una desinfección de las aguas tratadas, así como un manejo especial de los lodos producto del proceso.

Las obras de la PTAR Salitre forman parte del megaproyecto de “Adecuación Hidráulica y Recuperación Ambiental del río Bogotá”, una iniciativa que lleva a cabo la CAR desde 2012, donde adicionalmente, parte del agua tratada se destinará al distrito de riego La Ramada en los municipios cercanos de Cota, Funza, Mosquera y Soacha, garantizando que el agua, ya tratada y desinfectada de la PTAR de El Salitre, se aproveche para usos agrícolas y pecuarios sin riesgo para la salud pública.

En este contexto, una obra de depuración de la magnitud de la PTAR El Salitre supone un avance fundamental en el ejercicio del derecho humano al saneamiento, establecido por las Naciones Unidas como: saludable, limpio, accesible y asequible para todos.

Concreto para llenar 334 piscinas

Recientemente se han finalizado las obras de cimentación y estructuras de la estación de bombeo, desarenadores, clarificadores primarios, reactor biológico, decantadores secundarios, digestores y *box-culverts*.

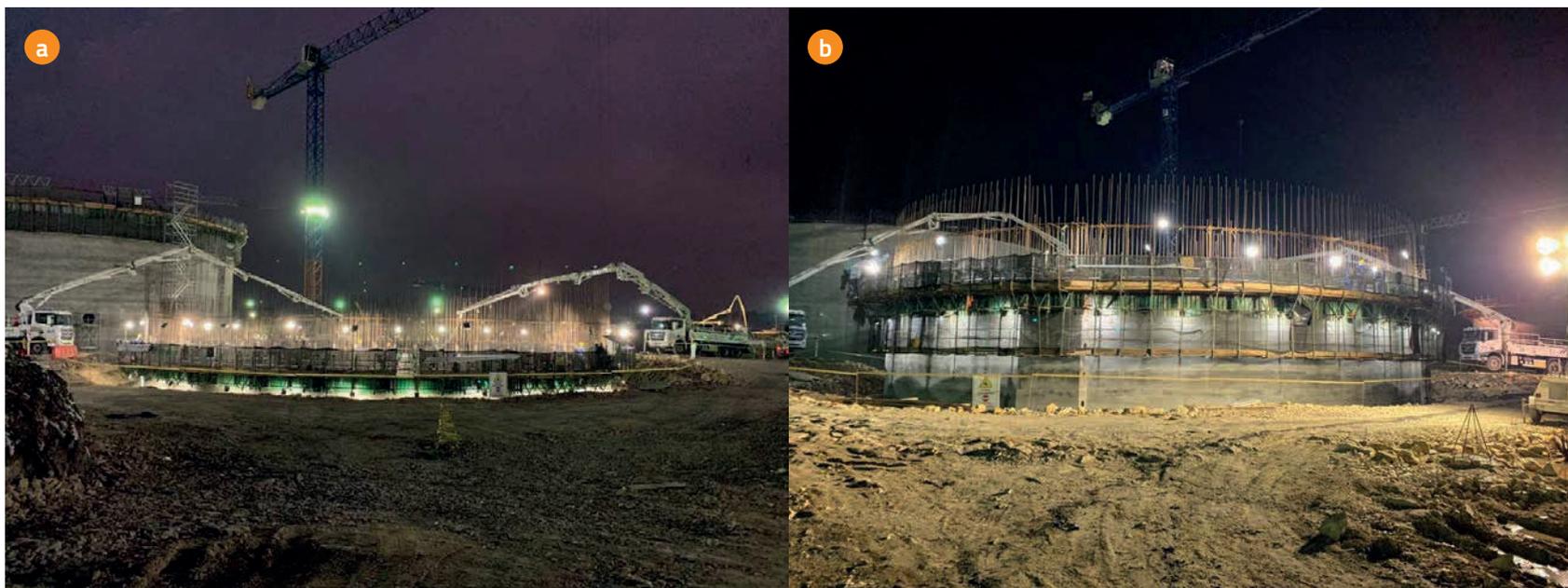
En el último cómputo la obra contaba con 1.450 trabajadores, reportándose un empleo a origen de más de 2,5 millones de horas de trabajo. Hasta ese momento los trabajos desarrollados han supuesto el aporte de cerca de 170.000 m^3 de concreto, suficientes para llenar 334 piscinas olímpicas, y 26.000 toneladas de acero.

Todos estos avances significan que el trabajo se desarrolla a un ritmo más rápido que el previsto inicialmente.

1: Un río muerto es un río sin concentración de oxígeno en sus aguas. La descomposición de los desechos en el agua consume el oxígeno disuelto, en el caso del río Bogotá, al ser tan alta la demanda de oxígeno, deja las concentraciones en el agua en cero.

2: Los tratamientos primarios son aquellos que eliminan los sólidos en suspensión presentes en el agua residual. Los principales procesos fisicoquímicos que pueden ser incluidos en el tratamiento primario son: sedimentación, flotación, coagulación-floculación y filtración.

3: El tratamiento secundario de depuración constituye una serie de importantes procesos de naturaleza biológica de tratamiento de las *aguas residuales* que tienen en común la utilización de microorganismos (entre los que destacan las bacterias) para eliminar materia orgánica biodegradable, tanto coloidal como disuelta, así como la eliminación de compuestos que contienen elementos nutrientes (N y P).



Alta complejidad técnica

La ampliación de la PTAR de El Salitre presenta una gran complejidad técnica por la deformabilidad de las arcillas de la formación Sabana sobre la que se deben cimentar cargas de elevada magnitud y/o superficie. Por otra parte, el hecho de que la PTAR se sitúe sobre los terrenos de un antiguo vertedero (con basuras procedentes de vertidos incontrolados), así como la especial tipología de este, han supuesto para el proyecto dificultades constructivas adicionales. Para solventarlas han realizado estudios de vertidos y de agua freática con el fin de determinar el grado de contaminación, además de utilizar entibaciones de taludes en varias zonas poco estables. Adicional a todo esto, una climatología de lluvias constantes y un caudal freático recurrente han dificultado la ejecución de los trabajos.

Retos en el uso del concreto

Fue necesario tener en cuenta que el concreto a disponer en el proyecto debía ser apto para contener agua residual, además de poseer una importante resistencia a la acción corrosiva de los eventuales lixiviados de las basuras del botadero incontrolado que constituía el predio donde se ubica la PTAR.

También debía poseer características impermeables (alta relación a/c) para prevenir eventuales fugas en el futuro. Es importante resaltar que las pruebas de estanqueidad a la fecha (70% del total) han resultado exitosas, antes de aplicar las capas de impermeabilización a las estructuras.

Particularidades del proyecto

Con base en la caracterización fisicoquímica del agua residual y en los condicionantes anteriores, se planteó un concreto con relación a/c de 0,40 que lograra una resistencia a la compresión de 35 MPa (5.000 psi), alta resistencia a sulfatos, baja permeabilidad y alta resistencia a cloruros.

↑ Foto 2a, 2b y 2c. Vista satelital PTAR El Salitre Fase I.

En cuanto a la cimentación de las estructuras, la mezcla para el pilotaje se definió en función de la caracterización del suelo. Para el caso de los grandes depósitos de arena generados por la historia de recorrido del río Bogotá, los meandros y humedales aledaños dan cuenta de una conexión y movimiento de aguas subterráneas importantes y a la hora de convivir con los pilotes, se debió definir una mezcla densa, que fuera capaz de no segregarse ni de separarse por dichos flujos. Se añadió a lo anterior una técnica novedosa llamada “anti-deslave”, la cual permite mantener la sección circular de diámetro constante a través de los estratos con mayor circulación hídrica.

Se debió evaluar, gestionar y ejecutar movimiento de tierras sobre un vertedero incontrolado, a cielo abierto, que había sido clausurado en los años 80, el cual se evaluó integralmente dando como resultado un residuo urbano estabilizado, con flujos

↓ Foto 3. Proceso de vaciado de los digestores.





de lixiviados producto de la descomposición de los vertidos. Por el mismo motivo se descubrieron bolsas de gas puntuales, con bajas concentraciones de metano, pero liberadas por la excavación de los pilotes, lo cual produjo burbujeo en zonas parciales en el vertido de una losa de cimentación de 60 cm de espesor.

Tras varias pruebas se optó por el uso de una mezcla cohesiva, es decir, con mayor densidad y capaz de fraguarse en el mínimo tiempo posible, disipando el daño a la estructura y reduciéndolo a una perforación de diámetro máximo de 1 cm. Se le realizó cromatografía durante 6 meses hasta constatar que la bolsa había sido liberada en su totalidad, y luego se procedió a sellar, no sin antes verificar sus espesores y compacidad mediante prospección geofísica usando un radar de penetración terrestre (GPR).

Otro reto adicional supuso la construcción en corto plazo de 8 digestores⁴ postensados con diámetro interno de 33,50 m. Para ello se decidió implementar el sistema constructivo de encofrado deslizante, con un tiempo de deslizado de entre 89 y 93 horas. El concreto debió ser, por un lado, tan fuerte como para resistir el desplazamiento de los encofrados sin rasgarse o arquearse, y por otro, tan externamente suave para darle un acabado homogéneo; además, debía afrontar en sus fases de vertido y tempranas de fraguado el clima inclemente y fluctuante de Bogotá durante 89 horas continuas de trabajo.

Impactos sociales y medioambientales

Los componentes socioambientales se consideran prioritarios y, como tales, han estado muy presentes en el proyecto desde su inicio. En lo social, y al margen de la importante creación de empleo que la obra ha supuesto, el Consorcio ha desarrollado diferentes acciones con la comunidad y el entorno local, entre las que destacan la generación de espacios para promover

una adecuada interacción entre la ciudadanía, las instituciones, el contratante y el contratista. Se han desarrollado reuniones y acciones de socialización y sensibilización del proyecto con todo su entorno: juntas de Acción Comunal, municipalidades, instituciones, asociaciones medioambientales, Comisiones Ambientales Locales (CAL) de las siete localidades de la Cuenca Salitre, entre otras.

La misma importancia se le ha dado al componente medioambiental del proyecto, cuyo plan de gestión incluye varios componentes:

1. Medio biótico:

- Protección y gestión de la fauna silvestre (se ha reportado el rescate y reubicación de 1.426 animales)
- Aprovechamiento forestal (inventariados 3.004 árboles) y plan de compensación

2. Monitoreo de olores y ruidos

3. Reubicación del tráfico y señalética asociada

Se han realizado, además, distintos ciclos de formación en competencias ambientales y se ha habilitado un “aula del agua” que constituye un espacio interactivo donde se genera conciencia en torno a la protección y cuidado de los recursos hídricos. También se creó la “Casa del Curi”, aula de educación ambiental usada con fines pedagógicos.

Sin duda, la ampliación de la PTAR Salitre generará un impacto importante de cara al reto de descontaminación del río Bogotá, presentándose como una oportunidad futura tanto para la producción agropecuaria (su cuenca es responsable del 32% de la producción de estas industrias⁵) como para el mejoramiento de la calidad ambiental de la ciudad y la región. 

↓ Foto 4. La ampliación de la PTAR Salitre generará un impacto importante en la descontaminación del río Bogotá

4. Estructuras donde se lleva a cabo el proceso de digestión de los lodos resultantes del tratamiento primario por parte de microorganismos anaerobios.

5: Millonarias inversiones para salvar el río Bogotá. 7/11/2019. Revista Dinero. <https://www.dinero.com/pais/articulo/inversion-para-descontaminar-el-rio-bogota/274123>

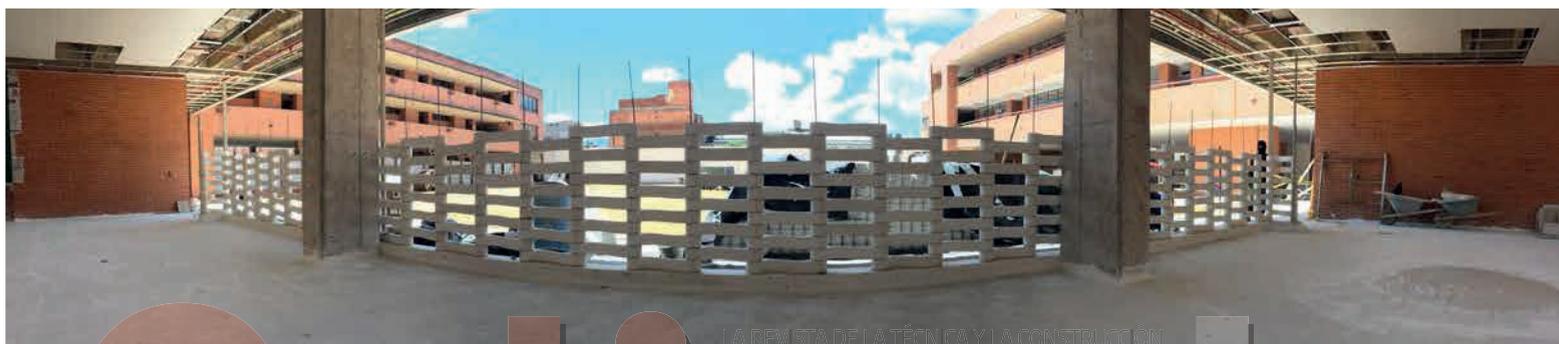


Muros autoportantes - Celosías prefabricadas en concreto

Soluciones arquitectónicas de calidad

Eduardo Hurtado. LUMAA Arquitectura

Fotos: Cortesía LUMAA Arquitectura



↑ Foto 1. Vista desde la cafetería del colegio durante el proceso de instalación.

El Colegio Margarita Bosco, ubicado al occidente de Bogotá, se dio a la tarea de construir un nuevo edificio para ampliar sus instalaciones. La nueva edificación requería una serie de características arquitectónicas particulares entre las que destacaba una división entre la cafetería y las canchas múltiples. El constructor del proyecto buscaba una solución no solo de calidad, sino visualmente atractiva; un elemento que además de resistir los golpes de balones, permitiera una relación visual entre los dos espacios con un excelente acabado estético.

El producto escogido fue un sistema formado por elementos modulares prefabricados tipo celosías en concreto arquitectónico capaces de generar un muro divisorio con una longitud de 17.5 m, una altura de 3.60 m y una apertura visual del 37%.

Proceso de instalación

El proceso general de construcción del muro divisorio arquitectónico se realiza en 6 pasos:

1. Sobre la placa de contrapiso, que debe estar lisa, limpia y nivelada, se hace un vaciado de una base en concreto arquitectónico (poyo), sobre el cual posteriormente se realizan perforaciones cada 50 cm para anclar las varillas corrugadas de 3/8" que se usan como refuerzo de las dovelas del muro. Este poyo se hace también con el propósito de proteger las celosías de que no se manchen cuando se realice la limpieza de los pisos.
2. La primera hilada de celosías prefabricadas se colocan con mortero, con el fin de garantizar que la hilada quede perfectamente nivelada.
3. La primera pieza de la segunda hilada se coloca de tal manera que quede traslapada con respecto a la primera hilada para garantizar que el muro completo quede trabado y fijo cuando se coloquen todas las piezas del sistema, tal y como sucede con la mampostería estructural.
4. A medida que se va levantando el muro, los espacios de las dovelas se rellenan con *grouting* para darle estabilidad, es importante asegurarse que la unión del *grout* aplicado a una pieza siempre esté fresco al aplicar la siguiente con el fin de evitar juntas frías. Las varillas de refuerzo, a medida que se va subiendo en altura, se traslapan, haciendo que las dovelas funcionen como pequeñas columnetas. Las celosías prefabricadas en concreto no necesitan mezcla para la pega entre ellas. Solamente se hace uso de una mezcla de pega en la primera hilada contra la superficie donde se va a realizar la instalación del muro.
5. El sistema funciona de manera similar a la mampostería estructural reforzada, por lo que las varillas corrugadas de las dovelas necesitan tener un apoyo o fijación en la parte superior del muro. En este caso, como ya estaba planteado un cielo raso descolgado en *dry wall*, se optó por fijar

↓ Foto 2. Poyo en concreto para el muro arquitectónico.





← Foto 3. Colocación de la primera hilada.

un perfil metálico a la placa superior y soldar las varillas para “amarrar” el muro y darle estabilidad.

6. Para darle el acabado final al muro, se lijan las zonas que se hayan ensuciado durante el proceso de instalación, y posteriormente se aplica un hidrófugo que brinda protección adicional a las varillas, para terminar de sellar las piezas.

La instalación del muro se realizó en dos semanas, contadas desde el armado de la base, hasta la entrega del proyecto.

Usos del sistema

Este sistema de muros celosía conformados con elementos prefabricados tiene un sinnúmero de usos arquitectónicos -muros de fachada, construcción de cerramientos, divisiones de espacios interiores y exteriores, revestimientos, antepechos, entre otros- presentando una solución estética y competente en términos técnicos.



LA REVISTA DE LA TÉCNICA Y LA CONSTRUCCIÓN

Características técnicas

- La geometría de cada pieza prefabricada incluye los espacios para la instalación de los refuerzos verticales (dovelas), lo que permite conformar muros autoportantes que no necesitan columnetas laterales para su confinamiento.
- Las piezas son modulares y pueden colocarse en diferentes posiciones dentro del muro, lo que permite generar diferentes configuraciones con variaciones de luz y sombra sobre las fachadas.
- Se puede ajustar para manejar el paso de la luz y el aire, haciéndolos una solución ideal para refrescar ambientes en climas templados y cálidos.
- El concreto usado para la fabricación de las piezas es de 28 MPa (4000 psi) de resistencia a la compresión.
- Las piezas se colocan trabadas, tal y como sucede con la mampostería tradicional, lo que da como resultado un muro autoportante con columnetas cada 50 cm, que permiten levantar muros más altos y extensos.
- Debido a la forma y combinación de sus piezas, el sistema permite generar esquinas en diferentes ángulos, llegando incluso a tener muros curvos.
- Requiere muy poco mantenimiento: el hecho de ser fabricados usando concreto arquitectónico, hace que el resultado sea muy resistente al paso del tiempo.

Conclusión

La implementación del sistema de muros tipo celosías permitió resolver varios problemas en una sola ejecución, ofreciendo al Colegio Margarita Bosco una solución única, estética y durable en el tiempo.

En el caso particular del colegio, se utilizó un patrón para la configuración de la fachada, sin embargo, con las piezas se pueden generar diseños personalizados gracias a la configuración articulada que permite una gran cantidad de posibilidades de armado, variando incluso la geometría (líneas curvas por rectas) y usando color en las piezas.

Este es un desarrollo colombiano, producto de la investigación de varios años de su inventor y fabricante. El sistema se encuentra patentado en la categoría de invención nacional ante la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC) en Colombia, y está registrado en el sistema internacional de patentes (PCT).

4 Foto 4: Vista final del muro.

5 Foto 5: Proceso de colocación de las piezas.

6 Foto 6: Piezas del sistema.



Electroquímica y concreto reforzado: Más vida útil para las estructuras

Brian Pailes.
Ingeniero Principal, Vector Corrosion Services Inc.

Reimpreso del "Concrete Repair Bulletin Marzo/Abril 2019" con autorización del International Concrete Repair Institute (www.icri.org)

Fotos: Vector Construction y Vector Corrosion Technologies

Introducción

La corrosión del acero de refuerzo es uno de los retos de resistencia más significativos que enfrentan las estructuras de concreto reforzado en todo el mundo. La corrosión suele ser producto del ingreso de iones cloruro y/o de carbonatación, los cuales destruyen el estado de pasividad natural del acero embebido en el concreto. Entre las numerosas opciones de preservación de estas estructuras se incluyen los ánodos galvánicos y la protección catódica por corriente impresa; sin embargo, las técnicas electroquímicas pueden extender significativamente la vida de servicio, con bajo mantenimiento adicional, lo cual las hace interesantes dentro de la preservación de la infraestructura de concreto reforzado. Existen dos técnicas electroquímicas implementadas: la extracción electroquímica de cloruros y la realcalinización.

La extracción electroquímica de cloruros (ECE), dirige hacia afuera del concreto los cloruros existentes en el acero, restaurando de esta manera su pasividad. La realcalinización, como su nombre lo indica, vuelve a alcalinizar el concreto carbonatado, restaurando así la pasividad del acero de refuerzo. Ambas técnicas logran su objetivo mediante la instalación temporal de un ánodo externo y la aplicación de un campo eléctrico entre el ánodo temporal y el acero de refuerzo. En la ECE, el campo eléctrico transporta los iones cloruro fuera del acero, mientras que en la realcalinización el campo eléctrico conduce una solución alcalina dentro del concreto. Estos métodos también son tratados en el documento ICRI 510.1, *Guide for Electrochemical Techniques to Mitigate the Corrosion of Steel for Reinforced Concrete Structures*¹, que proporciona amplia información sobre estas técnicas de preservación.

En este artículo veremos dos casos históricos de aplicación de estas técnicas: la autopista interestatal 480 (I-480), en el centro de la ciudad de Omaha, Nebraska, donde se aplicó la ECE en la

subestructura; y el hall del edificio administrativo de la Universidad de Chicago, en cuya fachada se implementó la realcalinización.

Corrosión producida por iones cloruro

El acero de refuerzo embebido en el concreto está protegido de la corrosión por la alta alcalinidad de la solución porosa del concreto, con un pH generalmente mayor a 12. Este alto pH de la solución porosa forma una película pasiva en la superficie del acero, que previene la corrosión. En estructuras de concreto reforzado expuestas a los iones cloruro del agua de mar, las sales de deshielo o suelos que contienen cloruros pueden destruir la película pasiva. Los iones cloruro penetran la superficie del concreto y la corrosión comienza una vez se alcanza un valor crítico en su concentración a la profundidad donde se encuentra el acero. El valor crítico generalmente aceptado para el inicio de la corrosión varía entre 0,45 y 0,9 kg (1-2 libras) de cloruro por 0,76 m³ (yarda cúbica) de concreto. El concreto también puede contener cloruros, ya sea agregados en el concreto fresco o presentes de forma natural entre sus componentes. Podrían agregarse cloruros en forma de aditivos químicos durante la mezcla del concreto o por utilizar agua de mar en vez de agua potable.

A estos cloruros mezclados y a los que penetran el concreto desde el medio ambiente se les conoce como cloruros "libres" y son los responsables de la corrosión producida por iones cloruro en el concreto reforzado. Los cloruros unidos químicamente presentes en los agregados no pueden iniciar la corrosión.

Corrosión producida por carbonatación

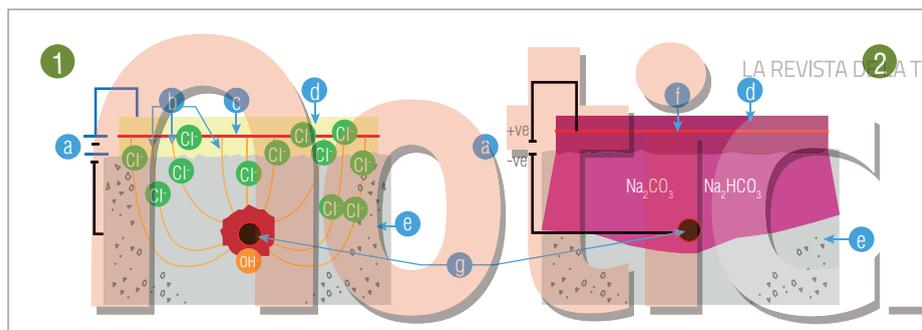
La carbonatación reduce el pH del concreto debido a que el dióxido de carbono se difunde dentro del concreto húmedo. La reacción del CO₂ con la cal libre presente en la estructura porosa del concreto reduce

la concentración de OH^- dentro del concreto. Si el pH del concreto disminuye a un valor inferior a 11, comienzan la despasivación del acero de refuerzo y la corrosión. La carbonatación puede dar inicio a la corrosión en el concreto no contaminado con cloruros, que puede propagarse a través de las grietas en concreto fracturado. En concreto contaminado con cloruros, la carbonatación iniciará la corrosión más rápidamente y requerirá concentraciones más bajas para su inicio.

Procesos de ECE y de realcalinización

El objetivo fundamental de la ECE y la realcalinización es restablecer la pasividad del acero de refuerzo. La técnica de la ECE es conducida por una combinación de movimiento de los iones cloruro hacia el exterior del acero de refuerzo y la generación de iones hidroxilo en la superficie de este acero (Fig. 1). La realcalinización (Fig. 2) se aplica aumentando el pH del concreto alrededor del acero mediante el transporte de una solución básica dentro del concreto.

- 1 Fig.1: Proceso de ECE.
- 2 Fig. 2: Proceso de re-alcalización.
 - a. Fuente de corriente continua.
 - b. Recorrido actual.
 - c. Ánodo temporal.
 - d. Medio conductor.
 - e. Concreto.
 - f. Ánodo.
 - g. Refuerzo.



