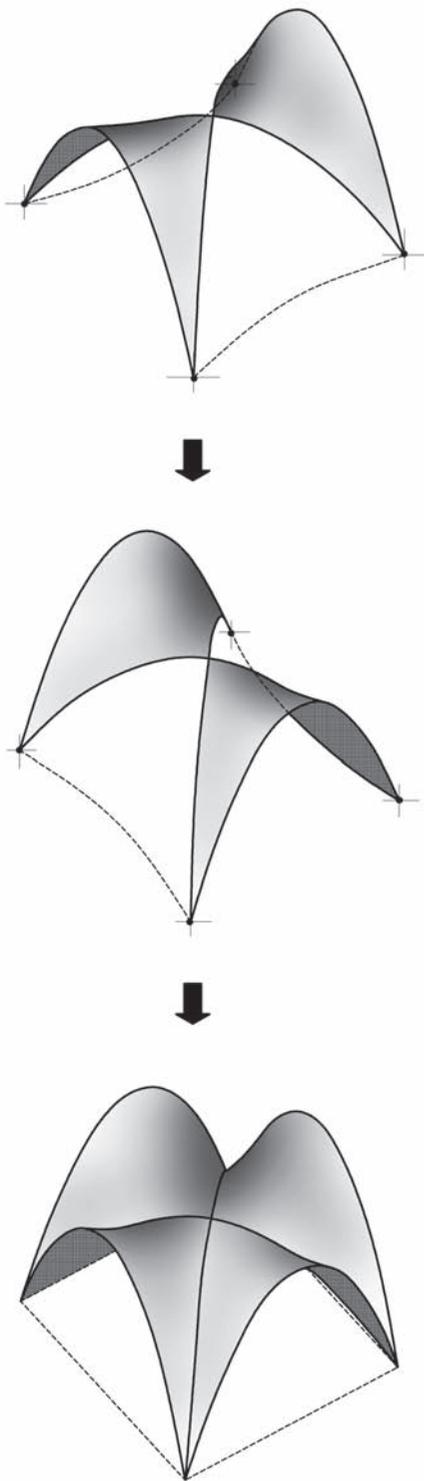


Las bóvedas por arista de Félix Candela: variaciones sobre un mismo tema¹

Juan Ignacio del Cueto Ruiz-Funes

Doctor en arquitectura. Investigador y profesor de la Facultad de Arquitectura, UNAM



Secuencia de la solución geométrica de la bóveda por arista resuelta con intersección de dos *hypars* del tipo "silla de montar". Dibujo: Moisés Escárcega, UNAM, tomado del libro *Las estructuras de Candela* de Colín Faber, p. 150

La primera bóveda por arista con paraboloides hiperbólicos fue construida por Cubiertas Ala para cubrir la sala de remates de la Bolsa Mexicana de Valores (Enrique de la Mora y Fernando López Carmona, 1953-1955). A partir de entonces, Félix Candela utilizó este tipo de estructura laminar de concreto armado en diferentes espacios. El artículo aborda la evolución de esta peculiar familia de cascarones, de la que forman parte algunas de las obras emblemáticas del arquitecto hispano-mexicano.

Palabras clave: Félix Candela, bóveda por arista, cascarones de concreto, estructuras laminares, paraboloides hiperbólicos.

El espíritu inquieto de Félix Candela lo llevó a experimentar continuamente con las cubiertas que tuvo oportunidad de diseñar y construir a lo largo de su trayectoria profesional.² No se conformaba con alcanzar una solución eficaz para sus propósitos; una vez que encontraba un tipo de estructura laminar que satisficiera las necesidades requeridas para cubrir cierto espacio, se volcaba en busca de mejoras que pudieran aplicarse para alcanzar resultados óptimos en proyectos subsecuentes. Así, como un compositor que encuentra una veta de inspiración, desarrolló "variaciones" de algunos de los tipos de cubierta más eficientes que ofrecía desde su empresa constructora Cubiertas Ala, entre las que destacaron las que hizo con paraguas y con bóvedas por arista. Este artículo aborda la génesis y evolución de estas últimas.

