



Por I. Eduardo de J.  
Vidaud Quintana

Ingeniero Civil  
Maestría en Ingeniería

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

Ingrid N. Vidaud  
Quintana

Ingeniero Civil  
Doctorado en Ciencias

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

# [H<sup>2</sup>O]<sup>3</sup>:

## Hito de la Ingeniería y la arquitectura sustentable



Más de 100 años han transcurrido desde que en 1896 se oficializaron en Atenas por vez primera las Olimpiadas o Juegos Olímpicos de Verano Modernos (Foto 1). Inspirados en los juegos que organizaban los griegos en la ciudad de Olimpia hacia el siglo VIII aC., se constituyen las olimpiadas en una atractiva fiesta del deporte mundial; que ha evolucionado de

forma significativa en todos los sentidos por casi 120 años.

Las estructuras que albergan estas fiestas del deporte cada cuatro años han sido uno de los aspectos que más se han desarrollado con el correr de más un siglo. Numerosas obras de infraestructura y nuevos escenarios deportivos podrían citarse como íconos de las olimpiadas; entre las que destacan: el Estadio Olímpico de Montreal en 1976 (Foto 2), el Georgia Dome de Atlanta 1996 (Foto 3), el Estadio Olímpico de Atenas 2004 o el Estadio Nacional o “Nido de pájaro” de Pekín 2008 (Foto 4).

Todas estas estructuras con un sinnúmero de soluciones, materiales y tecnologías, han desbordado los límites de la creatividad y del ingenio de profesionales de la arquitectura, la ingeniería y la construcción de todo el orbe.



Fotografía 1

Fotografía 2



**Juegos Olímpicos de 1896 en el Estadio Panathinaiko en Atenas.**



Fuente:<http://somosolimpicos.com/recuerdos-olimpicos/atenas-1896-la-vuelta-del-espiritu-olimpico/>

**Estadio Olímpico de Montreal 1976.**



Fuente:[http://www.inmocanada.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=4&Itemid=5](http://www.inmocanada.com/index.php?option=com_content&view=article&id=4&Itemid=5)

Uno de los casos más representativo e ingenioso de estas fiestas del deporte mundial, lo constituyó la construcción del Centro Acuático de Beijing, también conocido como “Cubo de Agua”; la obra se concibió para albergar el complejo de piscinas para la Olimpiada de Beijing en el año 2008 (Foto 4), y actualmente constituye una de las edificaciones más impresionantes de la capital china, por su majestuosidad arquitectónica y por su atractivo turístico, luego de que el nadador estadounidense Michael Phelps ganara 8 medallas de oro en esos Juegos Olímpicos. El diseño del “Cubo de Agua” tiene la impronta de un enorme cubo de hielo, por lo que es conocido simplemente como “Cubo de agua”, o abreviadamente  $[H^2O]^3$ .

Ubicado en el Parque Olímpico de Beijing, distrito de Chaoyang, al norte de la capital china y a pocos metros del Estadio Nacional, este Centro Acuático Nacional se constituyó en un pabellón deportivo concebido para el desarrollo de las competencias de natación, nado sincronizado y clavados de los Juegos Olímpicos y Paralímpicos del 2008. Fuentes consultadas afirman que el proyecto de la instalación fue ganado en el año 2003, por el consorcio conformado por los grupos australianos PTW Architects y Ove Arup, con la compañía China State Construction Engineering Corporation (CSCEC); esta última se encargaría también de ejecutar la construcción.

La construcción, costada en gran medida con donaciones hechas por chinos residentes en el extranjero, fue inaugurada en el año 2008 y construida entre los años 2004 y 2007, y tiene una capacidad para 17 mil espectadores: 6 mil localidades fijas, más otras 11 mil temporales. La instalación de 177 por 177 metros de superficie (hasta 120 metros de claro entre apoyos) y 31 metros de alto, tiene un área techada de 70 mil metros cuadrados; en general el concepto de la arquitectura combina el simbolismo de la cultura china, con la estructura natural de las burbujas de jabón, utilizando tecnología y materiales de última generación, que inciden en que se trate de una obra visualmente sorprendente y ecológicamente eficiente.

En su construcción fueron utilizados materiales sintéticos como el ETFE(1) y principios estructurales basados en la misma naturaleza, al basarse en los principios de la intercepción de las burbujas de jabón (Foto 5). Estos constituyeron, sin lugar a dudas, significativos avances que recrean a diario las miradas complacidas de miles y millones de espectadores, durante los juegos y ya fuera de ellos.