En ambos sistemas se instala un ánodo temporal externo a lo largo del elemento estructural a tratar. Típicamente, el ánodo temporal está compuesto de acero al carbono como un tejido de alambre soldado; sin embargo, en algunas aplicaciones se utiliza malla de acero inoxidable o de titanio. Se aplican espaciadores para alejar el ánodo de la superficie del elemento y crear un espacio suficiente de encapsulación de este ánodo. Una vez que el ánodo se encuentra en su lugar, el medio conductor (electrolito) se coloca sobre y alrededor del ánodo, creando un par iónico entre el ánodo y la superficie de concreto. Este medio conductor permite una transferencia de carga entre el ánodo externo y el acero de refuerzo dentro del concreto. El medio se mantiene húmedo utilizando un sistema de goteo y envolviendo con plástico el elemento a tratar.

El ánodo temporal se conecta al terminal positivo de la fuente de corriente directa (DC), mientras que el acero de refuerzo del elemento a ser tratado se conecta al terminal negativo. La fuente de energía suministra aproximadamente de 100 mA a 200 mA de corriente a cada $0,1 \text{ m}^2$ (pie cuadrado) por superficie de área del acero durante el tratamiento. En el proceso de la ECE, el ánodo cargado positivamente atrae hacia él los cloruros, mientras que el acero de refuerzo cargado negativamente

dirige los cloruros hacia afuera. En la realcalinización se incluye una solución de carbonato de potasio, la cual es atraída hacia el acero de refuerzo embebido por la carga eléctrica entre el ánodo externo temporal y el acero de refuerzo embebido. Un beneficio de los sistemas de ECE y de realcalinización es que, cuando el acero de refuerzo se carga negativamente durante el tratamiento, alrededor de este acero aparece una reacción electroquímica con la formación de iones de hidróxido.

Esto aumenta el pH localmente alrededor del acero de refuerzo, creando una capa pasiva similar a la que se forma cuando el acero es embebido por primera vez en concreto fresco. El proceso de eliminar cloruros y aumentar el pH del concreto disminuye la corrosión activa en el acero de refuerzo y amortigua la actividad de corrosión adicional.

Casos estudiados

I-480 Omaha - Rehabilitación de la subestructura

La autopista elevada I-480 orienta el tráfico hacia el centro de la ciudad de Omaha. El Departamento de Transporte de Nebraska (NDOT) emprendió durante el verano de 1998 una importante rehabilitación de esta estructura de 1 km (unas 0,6 millas) de largo. La rehabilitación incluyó el reemplazo de la losa de rodamiento en las direcciones este y oeste, además de otras importantes reparaciones de la subestructura. La subestructura está integrada por 50 pilares con forma de martillo. El puente sufría de corrosión inducida por cloruros como resultado de la aplicación de productos químicos para deshielo.

La subestructura estaba expuesta a los cloruros contenidos en la escorrentía contaminada que circulaba a través de juntas de la losa con fugas. Además, los drenajes que recogen la escorrentía sobre la losa se construyeron dentro de los pilares. Infortunadamente, estos drenajes devolvían el agua y goteaban dentro de los pilares, constituyendo una fuente adicional de contaminación por cloruros. La rehabilitación de la subestructura incluyó reparaciones típicas de concreto, relocalización de drenajes en el exterior de los pilares y aplicación posterior de la ECE en 23 de los pilares. La Figura 3 muestra un ejemplo de los pilares antes de la rehabilitación.

➔ Fig. 3: Condiciones del pilar antes del tratamiento.





↑ Fig. 4: Remoción del concreto fracturado y delaminado.



↑ Fig. 5: Instalación del ánodo externo temporal.

Se observan con claridad las manchas de agua y corrosión a lo largo de la cara de la pila. El primer paso en la rehabilitación de los pilares I-480 fue remover y reemplazar el concreto delaminado y desprendido que resultó tras años de actividad corrosiva (Fig. 4), ya que la ECE mitiga la corrosión, pero no restaura el deterioro físico que se ha producido en el concreto; por lo tanto, el concreto deteriorado físicamente debe retirarse y repararse antes del tratamiento de la ECE.

Luego de reparar el concreto defectuoso, se instaló el ánodo externo temporal en la superficie completa de los pilares (Fig. 5). Se utilizaron listones de madera para separar el ánodo temporal, malla electrosoldada, de la superficie del pilar, de forma que el medio conductor pudiera encapsular completamente el ánodo. Una vez que el ánodo estuvo en su lugar y se hicieron conexiones de alambre tanto al ánodo como al refuerzo de acero, los medios conductores se rociaron completamente sobre el muelle para sellar del todo el ánodo (Fig. 6). Una vez aplicado el medio conductor, los pilares se envolvieron en plástico para mantener húmedo el medio (electrolito).

Un sistema de riego por mangueras mantiene el medio húmedo y una baja resistencia al paso de la corriente entre el ánodo y el acero de refuerzo. Luego se conectó la fuente de alimentación DC¹, y el tratamiento se aplicó en los 23 pilares durante aproximadamente 6 semanas (Fig. 7), cuando se retiraron el ánodo temporal y la malla electrosoldada. Finalmente, se procedió a limpiar la superficie con chorro de arena y se aplicó recubrimiento para ayudar a prevenir una exposición futura a los cloruros. La figura 8 muestra los pilares completos después del tratamiento y el recubrimiento.



↑ Fig. 6: Aplicación de la celulosa-electrolito.



↑ Fig. 7: Tratamiento ECE completo y pilares pintados.



↑ Fig. 8: Tratamiento ECE en progreso.



↑ Fig. 10: Pilar típico 20 años después del tratamiento de ECE.

Antes y después del tratamiento se tomaron muestras de concreto para verificar la reducción de cloruros. La Figura 9 proporciona los resultados promedio de la concentración de cloruro antes y después del proceso de tratamiento de ECE. Se observa una disminución significativa en la concentración de cloruro a lo largo de las profundidades muestreadas. En promedio, se encontró una reducción del 74% en la concentración de cloruros dentro del concreto luego de efectuada la ECE. Puede observarse una reducción del 66% a una profundidad de muestra entre 0 y 25 mm (0 y 1"), de 76% entre 25 y 50 mm (1-2") y de 80% entre 50 y 75 mm (2-3"). En la profundidad del acero, que varía de 50 a 65 mm (2 a 2,5"), la concentración de cloruro luego del proceso de la ECE está muy por debajo del umbral de cloruros necesarios para que se inicie la corrosión. En 2018, el autor visitó y revisó el puente I-480 después de 20 años de realizado el tratamiento. Una inspección visual muestra estos pilares en muy buena condición (Fig. 10). La gran mayoría de las pilas no muestra signos de deterioro por corrosión. Existen contados casos en que se observan signos de corrosión en los extremos de los muelles (Fig. 11). Al parecer, este problema se debe a las juntas por encima de las pilas, que dirigen nuevamente agua contaminada con cloruro hacia los pilares. Esta reexposición ha permitido que nuevos cloruros migren a la matriz de concreto. Sin embargo, en el resto del área de la superficie de las pilas, donde se mitigó la exposición al cloruro, el proceso de ECE ha evitado efectivamente un mayor deterioro de las pilas. La vida útil de estas pilas I-480 se ha ampliado sustancialmente gracias a la aplicación de la ECE.

Universidad de Chicago – Reparación de una fachada

LA REVISTA DE LA TÉCNICA Y LA CONSTRUCCIÓN

El proceso de re-alcálización se llevó a cabo en el edificio administrativo de la Universidad de Chicago. Este hall fue diseñado por el arquitecto Walter Netsch en estilo brutalista (Fig. 12). El edificio consiste en una torre de 28 pisos construida en 1963, con un marco en concreto reforzado vaciado in situ como fachada, dentro del cual hay un panel de ventanas prefabricadas. Por la edad y la exposición al medio ambiente, se presentó corrosión del acero de refuerzo inducida por carbonatación con daños en el concreto en forma de grietas y desconchamientos, que exigieron extensas reparaciones y restauración. En la restauración del exterior del edificio se realizaron reparaciones al concreto de fachada, así como el tratamiento de realcalinización del concreto en esta superficie exterior.

En ánodo temporal utilizado en este caso fue una malla de titanio revestida con óxido de metal mixto. La superficie del edificio se dividió en zonas y el proceso de realcalinización se aplicó a toda la fachada. En cada zona, el tratamiento se efectuó típicamente durante 7 días, manteniendo húmedos el ánodo y el medio mediante una solución de carbonato de potasio. Una vez efectuado el tratamiento en la primera zona, el sistema se removió hacia la siguiente zona, efectuando el tratamiento hasta completar toda la fachada.

El proceso de realcalinización se comprobó mediante núcleos, extraídos después del tratamiento, que se sometieron a la prueba de fenolftaleína indicadora del pH. La fenolftaleína reacciona en ambiente alcalino con pH de 9,5 o superior,

1: DC. Direct Current. Corriente continua

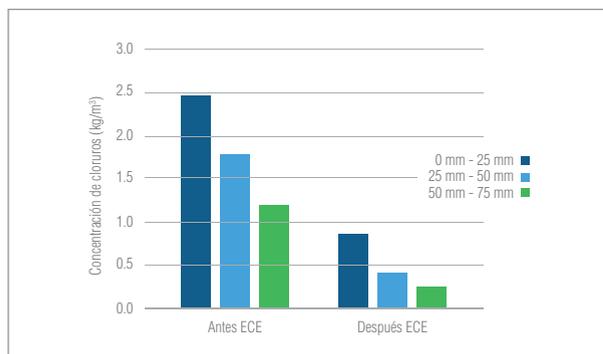


Fig. 9: Resultados de la muestra de cloruros antes y después del tratamiento con ECE. BRIAN PAILES

cambiando del color claro a un púrpura rojizo. La Figura 13 muestra dos núcleos: uno tomado antes, y el otro después del tratamiento de realcalinización. Los dos núcleos fueron rociados con fenolftaleína.

El núcleo tomado antes de la realcalinización muestra un pH por debajo de 9,5 al permanecer la muestra clara; por el contrario, el núcleo tomado después de realizado el tratamiento muestra una coloración púrpura rojiza debido a la reacción de la fenolftaleína con el pH del concreto, indicando que el pH del concreto se ha incrementado. Esta prueba fue realizada en todas las zonas para comprobar la efectividad del tratamiento.

Sostenibilidad

En los dos proyectos presentados, el concreto reforzado estuvo expuesto a contaminación que condujo a corrosión seria y a deterioro físico posterior. Los tratamientos electroquímicos mejoraron el ambiente alrededor del refuerzo y retornaron el acero a un estado pasivo. Mantener el concreto existente en su lugar no solamente resulta económico: también proporciona una ventaja sustancial ambiental, comparada con su reemplazo. La producción de concreto y su transporte generan emisiones, calor y consumo de recursos naturales.

Conclusión

La Extracción Electroquímica de Cloruros y la Realcalinización corresponden a métodos económicos efectivos para tratar corrosión activa y extender efectivamente la vida útil de las estructuras de concreto reforzado. Su aplicación contribuye de manera positiva la sostenibilidad de las estructuras y a disminuir el impacto ambiental.

En el proyecto I-480 se mantuvo y se prolongó la vida útil de 5.125 m³ (6.700 yardas³) de concreto, mientras que en el proyecto de la Universidad de Chicago se protegieron 995 m³ (1.300 Yd³) de concreto.

La reconstrucción de estos elementos de concreto habría tenido un impacto negativo significativo sobre el medio ambiente. La Tabla 1 estima el impacto ambiental que se ha evitado al aplicar los tratamientos electroquímicos en vez de reemplazar estas estructuras.



Fig. 11: Deterioro potencial en junta con fugas.

Fig. 12: Universidad de Chicago - Edificio administrativo.

Fig. 13: Testigos de prueba antes y después del tratamiento.

Descripción	I-480	Universidad de Chicago
Concreto conservado en sitio (m ³)	5.125	995
Emisión de óxido nítrico (kg) ⁱ	2.962	575
Emisión de Dióxido de Carbono (kg) ⁱⁱ	3.663 (equivalente a las emisiones anuales de 833 personas) ⁱⁱⁱ	711 (equivalente a las emisiones anuales de 162 personas) ⁱⁱ
Uso de recursos naturales (ton) ^{iv}	13.191	2.559
Consumo de agua potable (equivalente a día/persona) ^v	1.695	329
Residuos sólidos a relleno sanitario (ton) ^{vi}	15.975	2.633
Generación de desperdicio calórico (GJ) ^{vii}	15.975	3.100

i. 1.8 kg Óxido Nítrico / Tonelada de Clinker. https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/33324_guide_nox_anglais.pdf
 ii. Basado en: Emisiones de CO₂ de 0.13 kg CO₂ / kg de concreto + 2.8 kg CO₂ / kg de acero, Scrivener (2014) Opciones para el futuro del cemento, The Indian Concrete Journal, Vol.88, Número 7, páginas 11-21.
 iii. Basado en 20 toneladas métricas por persona por año. <https://www.sciencedaily.com/releases/2008/04/080428120658.htm>
 iv. 1.6 toneladas de mineral para fabricar 1 tonelada de arrabio, <https://www.worldsteel.org/Steel-by-topic/raw-materials.html>; 1.5 toneladas de materias primas para fabricar 1 tonelada de cemento, <http://ietd.iipnetwork.org/content/raw-material-preparation>; los cálculos de materia prima para agregados gruesos y finos se basan en proporciones de mezcla típicas.
 v. Solo se consideró el agua de mezcla y un consumo de 455 Lt. de agua / día por persona, https://www.phila.gov/water/educationoutreach/Documents/Homewateruse_IG5.pdf
 vi. La masa sale a partir del volumen de concreto retirado por la densidad del concreto.
 vii. A.K. Schindler, K.J. Folliard, Modelos de Calor de Hidratación para Materiales Cementicios, ACI Mater. J. 102 (2005) pp 24-33; Summerbell, D. L., Barlow, C. Y., y Cullen, J. M. (2016), Potential Reduction of Carbon; Emisiones por mejora del rendimiento: un estudio de caso de la industria del cemento, Journal of Cleaner Production, 135, pp 1327-1339; y Kuroki, T., Kabeya, K., Makino, K., Kajihara, T., Kaibe, H., Hachiuma, H., y Fujibayashi, A. (2014), Generación termoelectrónica usando calor residual en trabajos de acero, Journal of Electronic Materials, 43 (6), pp 2405-2410.

Tabla 1. Impactos ambientales evitados en los proyectos I-480 y Universidad de Chicago. BRIAN PAILES

Referencias

- ICRI 510.1, Guide for Electrochemical Techniques to Mitigate the Corrosion of Steel for Reinforced Concrete Structures, International Concrete Repair Institute, St. Paul, MN 55114, 2013, 24 pp.
- Brian Pailes, PhD, PE, NACE CP-4 PhD de la Universidad Rutgers, MS de University of Virginia y BS de Northeastern University. Ingeniero profesional registrado, sirve en varios comités de corrosión y ensayos no destructivos para la Comisión de Investigación del Transporte (TRB), y la Sociedad Americana de Ensayos No destructivos (ASNT). Brian es Ingeniero Principal de Vector Corrosion Services en Tampa, Florida. Ha trabajado en diferentes puentes a lo largo de Estados Unidos y participó en el Programa de Desempeño de Puentes, de la Administración Federal de Autopistas (FHWA). Su área de experiencia incluye, protección catódica, ensayos no destructivos, deterioro del concreto, corrosión en concreto reforzado y materiales de concreto.

Movistar Arena, Bogotá: Larga vida para los espectáculos

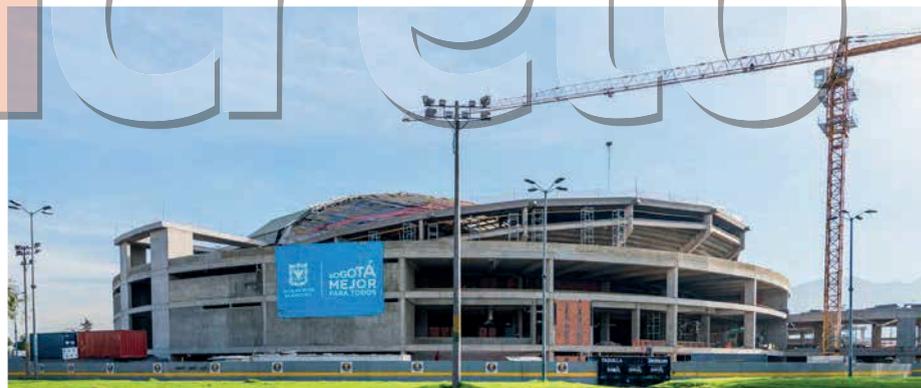
Ing. Carlos Palomino M.Sc., P.E. Gerente de Proyectos, P&P Proyectos



Gracias a la iniciativa coordinada del sector privado, se ejecutó por primera vez en el país lo que se conoce como una Asociación Público-Privada (APP), en la cual actores privados llegan a un acuerdo con el sector público para ejecutar proyectos de diversos tipos. En este caso se trató de un equipamiento urbano especial y tradicional de la ciudad de Bogotá, el Coliseo Cubierto El Campín, ahora conocido como Movistar Arena.

Estas APP constituyen un mecanismo de vinculación del capital privado para la construcción y posible mantenimiento de la infraestructura pública y los servicios asociados. Para el Coliseo Cubierto El Campín, la empresa Colombiana de Escenarios S.A.S. (CDE), conformada por capital colombiano (TuBoleta) y chileno (Hiller Inversiones), llegó a un acuerdo con la Alcaldía Mayor de Bogotá a través del Instituto Distrital para la Recreación y el Deporte (IDRD) para el contrato de concesión de uso especial de bienes públicos IDR-APP-IP-001 de 2015, firmado entre las partes a finales de diciembre de 2015.

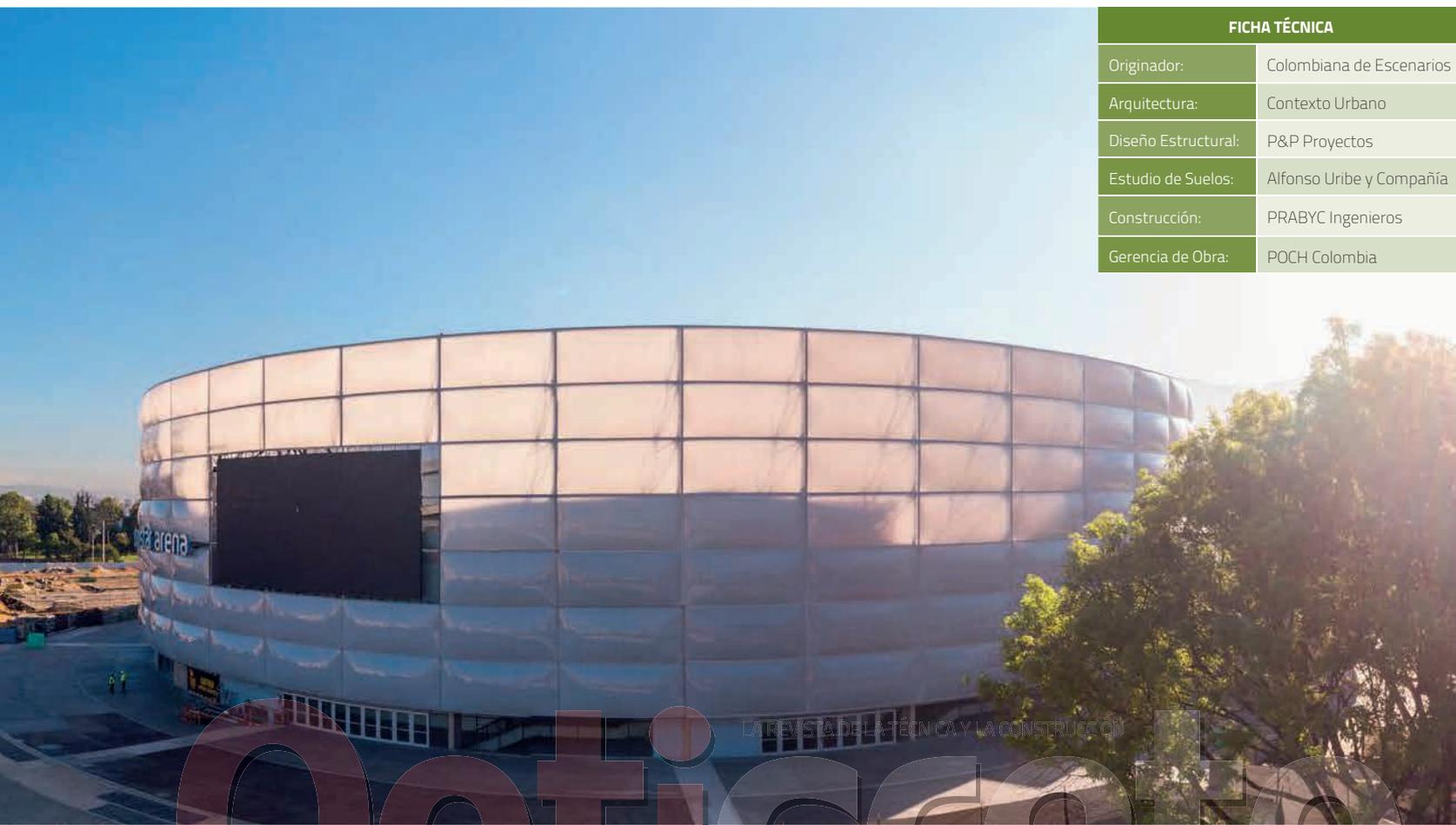
El proyecto comprendió la ejecución de todas las obras civiles, tecnológicas y acabados necesarios para poner al día el Coliseo, incluyendo su administración por parte de la entidad privada durante un periodo de 25 años. A cambio de lo anterior, el privado realizó una inversión cercana a \$80.000.000.000 COP, aunque el CAPEX inicial ascendía aproximadamente a \$70.000.000.000 COP.



↑ Foto 2. Estructuras perimetrales nuevas al exterior del Coliseo original.
CORTESÍA PRABYC INGENIEROS

El proyecto fue mucho más allá de “embellecer” la fachada del Coliseo y sus espacios interiores, pues incluyó a todos los actores necesarios para poner a punto un recinto de esta calidad. Dentro de las nuevas edificaciones del Movistar Arena se realizaron estudios importantes de acústica, actualización de los sistemas eléctricos, mecánicos, hidráulicos, sanitarios y de acabados en general. Se cambió toda la silletería, se renovaron completamente los baños, se adicionaron grandes pantallas de video y de iluminación y se construyeron dos nuevos edificios que incluyen, entre otros usos, 300 estacionamientos. Se cambió totalmente la cubierta, no solamente por durabilidad, sino para cumplir con los últimos estándares de acústica para obras de este tipo. Se mantuvo la circunferencia interior de la estructura existente, mientras que la exterior es una nueva estructura envolvente donde se puede observar la nueva edificación de estacionamientos.

FICHA TÉCNICA	
Originador:	Colombiana de Escenarios
Arquitectura:	Contexto Urbano
Diseño Estructural:	P&P Proyectos
Estudio de Suelos:	Alfonso Uribe y Compañía
Construcción:	PRABYC Ingenieros
Gerencia de Obra:	POCH Colombia



3 Foto 3: Vista interna intervención Coliseo Cubierto El Campín. P&P PROYECTOS

4 Foto 4: Coliseo Cubierto el Campín previo a la intervención. TOMADO WIKIPEDIA

El proyecto fue concebido desde el 2012, cuando CDE, originadora de la APP presentó, en etapa de prefactibilidad, una oferta de APP de iniciativa de financiación 100% privada, sin desembolso de recursos públicos. El objeto del contrato consistió en la concesión de uso especial de bienes públicos, que otorga el IDR D a la originadora, a cambio de la contraprestación económica y de ciertos usos del Coliseo para que desarrolle el proyecto por su cuenta y riesgo. En este caso particular, el concesionario se comprometió a rehabilitar el Coliseo Cubierto El Campín, a ejecutar todas las construcciones acordadas en el contrato, a mantener la infraestructura en estado de disponibilidad durante la etapa de duración y mantenimiento y a revertir los bienes de propiedad del IDR D y en general, todos los bienes inmuebles con todos sus anexos en las condiciones señaladas en el contrato de concesión al vencerse los tiempos acordados. Se acordó que el IDR D

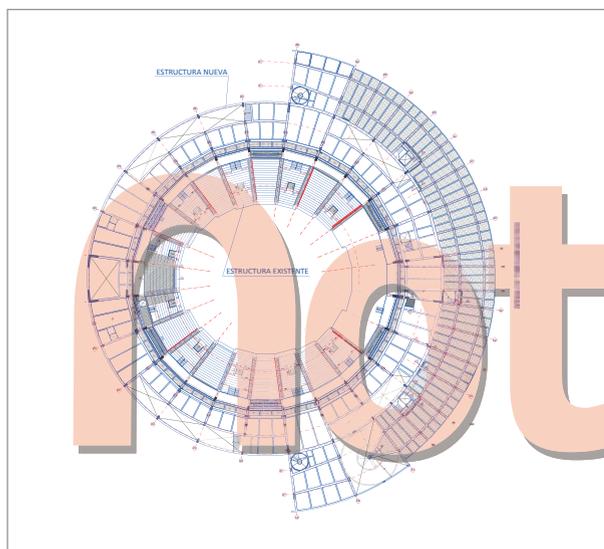
obtendría mensualmente una contraprestación, liquidada y pagada por el Patrimonio Autónomo del proyecto, que consiste en una suma de dinero equivalente al 2% de los ingresos monetarios o no monetarios brutos del concesionario, proveniente del recaudo de derechos de uso, los derechos por patrocinio y los ingresos por explotación comercial. Para el Distrito Capital fue una propuesta atractiva ya que, sin invertir un solo centavo en la rehabilitación del edificio, iba a obtener un escenario construido con las últimas tecnologías y estado del arte de escenarios multipropósito de nivel mundial, además de un importante recaudo monetario.

El proyecto inicialmente se planeó con duración aproximada de 300 meses, de los que se tenían 3 para etapas de pre-construcción, 24 para la etapa de construcción, 2 meses adicionales para pruebas y los restantes para los periodos de operación y mantenimiento. El proyecto se inauguró antes de lo estipulado

(en octubre de 2018) y benefició adicionalmente a los bogotanos con varias obras de urbanismo, parques y campos deportivos en el exterior del Coliseo que tampoco tuvieron costo alguno para el Distrito.

Historia

Vale la pena describir la concepción estructural original que tuvo el Coliseo Cubierto El Campín durante las etapas de su diseño y construcción por parte del ingeniero estructural más importante que ha tenido Colombia, Guillermo González Zuleta, quien demostró en este proyecto sus grandes calidades profesionales y su inigualable creatividad estructural al proponer un sistema totalmente novedoso y sofisticado hace ya casi 50 años, sin ayuda de computadores, calculadoras o programas de diseño (CAD) como los que abundan hoy en día en el mercado.



← Figura 1. Planteamiento estructural de la intervención. CORTESÍA P&P PROYECTOS

↓ Foto 5. Vigas de graderías deterioradas por carbonatación, el antes (a) y el después (b). CORTESÍA P&P PROYECTOS

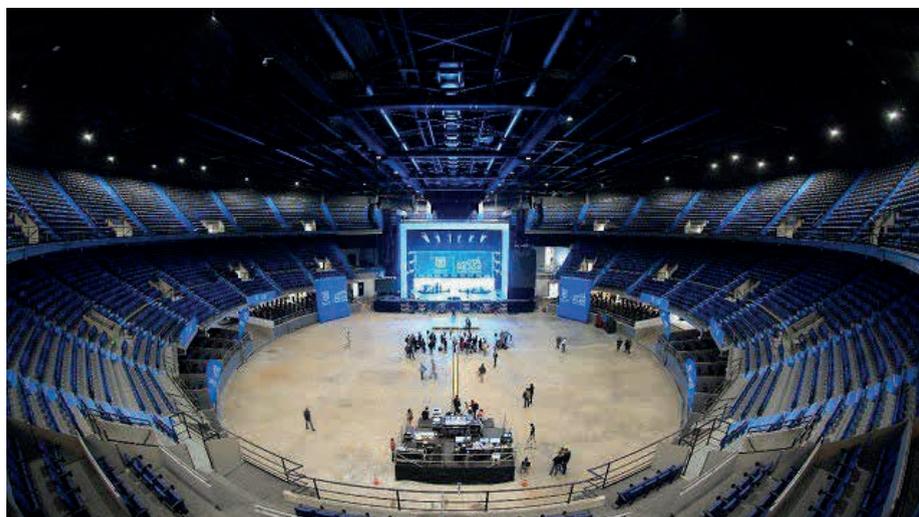
En la época de construcción original, a inicios de la década de 1970, se emplearon 21 meses para su construcción y se efectuó una inversión de \$55.000.000 COP. En su momento el proyecto fue galardonado con el Premio Nacional de Ingeniería y fue el coliseo más grande de Latinoamérica. La construcción original se llevó a cabo por los ingenieros Jorge Alvarado, Germán Loboguerrero y Oscar Revéz. El diseño estructural consistió en plantear una estructura con 24 pórticos radiales, todos ellos fundidos con concreto reforzado. El pilotaje original también fue construido en concreto reforzado mediante la ayuda de una camisa metálica que tenía en su punta un elemento prefabricado que impedía el ingreso de agua durante las obras. La estructura en planta se concibió como una elipse en el sector de la plataforma de espectáculos, así como en la proyección de las graderías. Los ejes mayores de las dos elipses eran normales entre sí, lo cual tenía por objeto acomodar la mayor cantidad de espectadores en el Coliseo. Adicionalmente, existía un puente en concreto que unía los extremos de la elipse de las graderías. Dicho puente tuvo diferentes componentes: concreto, acero de refuerzo convencional, perfiles

de acero estructural y cables postensados, aspecto que reafirma la genialidad de González Zuleta. En el nivel de la cubierta se generó un anillo perimetral de compresión que cumplía el trabajo estructural especial de unir los 24 pórticos radiales. Los extremos de los pórticos, que al parecer terminan en voladizos importantes, trabajan en conjunto no solo por la existencia del anillo perimetral, sino por la acción de cables postensados localizados a lo largo de la cubierta del Coliseo. En el comportamiento estructural del Coliseo se nota analogía con una canasta convencional.

Obras destacables

En enero de 2015, en audiencia pública en el IDRD, se presentó ante la opinión pública el proyecto de Asociación Público-Privada para renovar el Coliseo Cubierto El Campín. El ambicioso plan se denominó “Renovación arquitectónica, actualización tecnológica, operación y mantenimiento del Coliseo Cubierto El Campín”. Su principal objetivo era el de rescatar este importante escenario que llevaba varios años de abandono. La idea era convertirlo en un escenario multipropósito que pudiera albergar eventos deportivos, recreativos, musicales y culturales para que Bogotá tuviera un escenario a la altura de una capital importante y, de esta manera, posicionar al Coliseo como uno de los más modernos equipamientos urbanos para la presentación de espectáculos de Latinoamérica, logrando que Bogotá se convierta en epicentro de la gira de grandes artistas internacionales -como se ha observado durante este primer año de operaciones exitosas del Movistar Arena-





El área total del proyecto fue de aproximadamente de 50.000 m², de los cuales la mitad fue construcción nueva y la otra mitad intervención de la edificación existente. En la modernización del Coliseo se dispusieron espacios de recreación, zonas comunes, camerinos, restaurantes, suites VIP, boxes y diversos ámbitos para ofrecer experiencias atractivas a los visitantes, todo esto agregado al mencionado edificio de estacionamiento, que también alberga diversas instalaciones técnicas y mecánicas del proyecto.

Se construyó un nuevo puente de 115 m de luz con una importante parrilla de acero que sirve de soporte para la iluminación, sonido y artistas. Esto eliminó los límites a la presentación de artistas de talla internacional en cuanto a la organización y producción de sus eventos. Además de lo anterior, se hizo un estudio estructural completo del Coliseo existente donde, como resultado, fue necesario ejecutar grandes obras de reforzamiento sísmico. Cabe anotar que las obras propuestas se ejecutaron en tiempo récord, incluso recortando la programación inicial de obra y la fecha de entrega que en principio se había acordado con el gobierno distrital. Entre los objetivos de este proyecto no estaba la ampliación de la capacidad que tenía de 14.000 espectadores, pues el modelo de negocio planteado inicialmente por el originador de la APP en las etapas de prefactibilidad y factibilidad fue corroborado en las etapas de diseño y dio como resultado que este aforo era el adecuado para este tipo de escenario.

Se llevaron a cabo cuatro grandes proyectos dentro de las obras de rehabilitación y modernización del Movistar Arena:

Parqueaderos. El primero de ellos fue el diseño y construcción de un edificio nuevo de parqueaderos, desarrollado en tres niveles, con un área aproximada de 3.000 m² y que se encuentra adosado al nuevo edificio envolvente del Coliseo, con capacidad para más de 300 plazas. Esta edificación consiste de una estructura sencilla aporcionada, que, desde el punto de vista arquitectónico se definió como una estructura radial con un carril central de circulación y estacionamientos

↑ Foto 6. Vista interior intervención.
CORTESÍA ALCALDÍA DE BOGOTÁ

a ambos costados, con una rampa circular de ingreso y salida de vehículos en el extremo occidental de la edificación. El sistema estructural utilizado para los estacionamientos fue el que define el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, como pórticos de concreto reforzado, diseñado con una capacidad de disipación de energía sísmica moderada – DMO. Tanto las columnas como las vigas principales y su entrepiso fueron construidas en concreto reforzado, siendo la mayoría de las columnas de sección rectangular, y el entrepiso conformado por un sistema de placa maciza con vigas descolgadas. La cimentación de esta edificación consistió en una serie de pilotes de concreto reforzado de 60 cm de diámetro en promedio, y de 34 a 45 m de profundidad, con el fin de atravesar los estratos superficiales de baja capacidad portante y poder desarrollar la fricción necesaria en la longitud prevista en los suelos arcillosos y arenosos del perfil. Los pilotes están unidos en superficie mediante cabezales de concreto. De acuerdo con la Microzonificación Sísmica de Bogotá, el Coliseo se encuentra ubicado en una zona lacustre.



↑ Foto 7. Apariencia original Coliseo.
CORTESÍA PRABYC INGENIEROS

Edificio envolvente. Como segunda obra importante, la rehabilitación y actualización del Movistar Arena, se encuentra la construcción de un nuevo edificio que envuelve la estructura circular existente del antiguo Coliseo. Este nuevo edificio se desarrolla en una altura de cuatro pisos, con área aproximada de 9.000 m² y es totalmente cerrado, lo que supone grandes ventajas estructurales. Allí se albergan diferentes servicios de restaurantes, alimentos, instalaciones sanitarias y técnicas, entre otros. Para esta segunda construcción también se contó con una estructura consistente en pórticos de concreto reforzado con propiedades similares a las ya descritas para el edificio de estacionamientos, pero con grandes luces que alcanzaban 14 m y alturas de hasta 5 m entre los diferentes niveles.

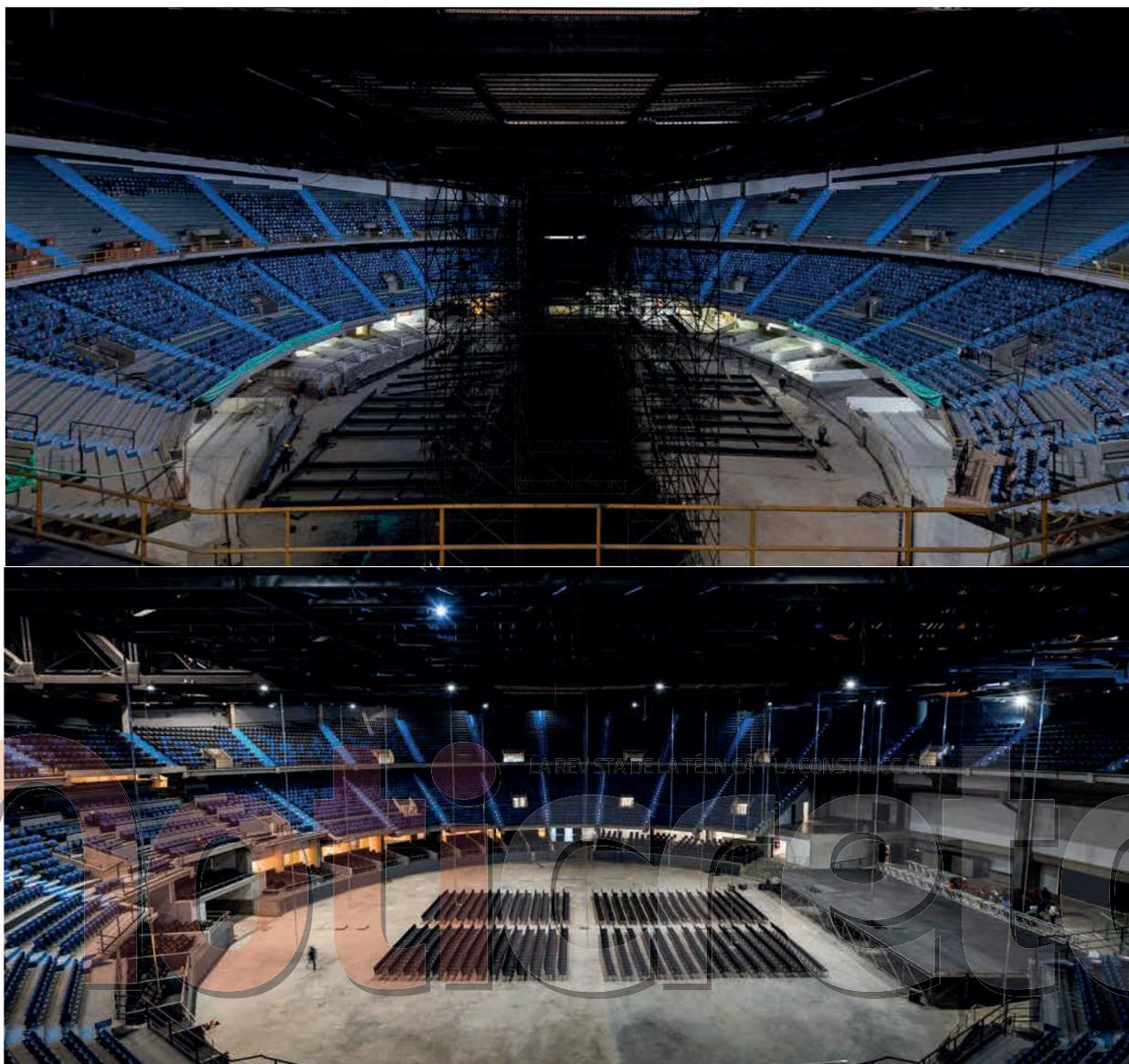


LA REVISTA DE LA INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

Rehabilitación y actualización sísmica. El tercer gran proyecto fue la obra de rehabilitación sísmica y estructural del Coliseo existente. Consistió en ejecutar trabajos de rehabilitación y reforzamiento en la estructura principal y en la cimentación a través de recalces en vigas, placas y columnas, además de la adición de muros de concreto y de micropilotes no solamente por razones sísmicas, sino por factores de afectación del concreto y del acero de refuerzo a lo largo de los casi 50 años de vida útil del equipamiento. También se agregó un nuevo puente-parrilla metálico, se rehabilitó la estructura de cubierta –incluyendo el cambio total de su superficie– y se completaron trabajos de mampostería, obra negra y acabados. Para llevar a cabo esta tercera fase del proyecto se ejecutaron diversos levantamientos arquitectónicos del predio existente, incluyendo un levantamiento detallado topográfico 3-D de la totalidad de los espacios que componen el Coliseo, lo que sirvió como base para todos los estudios técnicos, pues en el momento se contaba con información limitada sobre la estructura y la arquitectura originales. Se llevaron a cabo, además, exploraciones estructurales y geotécnicas no solo con el fin de conocer de manera precisa la geometría y componentes estructurales, sino para determinar las propiedades reales mecánicas de los materiales que las integran. Se hicieron ensayos al concreto y al acero de refuerzo entre otros, incluyendo además un estudio de levantamiento y comportamiento de fisuras, determinación de recubrimientos reales de concreto y afectación por carbonatación del concreto reforzado, entre otras pruebas.

↑ Foto 7. Ejecución de fachada y obras de urbanismo.
CORTESÍA PRABYC INGENIEROS

Es de resaltar la serie de pruebas de carga gravitacionales y de simulación sísmica que se realizaron en el Coliseo durante las etapas de diseño en que, utilizando más de 180 tanques de agua, se efectuó una prueba de carga gravitacional durante varias semanas, que permitió estudiar detalladamente el comportamiento estructural de las graderías en los diferentes voladizos bajo la acción de estas cargas (cargas vivas superiores a las de diseño) y donde se tomaron medidas de deformaciones totales y de recuperación de la estructura en sus voladizos, así como de deformaciones unitarias y rotaciones en las columnas y vigas principales. El resultado siempre fue positivo y dejó tranquilo al equipo técnico del proyecto en cuanto a las capacidades estructurales del Coliseo existente, un aspecto que fue verificado posteriormente en los modelos matemáticos computacionales. Adicionalmente, se llevaron a cabo ensayos de simulación sísmica con excitación forzada, mediante la introducción de excitadores sísmicos, herramientas que inducen movimientos armónicos simples en la estructura, con y sin la carga viva aplicada, con el soporte de velocímetros *minimate* y acelerógrafos a fin de estudiar las propiedades dinámicas de la estructura: frecuencias de vibración y sus correspondientes periodos estructurales, velocidad, aceleraciones y amplitudes de los movimientos en las tres direcciones principales. Es importante anotar que desde la concepción estructural se definió que la edificación existente iba a trabajar como una unidad estructural independiente respecto a las estructuras nuevas que la envuelven.



El diseño estructural de los reforzamientos sísmicos y de los elementos nuevos de la zona existente se realizó siguiendo los requerimientos del Reglamento NSR-10 y se aplicó un análisis de complemento con la evaluación y diseño del reforzamiento basado en el documento ASCE-SEI-41-13, según lo permite el artículo A.10.1.2.3 del NSR-10. Este segundo estudio permitió evaluar de mejor manera la vulnerabilidad sísmica (en cuanto a fuerzas y desplazamientos) del Coliseo en caso de un evento sísmico. Dentro de las grandes modificaciones estructurales que sufrió el edificio existente, además de su reforzamiento sísmico, el equipo arquitectónico planteó demoler la platea existente a nivel de primer piso, lo que permite que el público de primer nivel se acomode hoy donde antiguamente existía un sótano inutilizado, para lo cual fue necesario revisar los muros de contención existentes. Sumado a lo anterior, y con el fin de introducir un nuevo escenario multipropósito, fue necesario demoler cinco paneles de graderías. Tal demolición exigió agregar muros de concreto que sustituyeran la pérdida de rigidez y de resistencia, así como la construcción de varias columnas y el refuerzo de la cimentación al generar columnas de mayor esbeltez en este sector.

↑ Foto 8. Intervención al interior del coliseo.
CORTESÍA PRABYC INGENIEROS

Urbanismo. Finalmente, el cuarto proyecto desarrollado en el Movistar Arena fue un regalo para la Capital: todas las obras de urbanismo y exteriores construidas alrededor de las instalaciones del Coliseo. Entre ellas se encuentran parques recreativos para niños, canchas de fútbol 5, áreas de gimnasia al aire libre y pistas de patinaje, entre otras. A lo largo de estos últimos meses desde la inauguración del Movistar Arena, se ha visto el cambio positivo en la comunidad que circunda el proyecto, teniendo la visita diaria a estas obras exteriores por parte de los vecinos del sector.

Como conclusión, se puede afirmar que la modalidad de Asociación Público-Privada puede, para ciertos casos, ser muy ventajosa para el sector público y para las entidades particulares, y un ejemplo claro es el Movistar Arena. El presupuesto aproximado de intervención en el reforzamiento estructural fue de \$3.600.000.000, mientras que, de haber seguido el camino recomendado por otros, que consistía en la demolición del Coliseo y la construcción de uno nuevo, el costo de la estructura habría ascendido a cerca de \$27.000.000.000. 

Prefabricados de concreto en naves industriales

Uso de 100% de prefabricados de concreto en construcción de fábricas

Rodrigo Sciaraffia. Discovery Precast
Fotos: Cortesía Discovery Precast



Evaluación integral con arquitectura, ingeniería, fabricación, transporte y montaje del 100% de piezas prefabricadas de concreto: fundaciones, vigas de fundación, pilares, viga portante y viga puntal, muros estructurales y arquitectónicos, costaneras y escaleras.

Consideraciones generales

La consolidación del uso de prefabricados de concreto llega a la máxima expresión en la etapa de diseño de la nave industrial para fábrica de muebles y el altillo para oficinas y sala de exhibición de Empresa La Alpina, ubicada en La Serena, IV Región, Chile. La necesidad del cliente de disponer la fábrica en el menor plazo posible significó la preparación de una propuesta por parte de la empresa de prefabricados de una solución arquitectónica y constructiva, considerando el 100% de obras con prefabricados de concreto.

Negocios y construcción industrializada

La decisión de construir una fábrica se basa en la necesidad de las empresas de agregar valor a sus negocios. Ya sea nueva, ampliación de instalación en uso o sucursales, y para diversos fines tales como manufactura, hangar, bodega de materiales, frigorífico, logística o centro de distribución, en cada etapa de decisión de inversión la infraestructura tiene que cumplir objetivos básicos para el resguardo del equipamiento, materiales y, principalmente, para que se mantenga la operación frente a singularidades como terremotos e incendios. Hoy, en mercados tan dinámicos, incluso pensar en el escenario de la futura reutilización para otros tipos de negocios aumenta el valor residual en la etapa de evaluación.

A partir de lo anterior, la definición del presupuesto y plazo de construcción del proyecto, dimensionamiento en superficie de la estructura, altura libre, modulación entre pilares y materialidad de la superestructura y techumbre, cobran una mayor trascendencia. Lo tradicional en la etapa de diseño es la presentación de tipologías de naves industriales buscando el menor costo de construcción basados en los proyectos ejecutados por cada oficina de arquitec-



↑ Etapa montaje Torre principal.

tura, sin embargo, la construcción industrializada y el uso de prefabricados de concreto, permite introducir mayores y nuevas consideraciones lo que otorga más información y de valor para la etapa de toma de decisión durante la evaluación del proyecto de inversión, generando un punto de inflexión.

La construcción industrializada y el uso de prefabricados de concreto no se tiene que considerar como una etapa aislada o consecutiva dentro de las fases de diseño de un proyecto, sino una de las principales y con enfoque en fase temprana para que los beneficios sean visibles desde un comienzo y permitan viabilizar proyectos de inversión que con método tradicional de construcción, puedan incluso, no lo ser financieramente viables y dar certeza a grandes proyectos de inversión de carácter estratégico tanto social como privados.

Basta considerar algunos de los siguientes atributos del uso de prefabricados de concreto, por ejemplo, los parámetros certeza de plazo y costo de construcción junto a la reducción de plazo para la puesta en marcha del negocio, estos directamente generan nuevos ingresos por la oportunidad de comenzar la producción, el bodegaje o arriendo en varios meses previos a lo establecido lo que se traduce en incorporar en la evaluación financiera del proyecto de construcción un flujo de ingresos que no estaban contemplados con el método tradicional de construcción de mayor plazo; durante la construcción, la nula y mínima emisión de polvo y ruidos permite desarrollar proyectos en cualquier lugar y en especial en zonas urbanas; acceder a lugares de difícil acceso o en condiciones climáticas adversas como alta montaña, permite viabilizar proyectos gracias a una planificación de construcción compatible con el entorno; por materialidad, se logra un mínimo y en muchos casos nulo costo de mantenimiento, junto con el menor pago de prima de seguros



↓ Escaleras prefabricadas.





↑ Etapa de montaje vigas de cubierta.



↑ Vista del avance del montaje de nave industrial por interior.

↓ Vista interior de fábrica con el montaje complementos de cubierta.



contra incendio comparado con la estructura metálica; por mayor calidad, durabilidad y capacidad resistente, se logra aumentar la vida útil que se traduce en una estructura más rentable y segura; por mínimo grupo de personal para el montaje y construcción, no se supedita el proyecto a la escasez de mano de obra y al creciente aumento de su costo; y la oportunidad de entregar terminación arquitectónica e imagen corporativa evitando costos por materiales adicionales gracias al alto estándar de calidad de terminación del concreto a la vista que permite cualquier rasgo, relieve y color.

A partir de esto, la evaluación típica con pilares de concreto armado “cast in place” o metálicos, junto a vigas y costaneras del mismo material, en modulaciones estándar entre pilares de 10 m x 12 m, al ser comparadas con soluciones integrales con prefabricados de concreto en modulaciones 15 m x 25 m, y que han llegado con experiencias en Chile a módulos de 23 m x 35 m, hacen necesario en la etapa de diseño del proyecto evaluar los atributos de todas estas ventajas competitivas y comparativas. Para el Gerente de Finanzas de una compañía, se establece un escenario financiero que no hace indistinta la metodología constructiva y la materialidad, comenzando a asignarse a la evaluación del proyecto una mirada global y relacionada con el negocio y no solo al presupuesto de construcción.

Caso: Proyecto nave industrial con 100% uso prefabricado de concreto

El caso para exponer es un claro ejemplo de la importancia en la integración temprana del uso de prefabricados de concreto.