▼ Fotografía 3

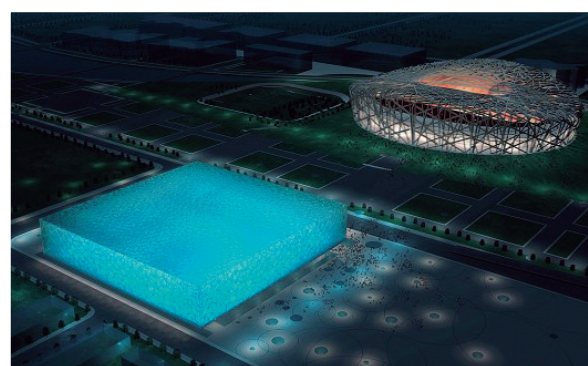
**Georgia Dome de Atlanta, ícono constructivo que albergó los juegos olímpicos del año 1996.**



Fuente: <https://www.brasfieldgorrie.com/expertise/project/georgia-dome/>

Fotografía 4 ▼

**Centro Acuático de Beijing (al fondo se visualiza también el estadio del “Nido de Pájaro”).**



Fuente: <http://expectaculos.com/2008/07/31/water-cube-estadios-beijing-2008/>





“Agua por dentro y agua por fuera”, esa fue la idea original en la que se basaron los creadores de esta colosal estructura (Foto 5), quienes deseaban que el edificio reflejase lo que iba a ocurrir en su interior, y para ello nada mejor que un edificio que dejara ver las burbujas que crea el jabón al mezclarse con el agua en una tina de baño. Su mayor atractivo es entonces la estructura exterior formada por 634 membranas traslúcidas del polímero ETFE, infladas con aire a baja presión y que recubren una superficie total de 100 mil metros cuadrados; por lo que es considerada como la mayor estructura ETFE recubierta del mundo. Son estas membranas las que componen las 3 mil burbujas y le ofrecen al “Cubo de Agua” esa apariencia característica; permitiendo además una excelente luminosidad en el conjunto, al dejar filtrar perfectamente los rayos solares hacia el interior del inmueble. El revestimiento ETFE permite mayor entrada de luz y calor que el cristal tradicional, hecho que propicia en este proyecto una disminución del 30% en gastos de energía. De noche la instalación dispone de una novedosa iluminación formada por diodos luminiscentes que ahorran hasta un 60% de la energía consumida por los clásicos fluorescentes, y que permiten iluminar el edificio con más de 16 millones de tonos.



Fotografía 5

Fotografía 6



**Vista de las burbujas (de jabón en la fachada de la construcción del “Cubo de Agua”.**



Fuente: <http://journey26.com/blog/tag/water-cube/>

**Estructura celular esquelética de acero del “Cubo de Agua” continua entre las superficies interior y exterior de la construcción, que se basa en la forma de Weaire-Phelan.**



Fuente: [http://www.inmocanada.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=4&Itemid=5](http://www.inmocanada.com/index.php?option=com_content&view=article&id=4&Itemid=5)



CON INNOVACIONES TECNOLÓGICAS PARA  
OPTIMIZAR CALIDAD Y COSTOS  
CONSTRUIMOS CONFIANZA



## Línea Sika® ViscoFlow®

### Súper-plastificantes de alto desempeño para concreto.

Prolongan y controlan la trabajabilidad de la mezcla por varias horas sin retardo adicional.

Aseguran la consistencia y colocación óptimas aún en climas cálidos y tiempos largos de transporte.

Retienen el revenimiento sin afectar el desarrollo de resistencias iniciales y finales.

 Sika Mexicana  @Sika\_Mexicana

01 800 123 74 52  
[www.sika.com.mx](http://www.sika.com.mx)