Primero, la opinión y acompañamiento del arquitecto de empresa de prefabricados presentando un diseño al cliente con un ambiente amplio e iluminado, minimalista por su forma simple y rítmica por la disposición ordenada de sus llenos y vacíos, integrando elementos característicos del contexto del negocio del cliente como el Torreón de 12 m de alto por 5 m de ancho y sus arcos de medio punto en el acceso principal, sintonizando con las antiguas construcciones del sector; y a nivel constructivo, un proyecto de rápida ejecución basado netamente en actividades de montaje de piezas prefabricadas de concreto desde las fundaciones hasta la techumbre. La única actividad de concreto realizada son las uniones húmedas en los nudos que ensamblan las vigas en pilares y la sobrelosa (placa compresión) de pisos en el altillo, que conforma las oficinas y sala de exhibición de la fábrica.

El costo y plazo de construcción no sufrió modificaciones y, comparando las soluciones entre prefabricados y el método tradicional, se redujo el plazo total del proyecto en 50%. En este caso, el cliente tenía muy claro y esperaba el cumplimiento de las certezas ofrecidas y resultó que todos se mostraron muy impresionados

cuando observaban que no existió el trabajo tradicional de movimiento de materiales, personal y maquinaria, retiro de residuos de construcción, espera de camiones para el vaciado de concreto premezclado en moldajes, consolidación de hormigón, curado posterior y reparaciones por problemas de no cumplimiento de tolerancias de construcción, ya sea, por errores o desplazamiento de sistemas de moldajes. Señalaban: ... “la obra se veía deshabitada”.

Tipología nave industrial más altillo y proyecto de ingeniería

La fábrica y edificación son estructuras de concreto armado y se configuran en base a elementos prefabricados de concreto. El sistema de fundaciones es del tipo cáliz junto a vigas de fundación de amarre. La superestructura está compuesta por pilares para la nave y altillo, vigas portantes de sección I pretensadas y viga puntal sección rectangular, prelosas y escaleras en altillo junto a muros perimetrales estructurales y arquitectónicos de concreto armado y la techumbre conformada por vigas T. En total, 492 piezas y 950 m³ de prefabricados de concreto armado y pretensado. Consultado el calculista de la empresa de prefabricados, el proyecto de cálculo se realiza según la normativa y códigos vigentes y de uso en Chile, citando normas NCh, Decretos del Ministerio de Vivienda de Chile y el código ACI 318.

Oportunidades para un panorama más amplio

Comúnmente las publicaciones relacionadas con las experiencias en proyectos de construcción atienden aspectos netamente técnicos, como las características de los materiales, desafíos e hitos más importantes. En esta oportunidad el objetivo es mostrar un panorama más amplio y transmitir el impacto de la construcción industrializada en los negocios y lo vital de la participación de todos los actores a lo largo del proceso, desde la decisión de inversión, financiamiento, arquitectura, hasta la construcción y puesta en marcha.

La construcción industrializada, la rapidez y demás ventajas del uso de prefabricados de concreto, aportan claramente en los plazos para adelantar y comenzar la operación de los negocios. Además, permiten advertir respecto a costos que no son despreciables, relacionados con uso y mantención a lo largo de su vida útil, lo que necesariamente cambia y exige nuevas maneras de evaluación de proyectos. Ahora hay que adaptarse y sintonizar con las características de cada negocio buscando viabilizar con mayor certidumbre los actuales, aumentando su rentabilidad y accediendo a la aprobación de otros gracias a un análisis de sensibilidad incluyendo nuevos escenarios con mayor valor agregado que otorgan los atributos de los prefabricados de concreto. 



↑ Vista interior de muros y accesos.

↓ Etapa de montaje altillo (edificación 2 pisos)



De residuo a recurso: ¡El concreto se vuelve más sostenible!

Giorgio Ferrari. Investigación y Desarrollo, Mapei
Amilcare Collina. Investigación y Desarrollo, Mapei

Fotos: Cortesía Mapei



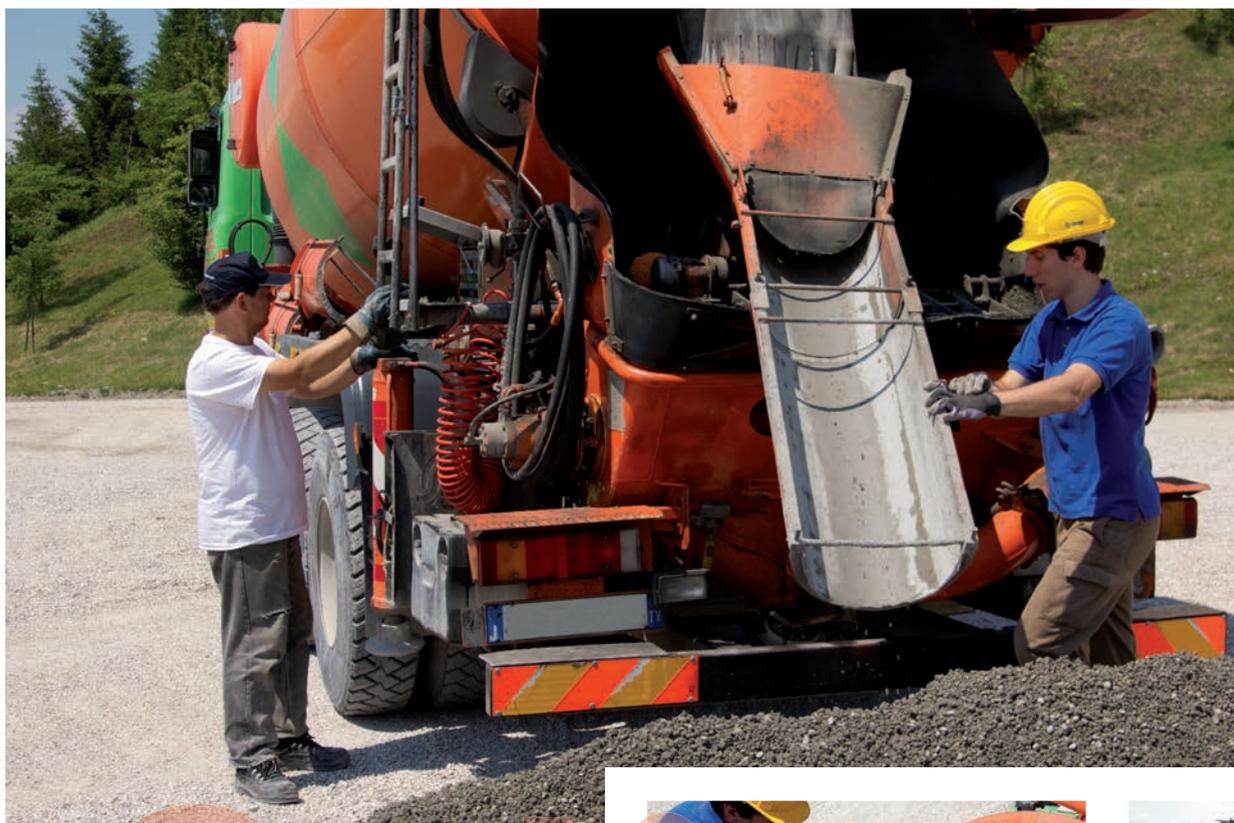
Cada año se producen trece mil millones de metros cúbicos de concreto

en todo el mundo, el equivalente a alrededor de treinta mil millones de toneladas, o a casi cuatro toneladas anuales por cada habitante del planeta. El gran éxito de este material se debe a sus excelentes características y propiedades: relación costo/beneficio, gran disponibilidad de materias primas, excelentes propiedades mecánicas, y durabilidad. Cada día, y en todos los rincones del mundo, cientos de miles de camiones transportan concreto fresco desde plantas mezcladoras a las obras para utilizarlo en la construcción de todo tipo de edificios e infraestructuras.

↑ Foto 1. Cada año unos 400 millones de m³ de concreto devuelto requieren tratamiento.

Sin embargo, no todo el concreto que se produce se utiliza en el sitio. Cierta cantidad, desde algunos centenares de litros hasta varios metros cúbicos, se devuelve a la planta mezcladora en su estado original, lo que se conoce como concreto devuelto. Por diversas razones, la generación de concreto devuelto es inevitable y, como tal, debe considerarse parte integral del proceso de producción. Según las estimaciones, las cuentas de concreto devuelto representan alrededor del 3% del volumen total producido, o alrededor de 900 millones de toneladas por año a nivel mundial.

Solo una fracción de todo el concreto devuelto puede reutilizarse en la fabricación de elementos de concreto,



← Foto 2. El insumo producido puede usarse como agregado para nuevo concreto.

mientras que, en su mayor parte, debe disponerse debido a la carencia de posibilidades viables de usarlo de nuevo y transformarlo; es, por mucho, el residuo más abundante de las plantas de concreto. La disposición del concreto devuelto en los “botaderos” tiene un impacto sobre el medio ambiente que puede expresarse en términos de CO_2 “equivalente”, el gas con mayor responsabilidad en el calentamiento global. En términos numéricos, un metro cúbico de concreto devuelto enviado para “botaderos” equivale a 267 kg de CO_2 que, si se multiplica por la cantidad de concreto devuelto que se fabrica anualmente en el mundo, equivale a casi 105 millones de toneladas de CO_2 , la misma cantidad producida en un año por alrededor de 47 millones de automóviles medianos, más que los que circulan actualmente en Alemania.

En la actualidad se han desarrollado productos que permiten obtener un concreto más sostenible y que hacen posible recuperar y transformar el concreto devuelto, pasando de un modelo económico “lineal”, basado en la producción de desechos, a un modelo económico “circular” en el que los residuos ya no existen y se convierten en un recurso. Una economía circular es un tipo de sistema industrial regenerativo: reemplaza el concepto de “fin de vida” a uno de “restauración”, evita el agotamiento y la disminución de los recursos naturales, fomenta la utilización de energías renovables, elimina el uso de sustancias químicas tóxicas que impiden su reutilización y retorno a la biosfera, ayudando a eliminar el desperdicio al mejorar el diseño de materiales, productos, sistemas y modelos de negocio.



↑ Foto 3. Estos productos absorben el agua en solo unos minutos.



↑ Foto 4. Todo el concreto devuelto en Colombia ya puede recuperarse.

Pero, ¿cómo estos productos hacen posible transformar el material de desecho de concreto en un recurso? Cuando se agregan al concreto devuelto en un camión mezclador o en cualquier otro sistema de mezcla adecuado, los aditivos especiales contenidos absorben en solo unos minutos cualquier agua libre presente y “secan” el concreto; al hacerlo, se transforma en agregados caracterizados por una distribución de tamaño de grano y características mecánicas que los hacen perfectamente adecuados para ser aprovechados nuevamente en la fabricación de concreto nuevo, sin dejar residuos sólidos ni líquidos.

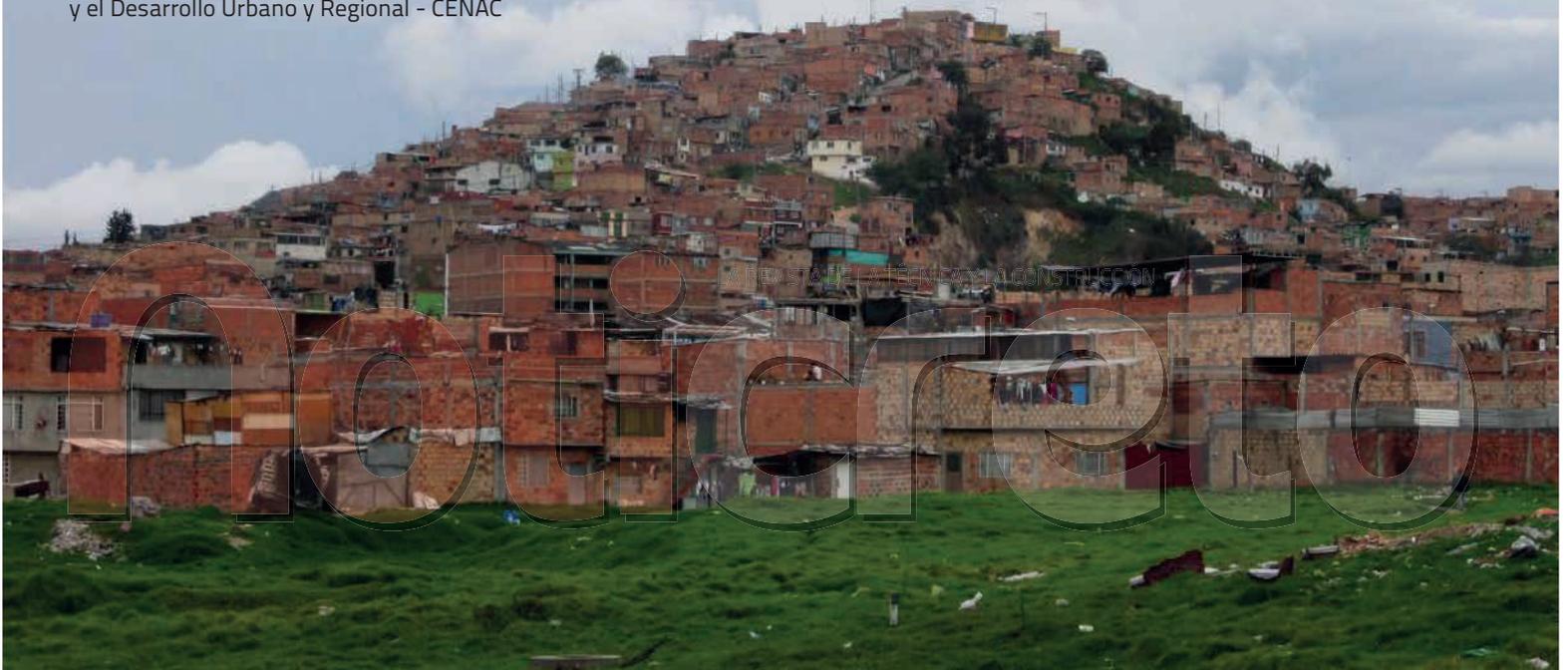
Las ventajas que ofrecen estos productos innovadores son claras: la producción de agregados a partir del concreto devuelto permite que la adquisición de agregados naturales se reduzca en una cantidad correspondiente, lo que limita, a su vez, el agotamiento de las materias primas y también elimina completamente el uso de “botaderos”, reduciendo aún más el impacto en el medio ambiente pues, con estos productos, un metro cúbico de concreto devuelto puede producir incluso solo 6,75 kg de CO_2 , casi 40 veces menos que su desecho en un botadero. Además de los beneficios ambientales, también están las correspondientes ventajas asociadas con su aplicación para todo el sistema industrial: reducción significativa en los costos de producción, adquisición de materias primas y eliminación de desechos.

Hoy, gracias a estas tecnologías, existe la certeza de que todo el concreto devuelto en Colombia ya puede recuperarse y reutilizarse, mediante un proceso de transformación industrial basado en los principios de una economía circular, para generar los requisitos ambientales para su uso correcto en la producción de concreto y en otros trabajos de ingeniería civil. Las pruebas en nuestro país se han ejecutado con éxito y es solo cuestión de tiempo para que sigamos avanzando hacia hacer de la industria concretera más eficiente en el aprovechamiento de residuos.

Una mirada a las formas de producción de vivienda y pavimentos

Informalidad y sostenibilidad

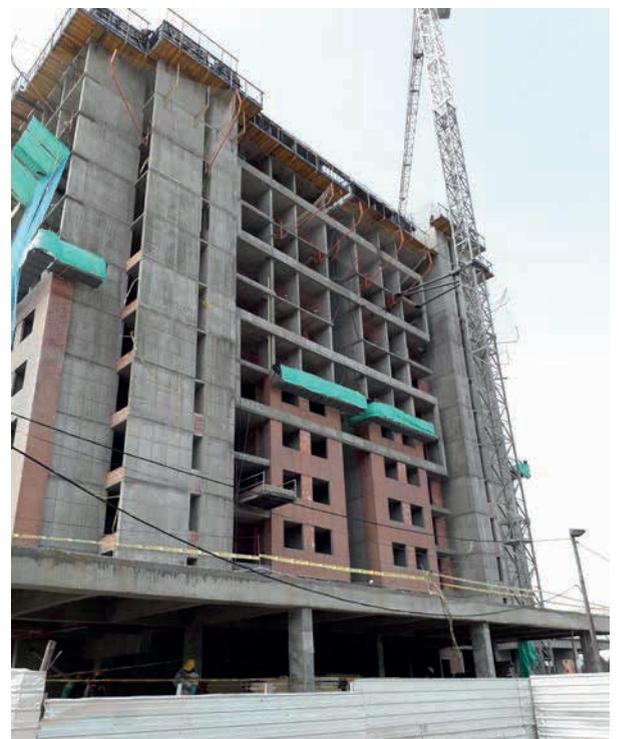
Jorge Enrique Torres. Director Ejecutivo, Centro de Estudios de la Construcción y el Desarrollo Urbano y Regional - CENAC



La Asociación Colombiana de Productores de Concreto, ASOCRETO, y el Centro de Estudios de la Construcción y el Desarrollo Urbano y Regional, CENAC, realizaron en 2018 un estudio que tuvo como objetivo “...estimar el consumo de concreto en la producción de vivienda y en la construcción de pavimentos comunitarios, desagregándolo según su origen en concreto industrializado y mezclado en obra, considerando las formas de producción formal e informal...”. La información requerida se obtuvo mediante la consulta a fuentes directas e indirectas, proceso que incluyó la compilación de datos en proyectos habitacionales y viviendas en obra. Este estudio se hizo por encargo del *Concrete Sustainability Council*, fue financiado por *One Planet Network* mediante el Fondo del Marco Decenal de Consumo y Producción Sostenible (10YFP) administrado por el Programa de las Naciones Unidas por el Medio Ambiente, PNUMA, y consistió en el desarrollo de un piloto de implementación de un esquema de certificación de abastecimiento responsable para concreto en Colombia, Costa Rica y Panamá.

↑ Construcción informal. Ciudad Bolívar. Bogotá.
TOMADO DE WIKIPEDIA

→ Construcción edificio con sistema industrializado.
CORTESÍA CARLOS PALOMINO





Es pertinente señalar que las dos capitales presentan condiciones propias en materia de los procesos históricos de poblamiento, modelo de ciudad (compacta en Bogotá y dispersa en San José), densidad poblacional y en el tamaño del stock habitacional (más de 2.1 millones de unidades habitacionales y más de 81 mil viviendas, respectivamente).

La información de la vivienda formal se tomó en proyectos habitacionales de tipo unifamiliar y multifamiliar, mientras que, en el caso de la informal, en unidades unifamiliares de uno y dos pisos. Para esta forma de producción de vivienda en Bogotá se estudiaron casas de un piso con cubierta liviana, un piso con cubierta en concreto, y dos pisos con entrepiso en placa y cubierta liviana, con áreas de 72.0 m², en los dos primeros casos, y 145.10 m² en el tercero. En San José en casas de un piso con un área final de 96 m² y de dos pisos con superficies de 140 m² y 145 m². En cada una de las ciudades los procesos informales reportan ciclos de construcción diferentes. En Bogotá entre cinco y diez años y en San José con una maduración característica más prolongada.

Los hallazgos del estudio evidencian que, durante el periodo de referencia de este trabajo, la actividad edificadora de vivienda formal registrada en San José era generada en mayor proporción mediante la aplicación de sistemas industrializados de construcción, comparativamente con la observada en Bogotá. En lo referente a la producción residencial informal, se destaca la existencia de una dinámica y dimensión superior en esta ciudad colombiana, lo cual también sucede con los pavimentos comunitarios.

↑ Mezcla de concreto en obra.
CORTESÍA U.S. DEPT OF DEFENSE

→ Descarga de concreto premezclado.
CORTESÍA U.S. NATIONAL PARK SERVICE



En lo que respecta al consumo promedio de cemento por metro cúbico de concreto en la vivienda informal, en San José se calculó en 382.5 kg y en Bogotá en 375 kg.

Los anteriores datos indican que la industrialización de las mezclas de concreto podría representar un potencial de ahorro del orden del 45.3% y 30.1% en el cemento aplicado en la producción residencial informal en Bogotá y San José, respectivamente, con un consecuente impacto positivo en la reducción de las emisiones. A nivel ilustrativo se señala que, en China, por motivos de sostenibilidad, se adoptó una medida mediante la cual se implementó la sustitución de las mezclas de concreto en 200 centros urbanos, pasando de la mezcla en obra a la premezclada.

El desarrollo del estudio contó con la colaboración técnica del Instituto Costarricense del Concreto y del Cemento, ICCYC y ASOCRETO de Colombia y complementa un estudio anterior desarrollado también por CENAC en el año 2011, donde se estudiaba el impacto de la informalidad en el consumo de materiales de construcción.

Centros Felicidad: Íconos arquitectónicos para recreación y deporte

Fotos, información y cifras: Cortesía Instituto Distrital de Recreación y Deporte (IDRD)



↑ Foto 1. Exterior de Centro Felicidad (render).

Construir espacios que permitan a los ciudadanos hacer de la actividad física

parte cotidiana de su vida, sumado a iniciativas de promoción y prevención, permite en el largo plazo mejorar los índices negativos de salud pública y, en consecuencia, disminuir las inversiones de presupuesto para atender enfermedades prevenibles e incluso previsibles, sin mencionar el incremento en la calidad de vida de la población. La actividad física moderada y constante conlleva grandes beneficios para la salud, contrarrestando posibles daños o, incluso, facilitando la recuperación de afectaciones ocasionadas por accidentes. Todo esto sin mencionar que, en todas las edades, los beneficios son indiscutibles y perceptibles por quien la realiza actividad física como hábito¹.

Bogotá, una de las principales capitales de América Latina, carecía de espacios públicos de gran magnitud destinados a la recreación, el deporte y la cultura en un solo lugar de confluencia, lo cual privaba de estos beneficios a los ciudadanos que no disponen del tiempo ni de los recursos necesarios para desplazarse a los lugares donde pueden ejercerlos. La ciudad se ha dedicado a trabajar arduamente por recuperar espacios perdidos y devolvérselos a la comunidad a través de una amplia oferta de infraestructura y programas para aprovechar el tiempo libre y el cuidado de la salud sin distinciones de clase económica o de género.

1: Organización Mundial de la Salud. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>



↑ Foto 2. Construcción del Centro Felicidad Fontanar del Río, localidad de Suba.



LA REVISTA DE LA TÉCNICA Y LA CONSTRUCCIÓN

Centros Felicidad

Una de estas iniciativas, los Centros Felicidad, nació al realizar un análisis profundo del comportamiento de los bogotanos alrededor de la recreación, el deporte y la cultura. Aunque es inherente al ser humano, este análisis mostró claramente que los ciudadanos son más felices y mejoran su calidad de vida cuando participan en conjunto con sus familia o amigos en actividades lúdicas, de esparcimiento, recreativas y culturales. Los Centros Felicidad se presentan a la comunidad como un equipamiento público con fines recreacionales que cuenta con infraestructura y dotaciones físicas para ofrecer a los bogotanos la posibilidad de fortalecer el encuentro ciudadano en lugares que no cuentan en la actualidad con este tipo de centros recreacionales, para generar una dignificación en la condición humana y, en consecuencia, una identidad y carácter a la comunidad objeto de la intervención.

Estos nuevos íconos arquitectónicos para la ciudad, cuya construcción está siendo liderada por la Alcaldía de Bogotá, a través del Instituto Urbano de Recreación y Deporte, ofrecerán servicios recreativos, deportivos y culturales de alto nivel en un área cercana a los 12.000 m² cada uno, donde se podrán encontrar: piscina olímpica y recreativa, polideportivo, gimnasio, salón de uso múltiple, salones de aprendizaje, salón de música, ludoteca, salones de clase, sala de cine, restaurante y auditorio.



← Foto 3. Render del polideportivo del Centro Felicidad San Cristóbal, localidad de San Cristóbal.



↑ Foto 4. Construcción del Centro Felicidad El Tunal, localidad de Tunjuelito.



↑ Foto 5. Construcción del Centro Felicidad Parque San Cristóbal, localidad de San Cristóbal.



↑ Foto 6. Render vista general del Centro Felicidad El Tunal, Localidad de Tunjuelito.

Ubicación

Bogotá contará con siete Centros Felicidad situados en diferentes zonas estratégicas de la ciudad, de manera que puedan atender de la mejor manera posible a la población:

Buscando hacer de los Centros Felicidad verdaderos íconos arquitectónicos, el IDRDR, realizó concursos con la Sociedad Colombiana de Arquitectos para el diseño de los Centros Felicidad Tunal y Fontanar del Río. Se recibieron más de 30 propuestas y entre ellas se escogieron las más adecuadas al entorno para cada uno de ellos.

Cifras

Los Centros Felicidad tendrán un impacto mayor para los ciudadanos de diferentes localidades; sin embargo, por las características de cada zona y de cada proyecto, las cifras de inversión y magnitud de impacto varían de acuerdo con cada uno de los 7 equipamientos. Las cifras son las siguientes:

1. El Centro Felicidad El Tunal beneficiará a cerca de 580.000 personas. Con un área de 13.533 m² y una inversión del Distrito de \$72.000 millones, cuenta con un avance de obra del 56% con corte al 30 de junio de 2019.
2. El Centro Felicidad del parque Las Cometas de la localidad de Suba beneficiará a unas 478.000 personas y será ejecutado con recursos del Distrito. Los estudios y diseños fueron desarrollados por la Secretaría Distrital de Cultura y ya se encuentra proceso de licitación por parte del IDRDR.
3. El Centro Felicidad del parque Fontanar del Río, en la localidad de Suba, beneficiará a 385.000 personas. Con un área de intervención de 12.857 m² e inversión del Distrito de \$62.000 millones, ha adelantado un 42 % de obra al 30 de junio de 2019.
4. El Centro Felicidad del Parque San Cristóbal, localidad de San Cristóbal, beneficiará a cerca de 368.000 personas. El área de intervención de 12.179 m² y la inversión distrital de \$63.000 millones. Cuenta con avance de obra del 46% a corte del 30 de junio de 2019.
5. El Centro Felicidad San Bernardo, en la localidad de Santa Fe, beneficiará a cerca de 257.000 personas y será construido con recursos del Distrito.
6. El Centro Gibraltar, localidad de Kennedy, beneficiará a 398.000 personas y también será construido con recursos distritales.
7. El Centro Felicidad El Retiro (localidad de Chapinero) beneficiará a alrededor de 1.200.000 personas, será desarrollado por la Secretaría de Cultura y tendrá un edificio con 8 pisos, área de 9.000 m² y será el único realizado con recursos de valorización.

Los Centros Felicidad beneficiarán en su totalidad a más de 3'600.000 personas, cerca del 50%² de la población total de la ciudad de acuerdo con las cifras del último censo publicadas por el DANE. Seis de ellos serán construidos con dineros del Distrito (Fontanar, Tunal, San Cristóbal, San Bernardo, Gibraltar y Cometas) y solo el Centro Felicidad El Retiro se realizará con dineros provenientes de valorización.

Sin duda alguna, los Centros Felicidad ofrecerán a la comunidad nuevos espacios para el esparcimiento y el deporte, que son parte importante del desarrollo integral de las personas que habitan cada localidad, garantizando así la socialización, convivencia y recreación de todos los usuarios de estas obras.

2: 7'181.469 personas sin sumar la omisión censal que en Colombia fue del 8.5%.

¿Qué es la Hoja de Ruta FICEM?



La Hoja de Ruta FICEM es el compromiso de la industria cementera Latinoamericana, en la reducción de emisiones de CO₂ hacia una economía baja en carbono y la promoción del uso del cemento, como solución a las necesidades de mitigación y adaptación a los efectos del cambio climático.

OBJETIVO 1

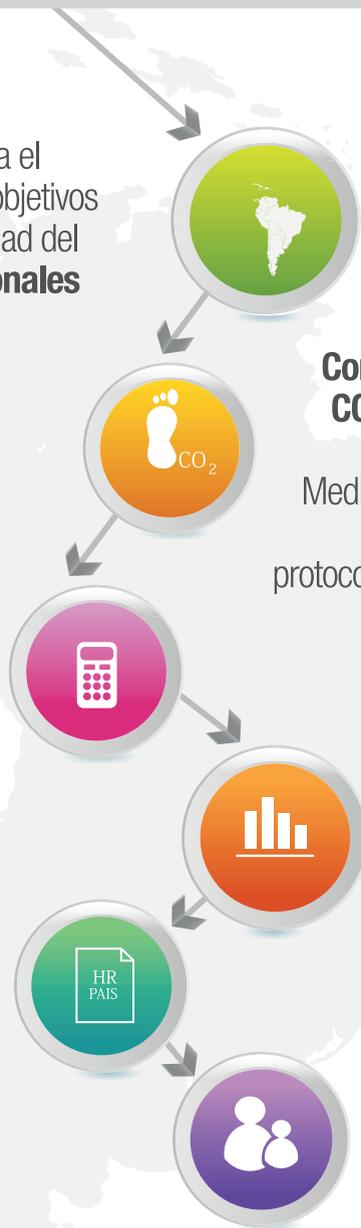
Aportar a los objetivos mundiales para el desarrollo sostenible **ODS y COP 21**, los objetivos globales de la Iniciativa para la Sostenibilidad del Cemento (**WBCSD**) y los **objetivos regionales** para enfrentar el **cambio climático**.

OBJETIVO 3

Determinar el potencial de reducción de CO₂ por país y planta, basado en la eficiencia energética e innovación para la producción de Clinker y Cemento en Latinoamérica.

OBJETIVO 5

Estandarizar y facilitar la elaboración de las Hojas de Ruta por País, para lograr cumplir los **requerimientos de Mitigación y Adaptación** de acuerdo a las oportunidades y necesidades **locales**.



OBJETIVO 2

Construir la línea base de emisiones de CO₂ en la industria regional, mediante la implementación de un sistema para la Medición, Reporte y Verificación FICEM (**MRV FICEM**), usando la data reportada en el protocolo **The Getting Numbers Right (GNR)**.

OBJETIVO 4

Identificar las acciones para implementar el potencial de **reducción de CO₂** en nuestro ciclo de vida y **posicionar al cemento** como el material más **resiliente** para las necesidades de **adaptación al cambio climático**.

OBJETIVO 6

Posicionar a FICEM como referente de la industria para facilitar diálogos y negociaciones asociadas al cambio climático en nuestros países.

Posicionando al cemento como material líder en la construcción resiliente

Contáctenos:

Infraestructura educativa: Colegio Bicentenario de la Independencia

El conocimiento se construye en concreto

Secretaría de Educación de Bogotá.



↑ Foto 1. Colegio Bicentenario de la Independencia antes de su entrega.
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN DE BOGOTÁ

Como parte de la revolución educativa que contempla la construcción de 64 colegios, 30 de ellos completamente nuevos y 34 reconstruidos, el pasado 25 de junio, se hizo la entrega oficial del Colegio Bicentenario de la Independencia en Bosa, la tercera localidad con más alto déficit de infraestructura educativa de la ciudad.

La obra, que beneficia a cerca de 229 mil habitantes de la zona, demandó una inversión total de \$43.664.176.953 que financió la alcaldía en alianza con el Ministerio de Educación. El nuevo equipamiento urbano está localizado en el barrio Laureles, tiene un área de 13.992 m² y será sede para formar a 1.980 estudiantes en jornada única, desde preescolar hasta grado 11, distribuidos en 45 aulas, de las cuales 12 son para primera infancia, 15 para básica primaria, 12 para básica secundaria y 6 salones para educación media, acompañado por una planta de 60 profesores.

El colegio dispone además de escenarios para que los alumnos desarrollen sus capacidades artísticas y potencialicen sus habilidades y conocimientos a través de talleres de arte, danza, música, ciencia, tecnología, laboratorios, una biblioteca, aula múltiple, comedor, emisora, parque infantil y un gran patio central para el desarrollo de actividades lúdicas, deportivas y culturales. Tiene una zona recreativa para la primera infancia, exclusiva para los niños de jardín y transición, que garantiza seguridad y control entre los infantes y para el desarrollo deportivo y recreativo cuenta con dos canchas: una múltiple y una en grama sintética, además de los patios internos y las áreas de extensión cubiertas que permitirá a los estudiantes desarrollar diferentes actividades.

El diseño del Colegio Bicentenario incentiva la integración a través de los espacios colectivos que pueden ser usados por los vecinos, aportando múltiples beneficios en torno al cuidado y sostenibilidad del espacio a través de la apropiación por parte de la comunidad, que podrá utilizar las canchas, la biblioteca y las aulas especializadas después de la jornada académica en coordinación con el colegio.



↑ Foto 2. El colegio generará un nodo urbano. ARCHIVO ASOCRETO

El colegio generará un nodo urbano para atraer diversas actividades de los habitantes de este sector de Bosa. La gran plazoleta frente al acceso da la bienvenida al edificio, atrayendo tanto a estudiantes como a sus familias y acompañantes. Adicionalmente, la Secretaría de Integración Social está construyendo un jardín infantil contiguo al establecimiento, lo que permitirá que la población del sector reconozca este lugar como un referente para la localidad y un lugar para visitar.

Este proyecto acoge los niños desde la primera infancia -con aulas y espacios acordes a su escala- hasta jóvenes que pueden desplazarse a través de circulaciones incluyentes, conformadas por rampas que llevan a todos los espacios. Además, la gran terraza localizada en la cubierta permitirá a los jóvenes de Bosa tener una visual de la ciudad y del río desde la altura.

Estructura y construcción

La estructura general es una gran circunferencia que distribuye los espacios de manera ordenada y equitativa, articulándose a través de su eje principal: el patio central o patio de formación que se conecta con los distintos niveles o plantas de la estructura a través de rampas, haciendo que todas las zonas del colegio sean totalmente accesibles para personas con discapacidad.

El concreto como material en permanente desarrollo tecnológico, históricamente ha garantizado el desarrollo de los proyectos de infraestructura en las ciudades, desafiando la topografía y el tiempo. Es protagonista en la innovación y belleza de los espacios educativos, ofreciendo altos niveles de confort, al permitir mayor aireación, control climático e índices de seguridad estructural, asegurando así el bienestar estudiantil y la calidad en los espacios para la educación y este proyecto en particular lo confirma.

Diseño arquitectónico	Studiogram Arquitectura & Construcción Arquitectos: Gabriel Romero - Eduardo Mejía - Carlos García
Construcción	Constructora Colpatría
Interventoría	Consortio AGG
Área lote	16.295 m ²
Área construida	13.992,08 m ²
Inversión	\$ 43.664.176.953
Sistema constructivo	Convencional
Cimentación	Zapatillas aisladas
Tipo de estructura	Pórticos resistentes a momento Placa de entrepiso aligerada
Resistencia de concreto en obra	Columnas: 5.000 psi Vigas: 4.000 psi Placas: 4.000 psi Placa de cubierta y tanque: 4.000 psi con inclusión de aire
Características especiales	Concreto a la vista, grava fina y asentamiento entre 6 y 8 pulgadas.
Mampostería	Ladrillo prensado liviano color capuchino
Pisos y fachadas	Interiores: Tableta BH2, vinilo formato 30x30 de colores blanco, rojo, verde, amarillo y azul, tablón en gres y pisos en concreto endurecidos. Exteriores: Prefabricados loseta A 50, losetas podotáctiles, adoquín español en arcilla y grama sintética, entre otros. Fachadas: Ladrillo prensado liviano color capuchino y vidrio laminado 3+3

↑ Tabla 1. Características técnicas del proyecto.

Los espacios fueron diseñados teniendo en cuenta las particularidades características de cada uno de sus usos: los baños para niños se diseñaron de acuerdo con su estatura, las circulaciones permiten el desplazamiento de personas con problemas de movilidad, la señalética cuenta con sistema Braille, las zonas de juego tienen pisos de caucho de seguridad, los salones permiten la supervisión de los docentes y los materiales de acabados son de alta especificación.



↑ Foto 3. La estructura general es una gran circunferencia. SECRETARÍA DE EDUCACIÓN



← Foto 4. La mayoría de las instalaciones fueron dejadas a la vista. ARCHIVO ASOCRETO



↑ Foto 5. El sistema de reciclaje de aguas lluvias cuenta con dos tanques que almacenan 20.000 L. SECRETARÍA DE EDUCACIÓN DE BOGOTÁ

Lo primero que impresiona, de manera positiva, es la estructura de concreto a la vista, no solo en su fachada, sino en su acabado interior. La mayoría de las instalaciones: hidráulicas, sanitarias y eléctricas, fueron dejadas a la vista, permitiendo ahorrar en futuros gastos de inspección y mantenimiento.

Adicionalmente, los elementos más robustos de la estructura como las placas, columnas, vigas, circulaciones y puntos fijos fueron elaborados en concreto de impecable superficie, que combina con éxito con los acabados en mampostería y los espacios vidriados. Es un edificio que expresa el compromiso de la administración de la ciudad con la educación, y que contribuye a la transformación profunda de una de las localidades de la ciudad con mayores carencias.

La construcción tuvo una duración de 19 meses desde la recepción del lote hasta la entrega del colegio terminado en julio de 2019 a la Secretaría de Educación y, a través de esta, a la Comunidad de Hermanos Maristas de la Salle, congregación que cuenta con amplia experiencia en la administración del servicio educativo en la localidad de Bosa.

Sostenibilidad

El Colegio Bicentenario está a la vanguardia en temas de sostenibilidad, pues el diseño arquitectónico permite el ingreso de luz y de ventilación permanente, reduciendo significativamente el consumo de energía. Cuenta además con un sistema de reciclaje de aguas lluvias que captura el agua de los cárcamos en las zonas de recreación, la almacena en dos tanques de 20 mil litros y, por un sistema de bombeo, las envía para ser utilizadas en el riego de jardines y algunas instalaciones de los baños.

Los espacios educativos han sido y seguirán siendo parte fundamental para la construcción social, presentándose además como una oportunidad en el crecimiento económico de un país a largo plazo. Construirlos con los mejores estándares de calidad, en especial en zonas de vulnerabilidad económica y social, impactan en gran medida a la comunidad, brindando oportunidades a los niños y jóvenes e impidiendo, en buena medida, que se vean impactados por cualquier condición social negativa de su entorno. 



Instituto del Concreto

Impulsa a nivel nacional e internacional la formación y capacitación, relacionada con la tecnología del concreto, su manejo, control y nuevos desarrollos a todas las personas que forman parte del sector de la construcción, por medio de seminarios, jornadas y visitas técnicas, así como cursos dirigidos a entidades, Gremios y Universidades.

CAPACITACIONES A LA MEDIDA

En los últimos **2 años** hemos llegado a mas de **30.000** profesionales del sector de la construcción en Colombia. Profesionales que se han formado en todos los temas de actualidad de la industria del concreto, a través de charlas y capacitaciones con el **Instituto del Concreto.**

El Instituto del Concreto organiza cursos, talleres, conferencias dirigidas a clientes y capacitaciones a grupos empresariales, con exclusividad de marca, para lo cual ofrece toda la operación.



Sede



Divulgación



Publicidad



Equipos



Telemarketing



Desarrollo de imagen



Material técnico

Estas empresas han confiado en nosotros:



Más información en:

Instituto del Concreto - Asocreto Dirección: Calle 103 # 15-80 - Bogotá, Colombia

Teléfono: (57 1) 618 0018 Ext. 127 Correo: instituto@asocreto.org.co

Metro de Bogotá:

Ahorros y ventajas de las pruebas de carga previas a la construcción

Empresa Metro de Bogotá

Fotos: Cortesía Empresa Metro de Bogotá



↑ Foto 1. Se realizó la prueba de carga en pilotes ubicados en nueve puntos del trazado de la primera línea.

Con el fin de verificar la confiabilidad de los diseños, comprobar el comportamiento de los suelos y reducir costos, la Empresa Metro de Bogotá realizó pruebas de carga en pilotes ubicados en nueve puntos del trazado de la Primera Línea.

En diciembre de 2018 los medios de comunicación de la ciudad y del país registraron el inicio de las pruebas de carga para la cimentación del viaducto elevado que conformaría la Primera Línea del Metro de Bogotá (PLMB). Sin embargo, este tipo de verificación, que para la Empresa Metro es de suma importancia, tiene consigo una gran complejidad técnica.

Lo primero a tener en cuenta es que la PLMB funcionará a lo largo de un viaducto elevado. Los trenes cruzarán la capital a 14 metros de altura desde el suroccidente hasta el centro-oriente de la ciudad. Este viaducto estará soportado sobre pilotes a lo largo de todo el trazado. De acuerdo con los estudios de factibilidad, los 23,9 kilómetros del viaducto estarán soportados en 270 mil metros lineales de pilotes preexcavados y fundidos *in-situ*.

Dada la importancia de estos elementos, la Empresa Metro de Bogotá decidió hacer pruebas con el fin de verificar que los pilotes fabricados *in situ*, de acuerdo con las especificaciones consignadas en los estudios de factibilidad tengan la capacidad de carga necesaria para soportar el viaducto y que se comportarán adecuadamente durante la operación del Metro.

Como complemento a los estudios de factibilidad, se decidió fabricar nueve de estas columnas, a las cuales se les instalaron elementos hidráulicos conocidos como celdas Osterberg –nombre relacionado con el del creador-. El doctor Jorj Osterberg, fue un ingeniero civil estadounidense nacido a comienzos del siglo pasado y considerado uno de los pioneros de la ingeniería geotécnica. Se destacó por crear diversos tipos de medición y equipos para la elaboración de ensayos, en particular, la llamada celda de Osterberg (también conocida como O-Cell), que revolucionó las pruebas de pilotes.

Explicada de manera simple, la celda Osterberg está constituida por dos platos metálicos paralelos entre los cuales se coloca una serie de gatos hidráulicos. Situada en el interior de un pilote de tamaño real, comienza a ejercer presión hacia arriba y hacia abajo buscando crear esfuerzos internos que hagan fallar la estructura. Esto permite obtener datos de alta precisión acerca de la resistencia máxima del pilote y de la distribución de las cargas en su interior.

Para el caso de la Primera Línea del Metro de Bogotá se definieron nueve puntos a lo largo del corredor, en tramos cuyo terreno presenta suelos de comportamiento homogéneo, de acuerdo con los estudios realizados durante la etapa de factibilidad. El objetivo primordial de estas pruebas era verificar la confiabilidad del diseño en relación con el comportamiento de los cimientos proyectados, calibrar el factor de adherencia entre el suelo y el pilote (es decir, el comportamiento del suelo alrededor de la columna de concreto) y de este modo poder determinar las características ideales de las cimentaciones proyectadas en el trazado del viaducto.

Aunque la realización de estas pruebas de carga representó un costo adicional para la etapa de factibilidad previa a la ejecución de las obras, los datos que arrojan pueden significar un ahorro de hasta 10% en la ejecución de la etapa de cimentación del viaducto, es decir, más de un 13% de economía en el presupuesto total de la obra, calculado en alrededor de \$200 mil millones de pesos colombianos.



↑ Foto 2. Armado del pilote de prueba.



→ Foto 3. Ejecución de las pruebas.



→ Foto 4. Revisión de la información geotécnica sobre el trazado.

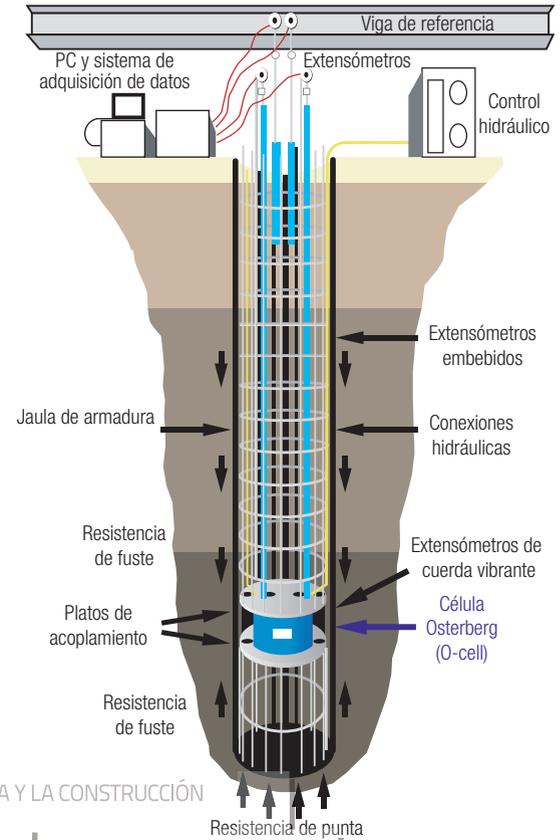


→ Foto 5. Prueba de carga Primera Línea Metro de Bogotá.



LA REVISTA DE LA TÉCNICA Y LA CONSTRUCCIÓN

↑ Foto 6. Esquema de prueba con celdas de Osterberg.



Estas pruebas permitirán calcular de manera más exacta los costos del proyecto, los riesgos constructivos y los plazos de ejecución de la megaobra, ofreciendo mayor seguridad frente al cumplimiento del cronograma previsto, lo que a su vez reducirá los niveles de incertidumbre y generará ahorros en los presupuestos. Todo ello debe redundar finalmente en ofertas más beneficiosas para la Ciudad por parte de los aspirantes a la licitación.

El primer paso fue revisar la información geotécnica existente sobre el corredor del trazado de la PLMB. En los lugares cuya información no era suficiente se realizaron nuevas perforaciones para obtener muestras del suelo que pudieran estudiarse con el objetivo de tener un perfil geotécnico completo y estudios precisos. Con la información geotécnica completa se procedió a realizar el armado de las canastas y la instalación de las celdas, posteriormente se realizaron excavaciones de profundidad media de 70 metros en los lugares seleccionados, se instalaron las canastas en las perforaciones realizadas anteriormente y se vació concreto en ellas dando como resultado los pilotes de 1,60 m de diámetro aproximadamente. Las propiedades del concreto utilizado para estas pruebas fue concreto Tremie de resistencia a la compresión de 28 MPa acelerado a 7 días con el objetivo de lograr agilizar la fecha de ejecución de las pruebas de carga y de no esperar a 28 días, teniendo en cuenta los volúmenes requeridos por cada pilote y el sistema constructivo de colocación, se empleó en la mezcla una tecnología de manejabilidad extendida con un intervalo

de mínimo 2 horas a máximo 6 horas dependiendo del volumen total a instalar, logrando tener la fluidez adecuada durante el llenado del elemento. Durante la colocación se lograron tasas de 42 m³/hora de concreto vaciado dado a la tecnología utilizada en la mezcla.

Posteriormente se efectuaron las pruebas de carga bidireccional con las celdas Osterberg en cada uno de los nueve pilotes y se realizaron informes de interpretación con base en los resultados de cada revisión. En total se realizaron nueve pruebas de carga a lo largo del trazado del tramo 1 de la Primera Línea del Metro:

- Costado occidental de la calle 75 (al norte)
- Calle 68
- Calle 26 con avenida Caracas,
- Calle 8 sur con carrera 27
- Rotonda de la avenida Primero de Mayo con carrera 50
- Cruce de la avenida 68 con avenida Primero de Mayo
- Calle 42 Sur con carrera 78F Bis A
- Portal Américas
- Reserva del río, cerca al trazado de la ALO.

Gracias a estas pruebas, hoy se tiene una idea más exacta del comportamiento de los terrenos y de las especificaciones que deberán tener los pilotes que van a soportar el viaducto, presentándose como un ejemplo de buenas prácticas que repercuten en ahorros en tiempo, dinero, riesgos e incomodidades durante la etapa de construcción de la Primera Línea del Metro de Bogotá. 



¡PREPÁRATE DESDE YA!