CONSTRUYENDO CONFIANZA







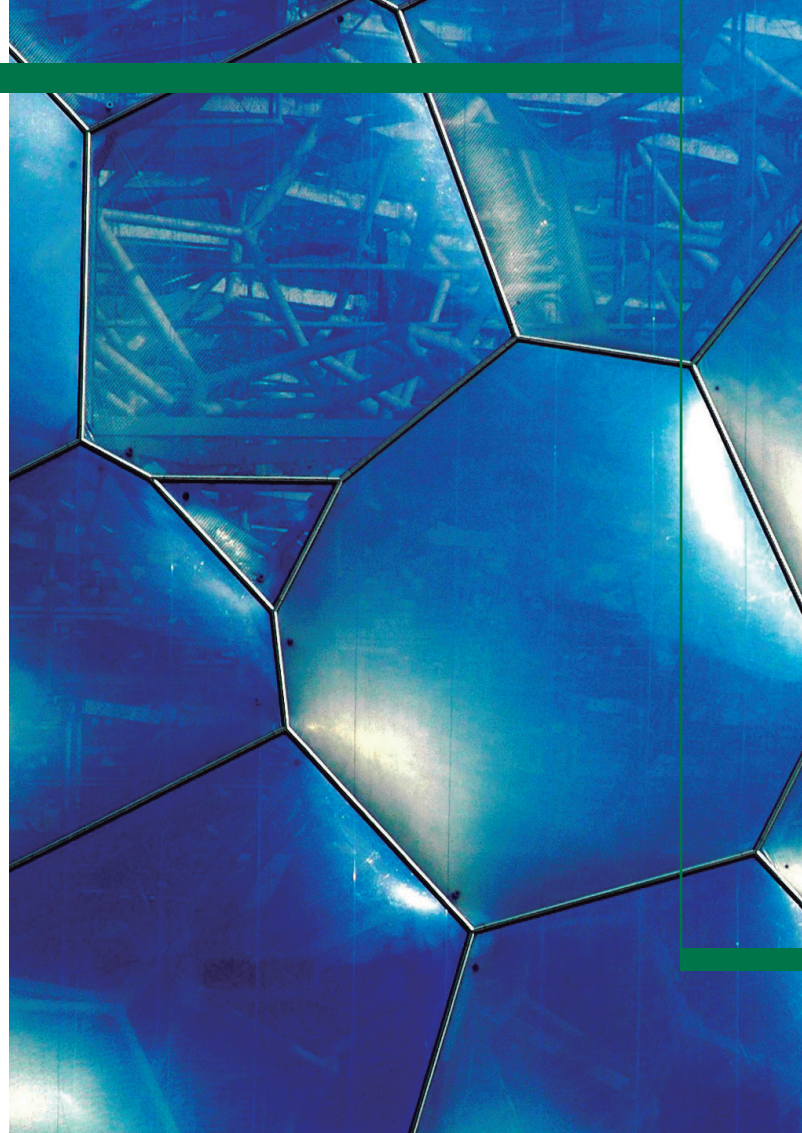
El proyecto, muy respetuoso con el medio ambiente, ha sido desarrollado bajo la premisa de ser lo más sostenible respecto a los recursos utilizados. De esta manera, la energía que utiliza es solar y se ha conseguido que los procesos de depuración del agua aseguren una reutilización del orden del 80%. Además del hecho de que el edificio aprovecha y se aprovisiona del agua de lluvia.





La construcción del “Cubo de Agua” fue concebida como un marco espacial de acero de aproximadamente 6,700 toneladas, mismo que soporta los cojinetes de ETFE que conforman las burbujas, y cuya cimentación se concibió por medio de una cimentación profunda con pilotes; en la que se evaluaron condiciones de comportamiento diferenciales entre la edificación principal y las albercas, considerando diferentes escenarios, con respecto al llenado simultáneo o no de las albercas. Al interior de la construcción también se conciben algunas losas de entrepiso, que utilizan concreto armado en su concepción. La estructura del edificio se basa en la repetición de una misma unidad, que comprende dos poliedros de 12 lados y seis poliedros de 14 lados (estructura de poliedros similar a la de Weaire - Phelan), resultando en más de 22 mil piezas y más de 12 mil nudos. Un acercamiento a la retícula resultante, se plasma a continuación en la fotografía 6.

El “Cubo de Agua” constituye una impresionante joya de ingeniería y arquitectura y pasó a formar parte de la larga lista de hitos estructurales construidos para certámenes olímpicos. Su impresionante arquitectura se corresponde con las innovaciones de ingeniería, de materiales de construcción, de gestión ambiental, y de un cronograma de proyecto, que muchos, en un principio, consideraron una utopía. **C**



## Referencias:

- ARUP (2004). “Beijing National Swimming Centre, China”. American Institute of Architects. Building Information Model (BIM) Awards Competition 2004. (TAP) Knowledge Community.
- ASCE Metropolitan Section (----). “Structural Design of the Water Cube of the 2008 Summer Olympics in Beijing”. Copyright © 2005-2015 Metropolitan Section, American Society of Civil Engineers • PO Box 7916 • New York, NY 10116-7901.
- Batten, Q., Bonnell, K., Fennell, K. Henson, M. y Ochoa, H. (----). “Beijing National Aquatic Center: The Watercube”. [http://faculty.arch.tamu.edu/media/cms\\_page\\_media/4433/watercube.pdf](http://faculty.arch.tamu.edu/media/cms_page_media/4433/watercube.pdf).
- Carson, E. (2008). “The Beijing National Aquatics Centre Water Cube Set for 2008 Olympics”. A-1902-1108 ©2008 LATICRETE International.
- e-architect (2014). “Watercube Beijing: National Swimming Centre China”, e-architect limited, 6 The Maltings, Haddington, East Lothian, EH41 4EF, UK.
- Gonchar, J. (2008). “Inside Beijing’s Big Box of Blue Bubbles”. <http://www.epab.bme.hu/oktatás/2014-2015-2/v-CA-B-MS/FreeForm/Examples/WaterCube.pdf>