Separa en tu agenda los días 23 al 25 de septiembre de 2020 y forma parte del **Encuentro Técnico más importante de América Latina**, sobre construcción con cemento, concreto y prefabricados: **La Reunión del Concreto RC 2020**, en Cartagena, Colombia. Prepárate para **3 días** de encuentro con más de:



2.000 colegas, reunidos en torno a más de **100** actividades técnicas



Seminarios, conferencias, talleres y plenarios en **4 salones simultáneos**



Muestra comercial de más de **150 stands**



2 actividades sociales

Síguenos en nuestras redes sociales:



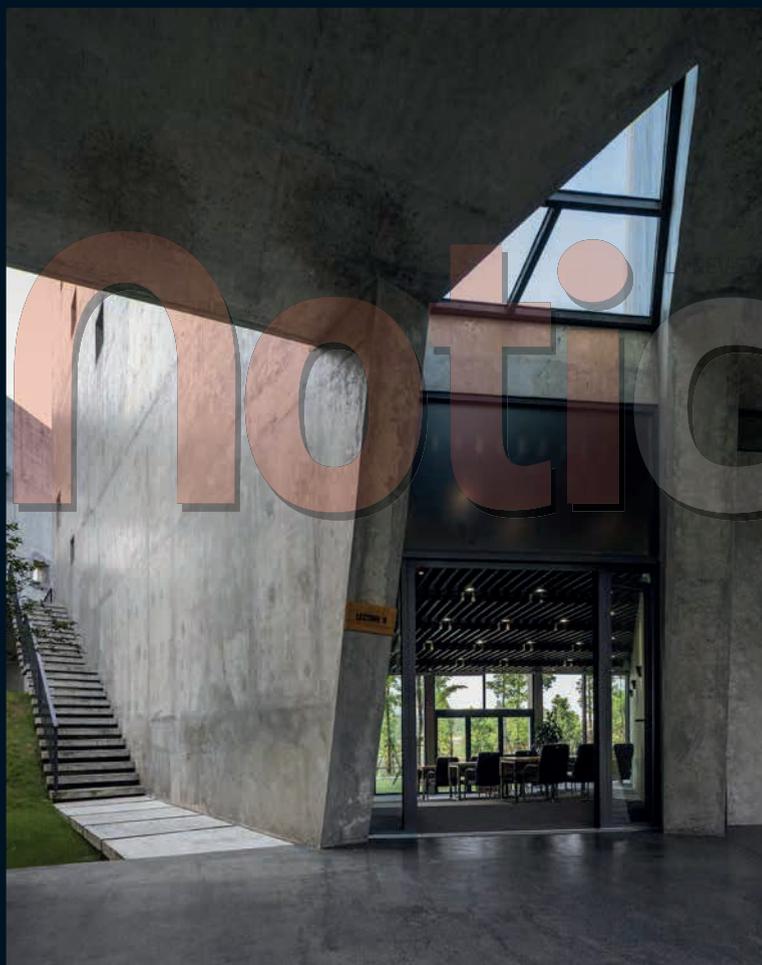
Más información
reunión@asocreto.org.co
www.asocreto.org.co

#RC2020

© VTN ARCHITECTS, HIROYUKI OKI



© VTN ARCHITECTS, HIROYUKI OKI



Viettel Offsite Studio

Arquitectura: Vo Trong Nghia Architects

Ubicación: Thach That, Ha Noi, Vietnam

Área: 1,427 m²

Año: 2017

El edificio incluye 6 unidades, una recepción, un comedor y cuatro estudios. Los muros de las unidades en forma de "V" están dispuestos libremente de manera orgánica y conectados por un pasillo abierto ofreciendo espacios de superficie triangular: dos lados cerrados y uno que se abre hacia el lago y el bosque. La pared crea una forma de libro abierto que exhibe su identidad de "abierto desde adentro hacia la naturaleza", complementado con su diseño enfocado en la altura que permite cortar la luz solar con una impresionante fachada exterior, donde los pequeños agujeros en la pared proporcionan iluminación y ventilación.



© VTN ARCHITECTS, HIROYUKI OKI

© VTN ARCHITECTS, HIROYUKI OKI



© VTN ARCHITECTS, HIROYUKI OKI

Diseño de edificaciones de uso indispensable

Armando Palomino Infante M.Sc. Socio Fundador y Gerente General, P&P Proyectos



↑ Foto 1. Escuela elemental de Nakano después del Tsunami de Japón. Abril de 2011. TOMADO DE WIKIPEDIA

En el afán de disponer de edificios que sean utilizables durante y después de un sismo importante, y con fines de atender las emergencias ocasionadas por la acción de otros fenómenos naturales (huracanes y tsunamis, entre otros), muchos países han expedido normas de diseño y construcción sismo resistente. En nuestro caso, el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 y sus decretos reglamentarios, contiene los requisitos específicos para garantizar la adecuada operación de este tipo de edificaciones.

Se define a las *Edificaciones Indispensables* como aquellas edificaciones de atención a la comunidad que deben funcionar durante y después de un sismo, y cuya operación no puede ser trasladada rápidamente a un lugar alternativo. Tal es el caso de hospitales de niveles de complejidad 2 y 3 y centrales de operación y control de líneas vitales. Se espera que en este tipo de edificaciones el daño producido por un sismo sea mínimo, reparable y no tan severo que inhiba la operación y ocupación inmediata y continuada del edificio.

En el caso particular del Reglamento Colombiano NSR-10, el capítulo A.5, clasifica a las edificaciones, dependiendo de su grado de importancia ante la ocurrencia de un sismo, dentro de cuatro grupos de uso. Para el caso de este artículo interesa el Grupo IV – Edificaciones Indispensables, e incluye:

- Todas las edificaciones que componen hospitales, clínicas y centros de salud que dispongan de servicios de cirugía, salas de cuidados intensivos, salas de neonatos y/o atención de urgencias
- Todas las edificaciones que componen aeropuertos, estaciones ferroviarias y sistemas masivos de transporte
- Centrales telefónicas, de telecomunicación y de radiodifusión
- Edificaciones designadas como refugios para emergencias
- Centrales de aeronavegación y hangares de aeronaves de servicios de emergencias
- Edificaciones de centrales de operación y control de líneas vitales de energía eléctrica, agua, combustibles, información y transporte de personas y productos
- Edificaciones que contengan agentes tóxicos o dañinos para el público
- Estructuras que alberguen plantas de generación eléctrica de emergencias
- Tanques y estructuras que formen parte de sistemas contra incendio
- Accesos peatonales y vehiculares de las edificaciones antes mencionadas



Dentro de este tipo de edificaciones se clasifican aquellas que, por su función, tamaño y tipo de servicio, tienen el potencial de causar lesión a los seres humanos, daños importantes a la propiedad o interrupciones a las actividades socioeconómicas vitales de un país si se ven afectadas o destruidas, o incluso, si se altera su funcionamiento.

↑ Foto 2. Camión de bomberos atendiendo terremoto de Haití. Enero 2010. CORTESÍA UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME

La clasificación de tales edificaciones, según la naturaleza de su ocupación, está basada en reglamentos extranjeros como el ASCE/SEI 7/05 (*Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*¹). Esta clasificación varía desde el Grupo de Uso I hasta el Grupo de Uso IV, en la que el Grupo de Uso I representa edificios o estructuras con bajo riesgo de pérdida de vidas humanas en caso de fallas y el Grupo de Uso IV, que representa las estructuras esenciales. A cada edificación le debe ser asignada la categoría más alta aplicable desde los Grupos de Uso. Cuando los edificios tengan usos múltiples, se debe estudiar cuidadosamente la relación existente entre cada uno de ellos para las diferentes partes de la edificación o de su estructura, así como la independencia de los sistemas estructurales para estas partes. Cada unidad estructural independiente deberá tener el Grupo de Uso más alto que le corresponda.

Además de lo anterior, los países crean incentivos para aquellos propietarios o entidades gubernamentales que actualicen las construcciones existentes a las nuevas normas de construcción, que se mantienen en evolución constante. A manera de ejemplo, en Estados Unidos se realiza una actualización cada 3 años y en Colombia cada 12 años, en promedio. También se obliga a realizar análisis de vulnerabilidad sísmica estructural y reforzamiento para las Edificaciones Indispensables existentes en un lapso determinado de tiempo. Para el caso del NSR-10, según la ley 400 de 1997, actualizada por la ley 1796 de 2016, a las construcciones existentes, cuyo uso las clasifique como Edificaciones Indispensables y de Atención a la Comunidad, localizadas en zonas de amenaza sísmica alta e intermedia, su vulnerabilidad sísmica debe evaluarse en un lapso no menor de 3 años contados a partir de la vigencia del reglamento. Estas edificaciones deberían ser intervenidas o reforzadas -en caso de ser deficientes- en un lapso no mayor a 6 años, con el fin de llevarlas a un nivel de seguridad sísmica equivalente al de una edificación nueva diseñada y construida de acuerdo con los requisitos de la ley y su reglamento vigente.

Algunas de las modificaciones técnicas y científicas que sufrió el reglamento colombiano vigente incluyen ciertas edificaciones del Grupo de Uso III dentro de las Indispensables, además de las de Grupo de Uso IV, que deben cumplir los requisitos de verificación para el umbral de daño del capítulo A.12. Las edificaciones escolares se incluyen ahora dentro de del Grupo de Uso III, de atención a la comunidad; es decir, tuvieron un cambio de Grupo de Uso, pues en el NSR-98 se encontraban clasificadas dentro del Grupo de Uso II. Con el fin de ser más conservadores en el diseño sísmo resistente de las edificaciones clasificadas como Indispensables,

1: Cargas Mínimas de Diseño para Edificios y Otras Estructuras

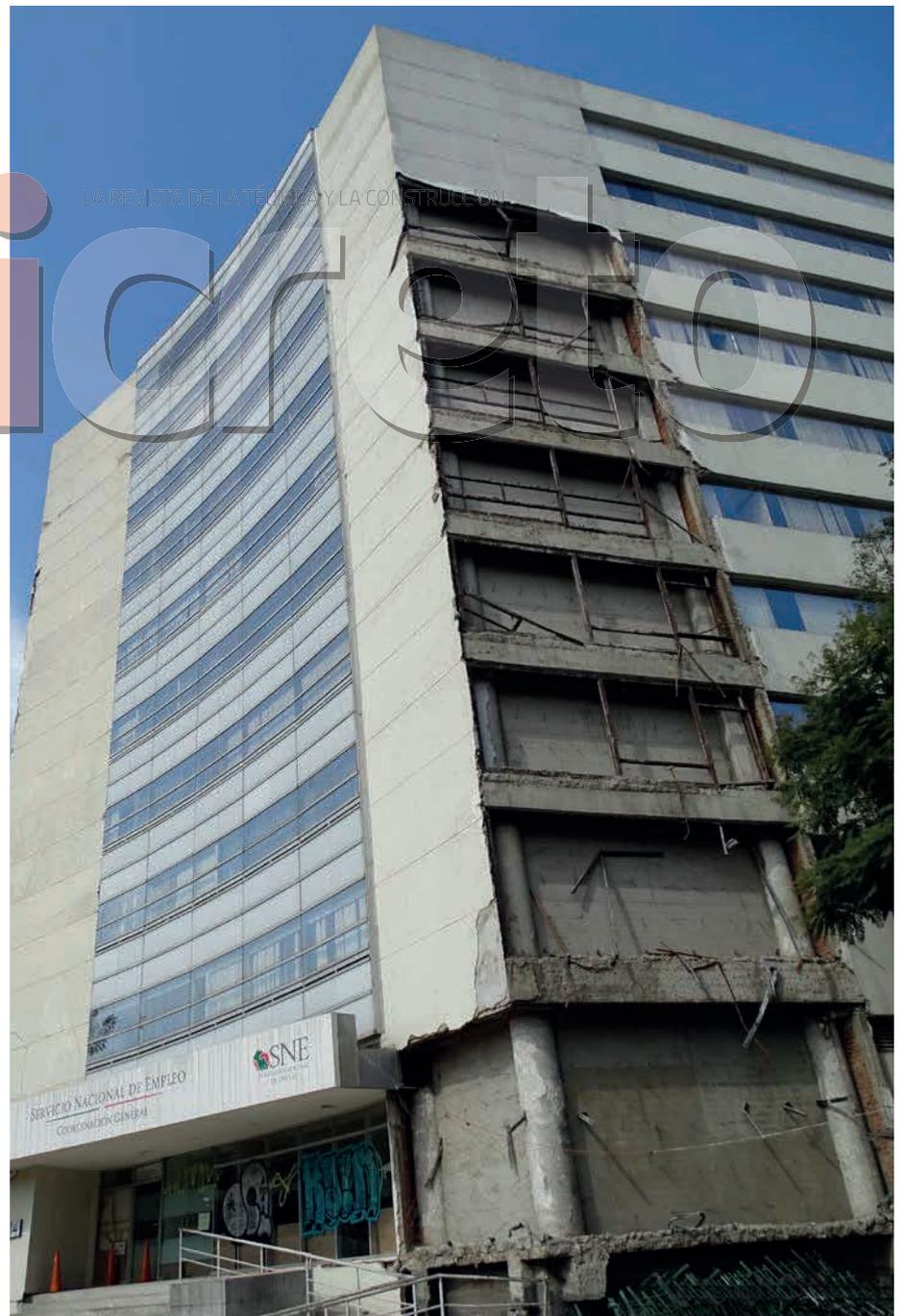
los reglamentos modernos de construcción utilizan los *coeficientes de importancia*. El coeficiente de importancia modifica el espectro elástico de aceleraciones sísmicas de diseño, y con ello las fuerzas de diseño, de acuerdo con el Grupo de Uso que se le asigne a cada edificación, de manera que se tenga en cuenta que –para las edificaciones de ocupación especial, atención a la comunidad e Indispensables– deben considerarse valores de aceleración sísmica con menor probabilidad de ser excedidos que aquella del 10% en un lapso de 50 años (como se considera para edificaciones de ocupación normal). Dichos coeficientes de importancia fueron actualizados en el reglamento NSR-10 respecto a la NSR-98. A manera de ejemplo, el coeficiente de importancia del Grupo de Uso IV – Edificaciones Indispensables, era de 1.3 y en la actualidad es de 1.5, lo cual incrementa de manera automática y directa las fuerzas de diseño sísmico en un 15%, logrando diseños aparentemente “más seguros”. Los coeficientes de importancia varían desde 1.0 para el Grupo de Uso I (estructuras de ocupación normal) y hasta 1.5 para el Grupo de Uso IV (estructuras indispensables). Esto significa que, para lograr un diseño más “conservador”, las fuerzas sísmicas de diseño de las edificaciones indispensables son 50% mayores que las de una estructura de ocupación normal.

Nuestro reglamento dedica un capítulo especial a los requisitos de análisis y diseño estructural para edificaciones indispensables de los Grupos de Uso III y IV. Ese capítulo contiene los requisitos adicionales a los incluidos en los demás capítulos del Título A que se deben cumplir para el diseño y construcción sismo resistente de las edificaciones pertenecientes al Grupo de Uso IV y a las pertenecientes a literales a, b, c y d del Grupo de Uso III (estaciones de policía, bomberos, entre otros) con el fin de garantizar que puedan operar durante y después de la ocurrencia de un sismo. Para las edificaciones incluidas en los literales e y f del Grupo de Uso III –es decir, aquellas del Grupo de Uso II en las que el propietario desee contar con seguridad adicional y aquellas otras que la administración municipal, distrital, departamental o nacional designe como tales– queda a decisión del propietario o autoridad competente definir si se requiere diseñarlas según los requisitos especiales del Capítulo A.12.

Utilizando las especificaciones de este capítulo, la determinación de la operatividad de la edificación después de la ocurrencia de un sismo se puede realizar verificando que la edificación se mantiene dentro del rango elástico de respuesta estructural al verse sometida a unas solicitaciones sísmicas que corresponden al inicio del daño o umbral de daño. Además de todos los pasos requeridos en el diseño convencional de una edificación -relacionados con el predimensionamiento, la evaluación de las solicitaciones estructurales, la obtención del nivel de amenaza sísmica, la definición

de la geometría estructural y los materiales a ser empleados, la revisión de irregularidades geométricas, los procesos de análisis y diseño estructural, la verificación de derivas y el diseño de los diferentes elementos estructurales- para las Edificaciones Indispensables se realizan ciertos pasos de verificación adicionales como la determinación de los movimientos sísmicos del umbral de daño, la obtención de fuerzas sísmicas del umbral de daño, el análisis de la estructura para las fuerzas sísmicas correspondientes al umbral de daño, todo ello por medio de modelos matemáticos, y por último, se comprueba que las deflexiones y derivas para el umbral de daño no excedan los valores establecidos por el reglamento. Esto se debe cumplir tanto para la estructura global como para los elementos estructurales y no estructurales, garantizando que todos se mantengan dentro del rango elástico de respuesta.

↓ Foto 3. Daños en elementos no estructurales, estructura operativa. México 2017. CORTESÍA ADAM JONES



Como la intención es mitigar toda vulnerabilidad que pueda existir al combinar la amenaza sísmica con el riesgo de tener construcciones que no cumplan a cabalidad con las disposiciones de los reglamentos de construcción, no solamente es necesario diseñar, sino planear y construir de manera adecuada las Edificaciones Indispensables. Para obtener mayor grado de seguridad, y de acuerdo con el artículo 20 de la ley 400 de 1997, las edificaciones de los Grupos de Uso III y IV, independientemente del área que tengan, deben someterse a una Supervisión Técnica Independiente. Cabe recordar que, en el caso particular de la mitigación de daños de edificaciones indispensables, este trabajo se basa no solo en el deseo de reducir los enormes costos de reparación y reconstrucción de este tipo de estructuras - y de los equipos que en ellas se encuentran después de la ocurrencia de un sismo- sino en realizar acciones previas que a largo plazo reduzcan o eliminen el riesgo de pérdidas de vidas y de valor de la propiedad, garantizando el uso continuo de estas construcciones.

Plan de mitigación de riesgos

De esta manera se podría resumir todo el plan de mitigación de riesgos de edificaciones indispensables en los siguientes tres pasos:

1. Ubicación

Es la escogencia del sitio donde se va a construir la nueva edificación o de la edificación existente donde se van a albergar obras de usos indispensables. En este primer aspecto deben tenerse en cuenta temas como vías de acceso, estudios de remoción en masa y estudios de microzonificación sísmica particulares del sitio. Así mismo, en el caso de hospitales e instituciones educativas, la ubicación del proyecto deberá tener en cuenta la logística de transporte y movilidad de las ciudades, además de la cercanía con los núcleos sociales o comunidades que vayan a requerir de sus servicios.



↑ Foto 4. Tristemente en el sismo de Armenia, Colombia de 1999, fallecieron bomberos y se destruyeron camiones de bomberos sin estrenar por deficiencias estructurales en la estación de bomberos. Nunca se pudo atender la emergencia.

LA CRÓNICA DEL QUINDÍO

Adicionalmente, las estaciones de bomberos y de policía deberán estar distribuidas estratégicamente en las grandes zonas urbanas a fin de atender de manera adecuada las emergencias después de la ocurrencia de un fenómeno natural. Por esto los gobiernos deben determinar con antelación dónde se pueden y deben construir esta clase de estructuras evitando zonas con riesgos de deslizamientos o inundaciones, entre otros. De la misma manera, al contar con programas estatales de salud y educación, que están en continuo dinamismo, se debe ser muy cuidadoso en la selección de estructuras existentes a las que se quiere cambiar de uso por el de hospitales o instituciones educativas. Dichas edificaciones requieren un estudio de vulnerabilidad sísmica y reforzamiento estructural de acuerdo con lo exigido en el capítulo A.10 del reglamento NSR-10.

2. Diseños

El segundo aspecto tiene que ver con el diseño de la edificación. Al hablar de diseño se hace referencia a todos los diseños técnicos que requiere una edificación típica dentro de las Indispensables. Es decir, incluye diseños estructurales, geotécnicos, mecánicos, eléctricos, hidrosanitarios y de seguridad y control humano que, interrelacionados entre sí bajo una adecuada coordinación, pueden lograr que una edificación sea realmente operable durante y después de la ocurrencia de un sismo importante. En estos diseños se deben tener en cuenta todos los planos de instalaciones y de elementos no estructurales, que son por lo general los elementos que entorpecen la operación de las edificaciones después de la ocurrencia de sismos de importancia. Por esta razón el NSR-10 exige en su título A.9 un comportamiento especial de los elementos no estructurales para las edificaciones indispensables y de atención a la comunidad. Se exige mayor grado de desempeño sísmico a los elementos no estructurales de las edificaciones de los Grupos de Uso III y IV.

Ante la ocurrencia del sismo de diseño, el comportamiento sísmico de los elementos no estructurales de la edificación debe ser *superior* para las estructuras de Grupo de Uso III y IV, en el cual es mínimo el daño que se presenta en los elementos no estructurales y no interfiere con la operación de la edificación debido a la ocurrencia del sismo de diseño. Para los Grupos de Uso I y II, los grados de desempeño deben ser *bueno* y *bajo*, respectivamente, allí donde pueden presentarse daños en los elementos no estructurales que sean reparables y que tengan alguna interferencia con la operación de la edificación, y daños graves en los elementos no estructurales que incluso no sean reparables, pero sin desprendimiento o colapso, respectivamente.

Según la normatividad colombiana, la responsabilidad del diseño sísmico de los elementos no estructurales recae en los profesionales bajo cuya dirección se elaboran los diferentes diseños particulares. En los casos en que los diseños especifican elementos no estructurales cuyo suministro e instalación se realiza por parte de su fabricante, el diseñador se debe limitar a especificar, en sus planos, memorias o especificaciones, el grado de desempeño sísmico que deben cumplir tales elementos no estructurales. La responsabilidad de la coordinación entre los distintos diseños que forman parte de diferentes sistemas recae en el profesional que figura como diseñador arquitectónico en la solicitud de licencia de construcción ante la curaduría urbana respectiva. La responsabilidad del profesional que realiza la coordinación es inmensa y debe tomar todas las precauciones necesarias para que el diseño resultante de cada uno de los elementos no estructurales, al ser instalados o construidos en edificaciones indispensables, que sean realizados por profesionales diferentes, no afecte el desempeño de elementos no estructurales diseñados por otros profesionales.

3. Construcción y Supervisión Técnica

Este aspecto es tan importante como los anteriormente descritos, pues por bien planeada y diseñada que esté una construcción, la estructura y sus elementos no estructurales durante y después de un sismo se comportarán según como se realizó la construcción. Por esto la legislación colombiana es muy clara en exigir ciertos requisitos a las empresas constructoras y a las firmas que prestan el servicio de supervisión técnica independiente. Estos requisitos se hicieron aún más exigentes después del colapso en Medellín del edificio Space bajo su peso propio, sin la ocurrencia de sobrecarga o sismo alguno. Para tal efecto, en julio de 2016 se promulgó la ley 1796, y posteriormente sus decretos reglamentarios 945 de 2017, 1203 de 2017 y el 282 de 2019. La ley 1796 introdujo la figura de revisor independiente de diseños y reglamentó de manera más restrictiva la supervisión técnica independiente de los proyectos. De esta manera se incrementan la seguridad de las edificaciones y la calidad de su construcción, se fortalece la función pública que ejercen los curadores urbanos y se asignan funciones especiales a la Superintendencia de Notariado y Registro. El decreto 945 modificó parcialmente el NSR-10 y reglamentó el alcance de los oficios de revisión independiente de diseños y supervisión técnica independiente de obra, reglamentando lo referente a calidades, experiencia, idoneidad y acreditación de los profesionales comprometidos en las labores de diseño, supervisión técnica y construcción de proyectos en Colombia. El decreto 1203 de 2017



↑ Foto 5. Satisfacción de la atención a la comunidad luego de un desastre. Trabajo conjunto entre entidad de salud y de seguridad.
FLICKR - MTAPHOTOS

modifica parcialmente el decreto 1077 de 2015, Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio, en lo que se relaciona con el estudio, trámite y expedición de licencias de construcción y la función pública que desempeñan los curadores urbanos. Finalmente, en el Decreto 282 de 2019, se regulan medidas adicionales de protección y garantía de las construcciones y se reglamenta la obligación del constructor de resarcir perjuicios patrimoniales, aunque infortunadamente este último decreto solo aplica para los compradores de vivienda nueva. Sin embargo, para las construcciones comunes de nuestro país, existe una gran responsabilidad y sanciones importantes impuestas a constructores o propietarios de proyectos que adelanten la construcción de obras sin sujetarse a las prescripciones, normas y disposiciones de las leyes 400 de 1997 y 1796 de 2016 y todos sus decretos reglamentarios. Ellos podrán ser sancionados con multas de un salario mínimo mensual por cada 200 m² de área construida de la edificación, por cada mes o fracción que transcurra sin que se apliquen las medidas correctivas, o afrontar la demolición de la construcción o la porción de ella que viole lo establecido en la ley y sus reglamentos. Lo anterior sin perjuicio de las demás acciones civiles y penales a que haya lugar.

Además de lo anterior, el constructor que suscribe la licencia de construcción debe cumplir con recopilar los diferentes diseños de elementos no estructurales, con sus características y documentación, para presentarlos en una sola memoria ante la curaduría urbana. Los diferentes diseños de los elementos no estructurales deberán ser firmados por el Constructor Responsable que suscribe la licencia, asumiendo así que se hace responsable de que los elementos no estructurales se construyan de acuerdo con lo diseñado y cumplan el grado de desempeño especificado. Él y el supervisor técnico independiente son los



↑ Foto 6. Render Centro Cívico de la Universidad de los Andes. Bogotá - Edificación de Atención a la Comunidad Sismicamente Aislado en la Base-.
CORTESÍA CHRISTIAN UNDURRAGA Y KONRAD BRUNNER ARQUITECTOS

responsables finales de que los diseños de los elementos estructurales y no estructurales sean realizados adecuadamente y de que su construcción se ejecute de manera apropiada ciñéndose a los planos y especificaciones correspondientes. Dependiendo del tipo de elemento no estructural y del grado de desempeño exigido para las edificaciones indispensables, el reglamento define los diferentes tipos de anclajes o amarres requeridos para determinar el coeficiente de capacidad de disipación de energía, R_p , mínimo requerido. Así mismo define para cada tipo de elemento no estructural, los coeficientes de amplificación dinámica, a_p , y especifica los mismos valores para elementos hidráulicos, mecánicos o eléctricos.

Conclusión

Como conclusión, y a manera de referencia, los diseños de los diferentes sistemas –pero ante todo, los diseños estructurales y geotécnicos de edificaciones esenciales y de atención a la comunidad– son hoy en día en muchos países y seguramente en el futuro en el resto de países tenderán a ser realizados bajo la modalidad de Diseños Basados en Desempeño. Los códigos de diseño vigentes definen unos requisitos de diseño sísmico para reducir a un mínimo posible el riesgo de la pérdida de vidas humanas y defender al máximo el patrimonio del Estado y de los ciudadanos. Una edificación diseñada siguiendo los requisitos estándar del reglamento NSR-10 debe ser capaz de resistir temblores de poca intensidad sin daño, temblores moderados sin daño estructural, pero con algún daño eventual en los elementos no estructurales y un sismo fuerte con daños en elementos estructurales y no estructurales, pero sin colapso, aunque cabe recordar que estos son requisitos mínimos.

Sin embargo, la realidad es bien diferente para las edificaciones indispensables, como se ha reiterado a lo largo de este documento. Es por esto que seguramente,

y en un futuro muy cercano, en el diseño de edificaciones indispensables será obligatorio que todos sus estudios técnicos y componentes estén realizados y especificados bajo el criterio de diseños basados en desempeño con el fin de conocer cuál va a ser el comportamiento real de la edificación. De esta manera, para cumplir los requerimientos de uso ininterrumpido e inmediato, las edificaciones deberán ser diseñadas y construidas de acuerdo con un objetivo muy específico que apunte a un desempeño esperado. Estos objetivos de desempeño estructural nos indican qué tan bien puede comportarse la edificación para las necesidades de su uso diario. Estos procesos de diseño basados en desempeño incluyen modelación matemática detallada de las estructuras, simulación de la respuesta de las edificaciones ante la acción de cargas sísmicas extremas, estimación de pérdida de vidas humanas, pérdida de funcionamiento de los equipos, evaluación del daño en elementos estructurales y no estructurales e, incluso, puede llegar a brindar un estimativo de las pérdidas económicas ante un evento sísmico de importancia. Este proceso permite que el diseño de las edificaciones se vaya ajustando a diferentes niveles de riesgo aceptado y de comportamiento estructural deseado. Dentro de los objetivos de desempeño estructural utilizados hoy en día se encuentran los siguientes, dependiendo del impacto que se quiera tener en el uso de la edificación:

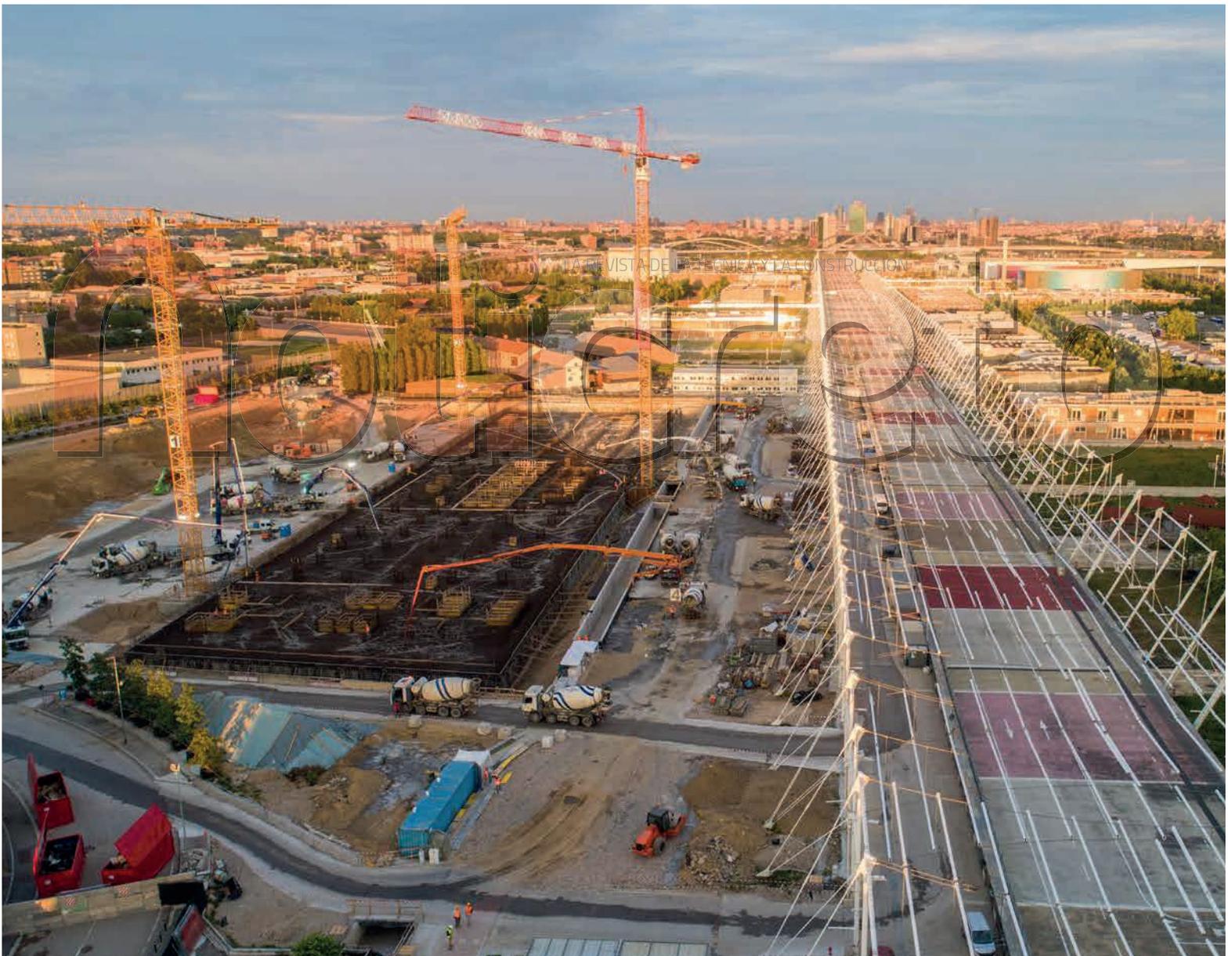
- Ocupación inmediata, donde hay mayor control del daño
- Seguridad de la vida, donde hay control limitado de la seguridad
- Prevención de colapso

El objetivo de diseño estructural para edificaciones indispensables será siempre el de ocupación inmediata. No solo es posible trabajar con diferentes tipos de comportamiento estructural esperado, sino que también se puede clasificar la estructura dentro de los diferentes niveles de daño esperado o tolerado, así como variar la probabilidad de ocurrencia del sismo para tener en cuenta en los diseños. Por último, vale la pena mencionar que en ciertos países se ha venido impulsando el amplio uso de sistemas de aislamiento sísmico en la base, también a manera de ejemplo práctico, para mejorar el comportamiento sísmico de las estructuras esenciales, como pueden ser los hospitales, clínicas, centros de salud e instituciones educativas.

Aunque son pocos los casos prácticos de este tipo en Colombia, este año hay cerca de una decena de proyectos sísmicamente aislados en la base. Los dos proyectos más recientes desarrollados con sistema de aislamiento sísmico en la base y que se encuentran en construcción fueron el Edificio de Ciencias de la Universidad EAFIT en Medellín y el Centro Cívico de la Universidad de los Andes en Bogotá. 

Instituto Ortopédico Galeazzi, Milán: Italia - Fundiendo una cimentación récord

Andrea Dari. INCONCRETO



↑ Foto 1. Proyecto placa Instituto Ortopédico Galeazzi.

CORTESÍA UNICAL

En la actualidad no se concibe la construcción de un edificio sin tener al concreto como uno de sus materiales constituyentes. Poco o mucho, para uso residencial o de servicio, en zonas sísmicamente activas o no, el concreto tiene funciones y propiedades que lo hacen insustituible, especialmente para determinadas aplicaciones. Adicionalmente, si se tiene en cuenta la evolución tecnológica del material, en la actualidad es posible formular diseños futuristas que unos años antes se consideraban irrealizables, y que logran resultados de gran importancia en términos económicos, de rendimiento, funcionales y arquitectónicos.

Un claro ejemplo de todo esto pudo verse en la construcción de la placa de cimentación del nuevo Instituto Ortopédico Galeazzi en Milán, Italia, un edificio hospitalario que tendrá cerca de 100 m de altura, cuyos diseñadores decidieron cimentar sobre una placa monolítica de concreto de 190 m x 50 m de superficie y 3,5 m de espesor, para un volumen de concreto aproximado de 33.000 m³. Giuseppe Mancini, profesor de Ingeniería Estructural del Politécnico de Turín, aclaró que la elección del sistema se debió a razones de naturaleza económica, de tiempo y de seguridad:

- Comodidad desde el punto de vista estático y de rendimiento. El sistema hizo posible explotar de la mejor manera el rendimiento de la placa, logrando ahorro en el refuerzo y las uniones.
- Reducción en los tiempos de colocación. Una placa como esta, vaciada en varias etapas, habría requerido semanas para su colocación, y no un tiempo tan breve.
- Mejor calidad del producto y reducción de desperdicios.
- Disminución de riesgos en la seguridad del trabajador.

Se bombearon
33.006 m³ de
concreto durante
**94 horas, sin
parar.**

LA REVISTA DE LA TÉCNICA Y LA CONSTRUCCIÓN



Era un trabajo desafiante; sin embargo, debido a la decisión de los diseñadores de vaciar todo el concreto en una operación única y sin interrupción, la obra se convirtió en un récord y un orgullo para sus ejecutores. Hasta hace poco esta marca la ostentaban otros proyectos, como los 12.500 m³ de la Torre San Paolo en Turín en 2010, los 16.200 m³ bombeados para el Wilshire Grand Center en Los Ángeles en 2014, los 20.246 m³ logrados en 2017 en Sharjah, Emiratos Árabes Unidos, o los 32.316 m³ bombeados en la construcción del proyecto de la represa de Polavaram, en Andhra Pradesh, India. El 7 de enero de 2019, sin embargo, los 33.006 m³ de concreto bombeado sin pausa durante 94 horas, abrieron un nuevo capítulo en la historia del concreto bombeado.

↑ Foto 2. Se bombeó concreto durante 94 horas sin parar. CORTESÍA UNICAL

El martes 28 de mayo de 2019, a las 11:30 am, se completó el vaciado de concreto de la placa de cimentación más grande de Europa. Se trató de 33.000 m³ de concreto bombeado sin parar durante 94 horas en 3.304 viajes con el trabajo de 240 hombres, día y noche.

Abastecimiento, producción y puntos de control

Para cumplir con el suministro de concreto, que tuvo un ritmo superior a 342 m³/h, fue necesario comprometer 7 plantas mezcladoras, 10 puntos de carga, 8 bombas de chorro activo, 6 bombas de repuesto, 85 camiones mezcladores en 2 turnos de conducción por día (170 conductores), 30 operadores de bombas y técnicos de mantenimiento (15 de terceros), con un total de hasta 106 personas. Al final, se realizaron 3.304 viajes a un promedio de casi 10 m³/viaje.

Detrás de estas cifras récord hay un proyecto extremadamente organizado, en el cual fue necesario coordinar la producción, el transporte, el uso de bombas, el control durante la instalación, la entrega y el suministro a las plantas durante 96 horas, día y noche. El proceso de producción se adaptó al inmenso vaciado de concreto en el cual, para suministrar un material homogéneo en la boca de la bomba, la producción tuvo que ser cuidadosamente coordinada entre siete plantas con diferentes tiempos de entrega, con el fin de evaluar las típicas variables de producción que caracterizan cada fase de dosificación, e identificar y anticipar los posibles imprevistos durante la producción y transporte que pudieran presentarse durante las 96 horas de colocación.

La producción fue simple y rápida, ya que se limitó a la carga adecuada de los componentes precisos de la mezcla, incluida la cantidad de agua inicial a dosificar, ligeramente reducida en comparación con la requerida para el objetivo de asentamiento. Posteriormente se realizaron los ajustes del agua faltante en los puntos de control en el sitio de construcción. Antes de llegar al control en obra, y después de finalizar la descarga de la mezcla, cada mezcladora se detuvo en los puntos de control de concreto, siendo ellas una parte real que se integraba al proceso de producción, casi como una extensión de la planta. En los puntos de control había técnicos encargados de verificar la fluidez y la reología del concreto a través de ensayos y evaluaciones. Con base en los controles realizados se realizaron pequeñas integraciones, en los momentos en que fue necesario, de manera que se alcanzara el rendimiento esperado del concreto. Todos los parámetros de cada carga fueron registrados.

Capacitación y formación

Como era de esperarse, no bastó con elegir los materiales ideales, estudiar en detalle la mezcla y definir con precisión cada uno de los pasos del proceso. El conocimiento técnico y las buenas prácticas son aspectos clave en la concepción de un proyecto; sin embargo, de nada sirve si el personal que lo ejecutará no está capacitado y no entiende a cabalidad lo que se va a realizar. Todos los operadores: de planta, obra, transporte y entrega, fueron capacitados antes de iniciar la construcción. Para cada función se crearon guías que no solo describían sus operaciones, sino también explicaban el papel de cada actor en el proyecto, la importancia de sus acciones, los objetivos y la identificación de los resultados esperados.

La capacitación fue la base de una estrategia exitosa, un resultado que se obtuvo gracias a la conciencia generalizada del papel que cada uno tenía que jugar y su importancia dentro de todo el proceso para llevar a feliz término el proyecto.



← Foto 3. La capacitación fue la base de una estrategia exitosa. CORTESÍA UNICAL

Más de 33.000 m³ de concreto de rendimiento especial

El concreto requerido no era simplemente uno de Rck 40¹, ni un SCC², así hubiese sido mucho más sencillo. Para que el diseño de mezcla para la placa monolítica fuera exitoso y no presentara fisuras internas (invisibles, pero letales), el concreto debía desarrollar en el tiempo sus características técnicas de acuerdo con unas curvas predefinidas:

- Resistencia a la tensión vs. tiempo
- Módulo de elasticidad vs. tiempo
- Retracción plástica vs. tiempo
- Deformación viscosa vs. tiempo
- Temperatura vs. tiempo



← Foto 4. Se realizaron controles de calidad de la mano de 36 técnicos especializados en concreto.

1: 40 MPa de resistencia a la compresión medida en cubos.

2: SCC. Self-compacting Concrete: concreto autocompactante.

El concreto, preparado con un cemento especial, y sus parámetros de control, fueron diseñados por prestigiosas firmas internacionales. El bombeo de la placa monolítica de cimentación, de impresionante volumen cercano a 33.000 m³, es el caso típico en que se encara un problema tan relevante como el calor de hidratación. Para evitar que, durante el vaciado y las fases de fraguado y maduración, la placa pudiera incurrir en fisuras muy graves por contracción térmica, causadas por la brecha excesiva entre la alta temperatura del núcleo y la baja temperatura de las zonas externas de la placa, la temperatura del concreto tuvo que mantenerse lo más baja posible durante el fraguado para luego ser enfriada bajo control.

Por este motivo se utilizó un concreto especial auto-compactante y de bajo calor de hidratación, formulado para garantizar un proceso de calentamiento adiabático por debajo de 40° C, permitiendo que la estructura no excediera los 70° C en ningún punto durante el clima primaveral de mayo. De la misma manera, el concreto tuvo que llenar la formaleta gigante con un bombeo continuo sin vibrar, pues toda la estructura debía ser monolítica, sin que se generaran juntas frías. El producto seleccionado tenía tiempos de fraguado muy largos, así como fluidez y cohesión que permitían que cada capa lanzada se adhiriera a la capa subyacente, ambas en estado fresco. Todos los agregados provinieron de la misma cantera, de manera que se obtuvieran los mejores resultados y una se mantuviera una composición pétreo lo más uniforme posible. Para la selección de la cantera se analizaron agregados de diferentes orígenes que, una vez identificados como los más adecuados para el rendimiento esperado, su producción dispuso de amplio almacenamiento en la cantera de manera de contar siempre con los volúmenes necesarios para la mezcla de concreto.

Antes de la iniciar cualquier actividad productiva –y para obtener un pronóstico correcto del rendimiento que debía conseguir el concreto– se realizaron todo tipo de controles sobre la mezcla, en especial aquellos enfocados al desarrollo de calor. En los ya mencionados puntos de control, durante la fase de lanzamiento, se efectuaron cerca de 340 retiros oficiales de material para toma de muestras y 3.400 ensayos de calidad con el apoyo de 36 técnicos especializados en concreto, precisamente para tener un control integral del material.

Finalmente, y con el objetivo de evaluar la calidad de la capacidad de auto compactación, se hicieron controles en cada camión mezclador con un chequeo de asentamiento con V-Funnel en prácticamente todas las entregas. En el vaciado se instalaron termocuplas para monitorear el desarrollo del calor de hidratación.

En el proceso y con los materiales implementados se logró tal calidad que, a pesar de la magnitud del área de construcción y del lanzamiento durante 94 horas consecutivas, no se rechazó ni un solo viaje de concreto, además del destacable resultado de cero accidentes.

LA REVISTA DE LA TÉCNICA Y LA CONSTRUCCIÓN

icreto



↑ Foto 5. Al inicio del vaciado se calibraron todos los parámetros de carga y transporte.
CORTESÍA UNICAL

← Foto 6. Equipo técnico colombiano de visita en el proyecto.
CORTESÍA ARGOS Y MAPEI

Proceso de vaciado

Los cinco días de vaciado tuvieron un inicio de aproximadamente seis horas durante las cuales se registraron y calibraron todos los parámetros de carga y transporte bajo la supervisión directa del personal especializado. Cumplido este paso comenzó la fase de bombeo continuo sin interrupciones y por estratificación horizontal homogénea hasta el final. El proceso constructivo implicó que no se previeran áreas de acumulación inicial que fueran acomodadas y compactadas, lo cual fue natural dadas las propiedades del concreto autocompactante. Sin embargo, es preciso aclarar que fue necesario proceder de esta manera para respetar el modelo de cálculo estructural de los diseñadores. De igual manera, los puntos de descarga se movían continuamente con las bombas situadas en puntos clave. Como ya se indicó, cada 'capa' de concreto fue cubierta por la siguiente capa unas pocas horas después, sin temor al problema de un fraguado temprano considerando las propiedades del concreto de bajo calor de hidratación requerido.

El nuevo edificio

El nuevo Instituto Ortopédico Galeazzi tendrá 150.000 m² construidos y 17 pisos, uno de los cuales es subterráneo; 338 habitaciones de hospitalización y 589 camas. En la planta baja estarán los servicios de emergencia, las principales unidades de diagnóstico y espacios para la recepción de pacientes y sus cuidadores. Se prestará especial atención a los pacientes con discapacidades y con necesidades específicas. Las habitaciones son dobles y están del noveno al decimosexto piso, son amplias, luminosas y cuentan con baño. Además, tendrá 35 salas de cirugía y 140 para procedimientos ambulatorios. Estas son cifras de una estructura que acogerá a 650 médicos y otro tanto número de estudiantes de medicina. Mientras que, en cuanto al espacio público, la nueva sede también permitirá que el Instituto disponga de un gran espacio verde de cerca de 20.000 m².

El proyecto de la placa de cimentación fue entregado el 14 de febrero por el presidente del grupo hospitalario San Donato, Paolo Rotelli. El edificio se construirá dando especial atención al impacto ambiental: con materiales respetuosos con el medio ambiente y un funcionamiento del equipamiento que reducirá las emisiones de gases de efecto invernadero y utilizará energías renovables. 

Estabilización con suelo cemento para la plataforma de lanzamiento espacial Ariane 6

Del suelo al espacio

Juan Diego Moreno. Cementos Argos



↑ Foto 1. Vista general del proyecto Ariane 6. CORTESÍA AGENCIA ESPACIAL EUROPEA

Ariane 6 es un proyecto de gran magnitud desarrollado por la Agencia Espacial Europea, para el que se está construyendo una plataforma de lanzamiento de cohetes espaciales en la Guayana Francesa. Se espera que el primer lanzamiento se realice en el año 2020.

Para el desarrollo de este megaproyecto se han utilizado 21.000 toneladas de cemento y 54.000 m³ de concreto y se han movido cerca de 400.000 m³ de tierra. A grandes rasgos, se están realizando obras para la plataforma de lanzamiento (ZL4), el edificio de ensamblaje de cohetes (BAL), la planta de tratamiento de aguas, las vías de carga pesada que comunican el edificio de ensamblaje con la plataforma de lanzamiento y las vías de conexión internas. Todas estas obras son cruciales y estratégicas para el funcionamiento integral de la Plataforma Espacial.

Con el fin de aprovechar los materiales disponibles en el sitio de la obra y de limitar los insumos de préstamo o llevados de fuera, se realizó un tratamiento de los materiales de excavación con diferentes métodos usando cemento o ligante hidráulico para vías. Estos materiales fueron colocados con la ayuda de camiones esparcidores y se mezclaron íntimamente con el suelo del lugar utilizando máquinas recicladoras o estabilizadoras de suelos.

La técnica de estabilización de suelos con cemento o ligantes hidráulicos se utiliza desde principios del siglo XX y la Segunda Guerra Mundial le dio un gran impulso a esta tecnología de estabilización en vías. Sin embargo, fue solamente hasta el final del siglo que se masificó su aplicación principalmente en carreteras, aunque se vieron trabajos de estabilización en proyectos de otro tipo como puertos o aeropuertos.

En el caso de la Plataforma Espacial Ariane 6, resulta novedoso que por primera vez se aplica la tecnología del suelo cemento como ligante hidráulico en un proyecto espacial tan importante. Tanto las vías que conducen a la estación espacial como las de conexiones internas fueron diseñadas para soportar cargas de hasta 13 toneladas por eje, considerando que sobre ellas rodarán volúmenes gigantescos y de gran peso como son las naves ensambladas listas para su lanzamiento en la plataforma. En las vías internas se aplicó un tratamiento monocapa, más conocido como riego superficial sencillo, a fin de facilitar el tránsito durante la etapa de construcción.

A los suelos se les aplicaron tres tipos de tratamiento:

- En la capa inferior se realizó estabilización para evitar los ascensos capilares. La capa fue colocada justo encima de estratos de arenas o en la base de los terraplenes.
- Otra clase de tratamiento se realizó sobre los taludes, con el objetivo de protegerlos adecuadamente contra la erosión y facilitar, al mismo tiempo, su posterior conformación; se manejaron pendientes de 1H/2V.
- El último tratamiento fue el utilizado para reforzar las capas de enrase y conformación de las vías internas de conexión.

↓ Foto 2. Colocación y mezclado de los ligantes hidráulicos.
CORTESÍA CEMENTOS ARGOS



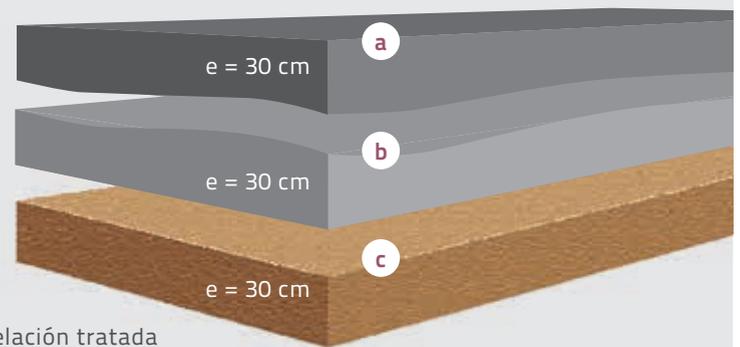
La estructura, de 1.20m de espesor, que se definió para las vías fue la siguiente:

1. Capa de tratamiento para evitar el ascenso capilar: 30 cm.
2. Capa de nivelación tratada: 30 cm.
3. Capa de conformación tratada: 30 cm.
4. Capa final compuesta por grava y rodadura: 30 cm.

En las dos primeras capas –la que evitaba el ascenso capilar y la que se encargaba de la nivelación de la superficie– el ligante hidráulico fue dosificado como el 4% del peso del material de cada capa. Dicho ligante estaba compuesto principalmente por clínker, puzolanas y yeso en proporciones aproximadas de 45%, 45% y 10%, respectivamente. Esta composición abrió la posibilidad de tener mayores ventanas de trabajo que las de obras con cemento de uso general.

Otra característica importante del cemento fue su resistencia especificada, de cerca de 10 MPa a los 28 días y 20 MPa a los 56 días. Con el contenido adicionado de puzolana para este ligante hidráulico, cobra mucha importancia el uso de agentes de curado que impidan la pérdida prematura de agua que, como es bien sabido, es necesaria para el correcto desarrollo de las reacciones puzolánicas y, en consecuencia, de la resistencia.

CAPAS DE TRATAMIENTO



- a. Capa nivelación tratada
b. Capa contra el ascenso capilar
c. Terreno natural

↑ Foto 3. Corte esquemático de las capas tratadas.
CORTESÍA CEMENTOS ARGOS

El ligante hidráulico utilizado en la tercera capa, la de conformación, es un cemento portland adicionado con un contenido mínimo de clínker del 65% y una resistencia mínima a los 28 días de 32,5 MPa. Este ligante hidráulico fue dosificado al 7% del peso del material que conformaba la capa. Sobre esta tercera capa se utilizó una emulsión bituminosa a razón de 600 g/m² con el fin de limitar la fisuración y la retracción resultante, generada por la pérdida eventual de la humedad a causa de los efectos del sol y el viento, teniendo como función adicional evitar la infiltración de agua en esta capa que pudiera terminar en un lavado de finos.

La cuarta y última capa fue prevista para ser construida en un material de grava no tratada, pero sí recubierta por una carpeta asfáltica o un tratamiento bicapa. Este tratamiento está conformado por dos capas sucesivas de grava colocadas sobre otras capas de emulsión bituminosa; en otras palabras, un tratamiento superficial doble.

Además de los cementos o ligantes hidráulicos mencionados, en la obra también se utilizó un cemento resistente al ataque de sulfatos para algunas de las obras principales que están por debajo del nivel del terreno.

↓ Foto 4.a y b. Proceso de ejecución de capa final.
CORTESÍA CEMENTOS ARGOS



Durabilidad del concreto arquitectónico: Ambientes que transforman ciudades

Mariana Castro. Directora Comercial Concreto, Cemento y Prefabricado, Toxement S. A.



↑ Foto 1. Proyecto de monumento India Catalina, Cartagena, Colombia. CORTESIA TOXEMENT S.A.

En la actualidad, más del 75% de los colombianos residimos y nos desarrollamos a diario en ciudades. Las áreas urbanas crecen constantemente y cada vez concentran más y más personas. Lo anterior acarrea inevitablemente aumentos del costo y la demanda del suelo, elevando en consecuencia el precio de las viviendas, edificios comerciales y espacios para uso público.

Con estos ingredientes se puede ver con claridad un cambio en el paisaje urbano y la forma de habitar la ciudad, principalmente en las grandes áreas metropolitanas donde existen procesos de densificación y de expansión que hacen más importante –y más difícil– planificar y desarrollar espacios públicos de calidad que alivien los efectos negativos que la urbanización trae para el medio ambiente y nuestras comunidades.

Desde la etapa de diseño hasta la de construcción de la infraestructura urbana y otros espacios públicos, se debe prestar atención a la calidad de los procesos y materiales a utilizar, puesto que se espera que estas intervenciones sean de alta rentabilidad social, lo cual se manifiesta en último caso en la durabilidad, usabilidad y estética que son visibles por la comunidad y que, por tanto, permiten mejorar la calidad de vida y favorecer la equidad urbana.

Buena parte de nuestras ciudades está conformada por avenidas, calles, aceras y grandes áreas de esparcimiento, las cuales son importantes elementos de paso y encuentro en el espacio público. Debido al papel que desempeñan, toma especial relevancia la forma y tecnologías usadas para la construcción de pavimentos. Estos pavimentos presentes en el área urbana tienen la capacidad de almacenar calor y pueden elevar la temperatura ambiente entre 3° C y 5° C respecto a las zonas que presentan mayor superficie de áreas verdes.

Lo anterior plantea la necesidad de incorporar en los proyectos materiales e incluso colores apropiados, que ayuden a disminuir el impacto en las superficies pavimentadas y/o a sombrearlas sobre ellas para controlar los aumentos de temperatura del microclima urbano. Por otra parte, deben tenerse en cuenta las características climáticas que evidentemente afectan a los elementos urbanos presentes en la infraestructura.

↓ Foto 2. Concreto arquitectónico para tráfico pesado. Eje Ambiental, Bogotá. CORTESÍA TOXEMENT S.A.



También resulta fundamental la elección de materiales y sistemas constructivos durables que, además de contribuir a mantener la calidad de los espacios públicos a largo plazo, disminuyan la generación de desechos y la necesidad de recambios y mantenimientos que encarecen los gastos asociados en la etapa de operación. En consecuencia, una apropiada selección de materiales y acabados reducirá los sobrecostos en que se incurre por aspectos de durabilidad de las estructuras y, no menos importante, ayudará a disminuir la accidentalidad para los usuarios, tema que es común en espacios públicos donde los pavimentos instalados o los sistemas de tránsito convencionales se degradan con facilidad.

Lo anterior sirve de contexto para tomar en serio la responsabilidad de diseñar y construir infraestructura urbana con la mayor calidad posible. Por lo tanto, ¿qué criterios deberíamos considerar a la hora de realizar estas obras?, ¿cuáles son los materiales más recomendables para estos espacios?, ¿por qué podemos concluir que el concreto es el material más apropiado para los proyectos de infraestructura urbana?

↓ Foto 3. Pisos Arquitectónicos. Mirador de Lirquén, Chile, 2018. CORTESÍA INCRETE



Pavimentos y otras superficies duras

Para efectos de este artículo, se entiende por pavimentos y circulaciones las superficies de tránsito peatonal, vehicular o mixta de los ambientes de infraestructura urbana, que varían de acuerdo con el uso específico para el cual estén destinadas. Estas superficies tienen la función de conformar espacios para la circulación y permanencia de los usuarios. Algunos aspectos relevantes a considerar en el diseño de este tipo de superficies son: estética, accesibilidad universal, señalización y guía para los diferentes usuarios, resistencia estructural y durabilidad. No obstante, existen otras superficies duras de gran importancia en el espacio público: muros, fachadas de edificios, mobiliario urbano e incluso obras de arte permanentes.

Criterios de selección

Algunos criterios y consideraciones principales a evaluar para la correcta selección son:

- Nivel de confort y seguridad que proporcionan a los usuarios en su desplazamiento o permanencia
- Estética y capacidad de integración con otros materiales, texturas y colores del entorno
- Resistencia a los esfuerzos de compresión, flexión y fricción, así como a los agentes externos, climáticos, contaminantes, etc., que determinan la durabilidad
- Capacidad para integrarse a un sistema de drenaje de aguas lluvias y permeabilidad
- Costos de construcción y conservación en cuanto a limpieza, reparación y reposición
- Versatilidad para ser aplicado en diversas superficies y configuraciones arquitectónicas
- Ciclo de vida y nivel de complejidad en la gestión de residuos posteriores a su vida útil de servicios esperados
- Desempeño socioambiental e impacto en el efecto climático de la zona por la generación de islas de calor
- Impacto en el ciclo hidrológico urbano y gestión de aguas lluvia
- Facilidad de acceso en diversas ubicaciones geográficas del territorio nacional



LA REVISTA DE LA TÉCNICA Y LA CONSTRUCCIÓN

↑ Foto 4. Las áreas urbanas crecen y concentran cada vez más personas.
CORTESÍA TOXEMENT S.A.

← Foto 5. Proyecto Bicentenario Tunja. Concreto arquitectónico con acabado rallado para ciclo rutas y senderos peatonales.
CORTESÍA TOXEMENT S.A.

↓ Foto 6. Concreto Arquitectónico en Ciudadela Empresarial Connecta, Bogotá.
CORTESÍA TOXEMENT S.A.

Materiales más usados en pavimentos y circulaciones

- Adoquines de concreto
- Baldosas micro-vibradas
- Baldosas micro-vibradas (tipo huella táctil) para senderos accesibles
- Pavimentos flexibles
- Pavimentos a base de caucho
- Pavimentos de asfalto
- Pavimentos de concreto convencional
- Pavimentos de concreto permeable
- Pavimento de concreto estampado (impreso)
- Pavimentos de concreto pigmentado



El concreto arquitectónico

De acuerdo con los mencionados criterios de selección, resulta muy interesante concentrarse en los tres últimos tipos de pavimento, a los que denominaremos “familia de concretos arquitectónicos”.

El concreto es uno de los materiales preferidos en construcción debido a su capacidad intrínseca de adaptarse a la forma deseada y a su principal propiedad en estado endurecido relacionada con la resistencia a la compresión. En la última década, el mercado latinoamericano ha avanzado en este aspecto incorporando versiones de mayor valor estético mediante la inclusión de una enorme variedad de colores y texturas, logrando así espacios impresionantes. Los profesionales locales han asimilado gradualmente esta tecnología y ya son muchos los arquitectos y urbanistas que incorporan el concreto arquitectónico en aplicaciones de pavimentos, estructuras, mobiliario y otras obras de arte.

En términos de aporte al diseño de espacios de infraestructura urbana, la variedad que ofrece el concreto pigmentado, ya sea este con un acabado liso o estampado, es altamente valorada. Se mencionan a continuación algunas de las nuevas posibilidades que ofrece en la actualidad el concreto arquitectónico y que están contribuyendo a mejorar las características de nuestros espacios de uso público:

- **Oferta de colores.** Es posible conseguir más de 800 colores en formato de pigmento en polvo, gránulos y líquido para el concreto, siendo este último el que ofrece más ventajas en términos de operatividad. Esta enorme gama de colores lleva a otro nivel las posibilidades de desarrollar proyectos, por ejemplo, en pavimentos urbanos, esculturas, fachadas e incluso estructuras para infraestructura vial.

El **concreto** es uno de los materiales preferidos en construcción debido a su **capacidad intrínseca** de adaptarse a la forma deseada y a su **resistencia a la compresión**.

- **Automatización de pigmentado.** Aunque hoy en día se han automatizado la mayoría de los procesos de producción de concreto, la adición de color sigue siendo manual, con todas las imprecisiones que esto implica. En la actualidad los sistemas computarizados permiten administrar el almacenaje, combinación y dosificación de colores a través de un software que puede ser operado remotamente, logrando dosis muy precisas de color aún en volúmenes mínimos de mezcla. Estos equipos permiten inyectar directamente al camión mezclador o a cuñetes que suelen ser trasladados a la obra o a plantas remotas.
- **Personalización de colores.** Nada es más incómodo en términos de color que limitarse a una carta cromática cerrada. Si 800 colores no son suficientes, y se hacen pocos para el proyecto, los sistemas automatizados ofrecen la posibilidad de crear desde el computador nuevos colores únicos que, posteriormente, quedan almacenados en el mismo software para aplicación futura sin necesidad de realizar ensayos complejos y artesanales.

En países como Colombia, Chile y algunos de Centroamérica, durante los últimos años se ha visto un incremento en la utilización del concreto como material de acabado. En construcción de edificaciones han aparecido técnicas de moldeado y diseño de mezclas que logran muros y fachadas con acabados de alta calidad y, en materia de pavimentos, son cada vez más los grandes espacios urbanos como plazas y parques que implementan el concreto estampado en color debido a la durabilidad y rapidez de su ejecución.

Gracias a esto, los arquitectos y diseñadores se muestran cada vez más confiados en diseñar sus proyectos valiéndose del concreto como material estructural y arquitectónico. Es de esperar que, con la gran variedad de colores posibles y con los procesos de automatización disponibles, el color gris con que inequívocamente se relaciona al concreto pronto será cosa del pasado.

Es importante destacar que son muchas las tecnologías que pueden conformar un proyecto de espacio urbano, e incluso es posible generar estos espacios mediante una robusta combinación de ellas. La experiencia de los años recientes nos ha confirmado que el concreto es líder como solución de alta durabilidad y versatilidad para aplicaciones verticales, horizontales, en diversas texturas, porosidades e incluso con adición de materiales reciclados. 

LA REVISTA DE LA TÉCNICA Y LA CONSTRUCCIÓN

↓ Foto 7. Zona residencial.
Edificio Q Apartamentos, Chile.
CORTESÍA INCRETE



Unidades de Vida Articulada (UVA) en Medellín: Espacios de ciudad para todos

Fundación EPM

Fotos: Cortesía Sergio Gómez



LA REVISTA DE LA TÉCNICA Y LA CONSTRUCCIÓN

noticreto

En 2010, después de observar algunas fotografías satelitales nocturnas de la capital de Antioquia, Empresas Públicas de Medellín –EPM– determinó que existían ciertos puntos oscuros identificados en ellas. Estos puntos correspondían a los tanques de agua y subestaciones de energía que habían sido instalados en zonas rurales de la ciudad hacía más de 50 años. Las subestaciones fueron construidas con el fin de proveer servicios públicos a la población de Medellín y de algunos municipios del Valle de Aburrá, a la vez que delimitaban los bordes de la ciudad. Con el pasar de los años y el crecimiento constante de la población, estas estructuras comenzaron a rodearse de los barrios que crecieron poco a poco.

Fue de esta manera como, a través de un completo equipo de arquitectos y especialistas en intervenciones urbanas sostenibles, se identificó la oportunidad

↑ UVA de La Armonía.

de convertir los tanques de agua en espacios públicos, que permitieran a su vez la existencia funcional de estos elementos de infraestructura en concreto. De esta manera, ampliando lazos de confianza y cercanía, se comenzó una transformación de los tanques al mezclarlos con espacios públicos abiertos, creando conexión entre las personas y los paisajes de la ciudad.

Los puntos oscuros comenzaron muy pronto a llenar de luz la vida de las comunidades, dando lugar al programa Unidades de Vida Articulada, UVA, con la firme convicción de “*abrir la cerca para estar más cerca*”.

De 144 tanques de agua, 37 fueron elegidos de acuerdo con ciertos criterios de selección: superficie, integración en los barrios, expansión planeada y relación con otros proyectos para fomentar el equilibrio urbano.



Es así como, de esos 37, están en funcionamiento 14 UVA, dotadas con salas TIC, aulas multipropósito, chorrillos de agua que refrescan a los niños en las tardes calurosas, y amplios auditorios. Las UVA han marcado nuevas formas de vida y han redefinido la noción de espacio público, brindando a las personas lugares para aprender y compartir.

Para dar más relevancia al Programa e integrar a las comunidades de manera que acogieran estos espacios como propios, se desarrollaron talleres de imaginarios en los que las personas seleccionaron el nombre de su UVA y definieron qué querían que ella les ofreciera. Sueños, Imaginación, Libertad, Esperanza y Alegría son algunos de los nombres que llevan ahora las UVA y que conectan con el sentir de quienes todos los días disfrutan de actividades gratuitas y espacios para el sano esparcimiento.



↑ UVA Ilusión Verde, barrio El Poblado.

↑ UVA Mirador de San Cristóbal.

Dar vida a las UVA a través de actividades lúdicas, recreativas y educativas aportando al desarrollo de territorios sostenibles y competitivos, en las áreas de influencia actuales y potenciales, es una labor que se ha venido cumpliendo a través de programas y proyectos de gestión social y ambiental, propiciando el cuidado de los recursos naturales y el uso adecuado de los servicios públicos.

En enero de 2013, las UVA comenzaron a prepararse para llenar de color los barrios de Medellín. Ese mismo año iniciaron los diseños de la UVA de Los Sueños y la UVA de La Esperanza y a partir del 2014, las comunidades comenzaron a recibirlas, apropiándose de ellas y de las actividades que estaban pensadas para el disfrute de todos los públicos.

Desde el año en el cual se entregó la primera Unidad de Vida Articulada –2014– hasta la fecha se han generado más de 6 millones de experiencias, que fortalecen la cercanía con las comunidades y usuarios.

En la actualidad están en operación 14 UVA en Medellín y el área metropolitana, llevando educación, cultura y diversión a las comunidades en que se encuentran asentadas. 

Referencias

www.fundacionepm.org.co

XVIII SIMPOSIO DE LA INDUSTRIA DEL CEMENTO Y CONCRETO



El 24 de octubre ASOCEM realizó con éxito el XVIII SIMPOSIO DE LA INDUSTRIA DEL CEMENTO Y CONCRETO, que se ha llevado a cabo desde el año 1982. En esta oportunidad, el simposio se enriqueció incorporando los avances realizados en materia de investigación y desarrollo, aplicables al proceso productivo y técnicas de uso en la industria, con el propósito de fomentar el diálogo y el intercambio de experiencias.

En el primer bloque se presentaron los siguientes temas: “Concreto de tiempo de fraguado y pérdida de asentamiento controlado para cimentaciones profundas”, por el Ing. Juan José Pauline, de Dino SRL, “Concreto de alta resistencia inicial para rehabilitación vial y aeroportuaria” por el Ing. Jairo Diaz; “Evaluación de nivel laboratorio de la molienda separada vs la molienda conjunta de cemento” por el Ing. Gabriel Mansilla. Luego del descanso la cuarta exposición estuvo a cargo del Ing. Juan Carlos Lazo con el tema “Utilización de escorias de zinc para la elaboración de concreto”; “Influencia de componentes volátiles en el control de decarbonatación de la harina cruda” por el Ing. Miguel Quispe de UNACEM – Condorcocha.

En el segundo bloque con la tesis “Evaluación del concreto armado ante la acción de las sales y sulfatos” fue expuesta por la Ing. Pamela Torres y el asesor de tesis Ing. Carlos Barzola.

En el tercer bloque se expusieron los siguientes trabajos: “Análisis de la situación actual de las aplicaciones del cemento” Ing. Julio Heredia, “Reducción de emisiones de CO₂ por el uso de aditivos de cemento” Ing. Wilmer Vásquez; “Desarrollo de aditivos por desempeño por la Ing. Katia Rider y como exposición final a cargo del Ing. José Alvarez “Durabilidad y las nuevas normas”.

La industria del cemento y del concreto en el Perú se ha identificado con el concepto de desarrollo sostenible. Su meta es lograr el crecimiento, mantener la producción con altos niveles de calidad y generar productos que provean beneficios para el medio ambiente.

Las reflexiones finales del simposio se resumen en que el empleo de cemento y el concreto es crucial para que la sociedad alcance un nivel de bienestar y resulta imprescindible para la construcción de infraestructura (carreteras, redes de saneamiento, transporte de agua) y de edificaciones (viviendas, hospitales y colegios).



Online Center

En **ASTM Online Center de Asocreto** podrá adquirir a una tarifa especial más de **13.000 estándares** y más de **29.000 artículos técnicos** de diferentes sectores



Novedades en estándares

Nombre de los estándares:

- **ASTM C1609 - 19** Standard Test Method for Flexural Performance of Fiber-Reinforced Concrete (Using Beam With Third-Point Loading).
- **ASTM C157 - 17** Standard Test Method for Length Change of Hardened Hydraulic-Cement Mortar and Concrete.
- **ASTM C1679 - 17** Standard Practice for Measuring Hydration Kinetics of Hydraulic Cementitious Mixtures Using Isothermal Calorimetry.



Flickr - Decorative Concrete Kingdom

Ahorré hasta un **25%** frente a **ASTM.org**

Valor de cada estándar con **ASTM Online Center Asocreto: US\$32**

El valor incluye los gastos de envío en Colombia.
Las tarifas en dólares son aproximadas y se liquidarán de acuerdo con la TRM vigente el día del pago.



Más información de estos y otros estándares:

Ingeniero Francisco Javier Zapata
Teléfono: (57 1) 6180018 Ext. 123 y 124
Correo: fzapata@asocreto.org.co

Políticas y condiciones en www.asocreto.org.co/politicas-astm/

EVENTOS NACIONALES

ACI 318-19: CAMBIOS EN LA NORMA DE DISEÑO DEL CONCRETO ESTRUCTURAL

Lima, Perú

17 de enero, 2020

ACI/ASOCEM

Más información en: www.asocem.org.pe

OTROS EVENTOS

4TH GLOBAL CEMBOARDS CONFERENCE AND EXHIBITION 2020

Munich, Alemania

Del 21 al 22 de enero, 2020

Más información en: www.propubs.com

WORLD OF CONCRETE 2020

Las Vegas, Nevada, USA

Del 03 al 07 de febrero, 2020

Más información en: www.concrete.org/events

ICPA 56TH TALLER ANUAL DE PAVIMENTACIÓN DE CONCRETO

Des Moines, USA

Del 05 al 07 de febrero, 2020

Más información en: www.acpa.org

CEMTECH MEA 2020

Dubai, UAE

Del 16 al 19 de febrero, 2020

Más información en: www.cemnet.com

CONEXPO

Las Vegas, Nevada, USA

DEL 10 al 14 de marzo, 2020

Más información en: www.conexpoconagg.com

Servicio al cliente:

Teléfonos: (+511) 281 8177

Correo: s.kroll@asocem.org.pe

www.asocem.org.pe

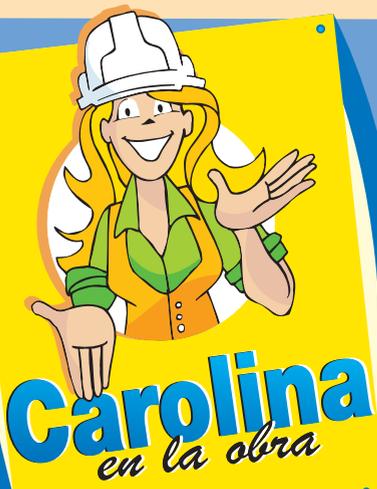
¡EL MUNDO ELÉCTRICO!



¡PILAS!
¡CARGADORES!
¡PILAS!
¡CARGADORES!

LA REVISTA DE LA TÉCNICA Y LA CONSTRUCCIÓN

León



APLICACIÓN DE DESMOLDANTE PARA FORMALETAS

CONTENIDOS:
RECOPIACIÓN ASOCRETO

ILUSTRACIONES:
LUIS EDUARDO LEÓN

PERO YO QUÉ HAGO SI SE LE PEGÓ EL CONCRETO A LA FORMALETA.

SI JOSÉ ESO VEO ¿PERO, SI LE APLICÓ EL DESMOLDANTE A LA FORMALETA ANTES DE HACER EL VACIADO DEL CONCRETO?

¿EL QUÉ?

JOSÉ, EL DESMOLDANTE ES UN PRODUCTO QUÍMICO USADO PARA EVITAR QUE EL CONCRETO O EL MORTERO QUEDEN ADHERIDOS A LA FORMALETA AL RETIRARLA.

AH! CON RAZÓN ¿Y ESO LO HACEMOS O SE COMPRA?

LO RECOMENDABLE ES COMPRAR UN PRODUCTO DE CALIDAD GARANTIZADA. PORQUE ADEMÁS DEL ACABADO,

CONTRIBUYE AL MANTENIMIENTO DE LA SUPERFICIE DE LA FORMALETA.

¿PERO ESE PRODUCTO ES COMO UN ACEITE?

SI JOSÉ, EN REALIDAD HAY DIFERENTES TIPOS: ACEITES, EMULSIONES, POLVOS ETC.

¡PERFECTO! ¿Y CÓMO LO APLICO?

LO PRIMERO QUE DEBE HACER JOSÉ ES LIMPIAR MUY BIEN LAS FORMALETAS, EVITANDO QUE QUEDE POLVO O MATERIAL SUELTO SOBRE ELLAS.

LUEGO, ANTES DE APLICAR EL PRODUCTO, DEBE ASEGURARSE QUE LAS FORMALETAS ESTÉN SECAS.

¿Y CUÁL ES MEJOR?

REALMENTE DEPENDE DE LA APLICACIÓN, SIN EMBARGO, LOS MÁS ESTABLES Y RECOMENDABLES,

PARA APLICACIONES ARQUITECTÓNICAS, SON LAS EMULSIONES, PUES EVITAN MANCHAR EL CONCRETO.

¿Y YA? ¿Y YA LUEGO SE PUEDE VACIAR Y DESFORMALETEAR NORMALMENTE?

SI JOSÉ, SIMPLEMENTE LEER LAS RECOMENDACIONES DEL PRODUCTO A UTILIZAR.

PUES HAY ALGUNOS QUE RECOMIENDAN REALIZAR UNA LIMPIEZA POSTERIOR AL ELEMENTO CON CEPILLOS DE CERDA DURA Y AGUA.

¿HAY ALGUNA RECOMENDACIÓN ESPECIAL PARA LA APLICACIÓN?

EN REALIDAD NO, LO IMPORTANTE ES LA PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE. POR DEMÁS PUEDE APLICARSE CON PISTOLA,

RODILLO O BROCHA EN UNA SOLA CAPA. HAY QUE VERIFICAR QUE TODA LA SUPERFICIE QUEDE IMPREGNADA.

FIN



En Unacem creemos que, más allá de las obras, el verdadero desarrollo se da en las personas. Trabajamos de la mano de las comunidades, mejorando su seguridad e infraestructura mediante la construcción de muros de contención, beneficiando a más de 9 mil familias que ahora tienen acceso a servicios básicos como agua y alcantarillado.

UNACEM
Construyendo oportunidades
JUNTOS



El futuro se construye con confianza

CAMC  en camiones hormigoneros



Av. El Sol Mz.D-1, Lt.7-A
Villa El Salvador - Lima
T. 717-6868

www.camc.com.pe

San Bartolomé