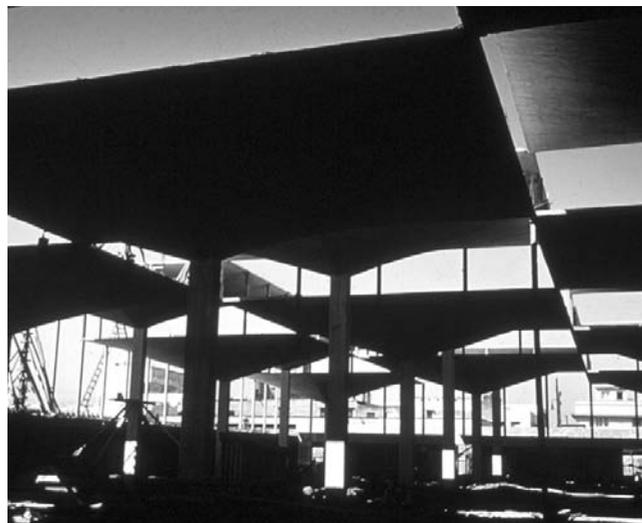
Geometría musical: el paraboloides hiperbólico

Para diseñar sus estructuras laminares de concreto armado resistentes por forma, conocidas como *cascarones*, Candela aprovechó al máximo, y con gran virtuosismo, las características estructurales y expresivas del paraboloides hiperbólico o *hypar*,³ forma geométrica que por medio de dos series de líneas rectas que se mueven en el espacio —directrices y generatrices— produce superficies regladas de doble curvatura inversa que tienen la cualidad de transmitir casi exclusivamente esfuerzos a compresión. Esto permite construir láminas de una delgadez extrema, reducida por lo general a cuatro centímetros pues "el concreto de un cascarón no necesita más espesor que el necesario para aislar el acero empotrado en él".⁴ Cuando el paraboloides hiperbólico se aplica con talento en el campo del diseño arquitectónico, la versatilidad de su trazo y su capacidad de moverse fluidamente en el espacio permiten componer formas suaves, sinuosas y expresivas, como una melodía musical.

Las cubiertas diseñadas con paraboloides hiperbólicos pueden clasificarse, *grosso modo*, en dos grandes grupos: de borde recto y de borde curvo. Entre las "variaciones" de Candela, el caso más desarrollado fue el del *paraguas*



Almacenes Río, Lindavista, D.F., 1954. Fotografía: archivo, Juan Ignacio del Cueto



Mercado en Veracruz, Ver., 1958. Fotografía: archivo, Juan Ignacio del Cueto

Las cubiertas diseñadas con esta forma geométrica pueden clasificarse, *a grosso modo*, en dos grandes grupos: cascarones de borde recto y cascarones de borde curvo.⁵ Entre las "variaciones" de Candela, el caso más desarrollado fue el del *paraguas*, elemento económico y versátil formado por cuatro segmentos de *hypar* que coinciden en un apoyo central que transmite las cargas al terreno. Repitiendo en serie este tipo de cascarón de borde recto, que podía cubrir cerca de 200 m² por unidad, se construyeron cientos de edificios de gran superficie, sobre todo en el ámbito industrial y de servicios (gasolineras, mercados, estaciones de transporte). Cuando Candela abordaba nuevos proyectos, experimentaba incorporando pequeñas modificaciones a sus *paraguas*: variaba la planta (cuadrada, rectangular, poligonal), la ubicación y forma del apoyo (centrado o descentrado, de sección cuadrada, cruciforme, romboidal o cilíndrica), o la solución de los bordes (horizontales, inclinados o manejados a diferentes alturas para proporcionar luz natural y ventilación al espacio interior). La de los *paraguas* fue, con mucho, la "familia" más numerosa de las creadas por el equipo de Cubiertas Ala.

Sin embargo, las variaciones más inspiradas de Candela pertenecen al grupo de los cascarones de borde curvo, específicamente a la familia de las bóvedas por arista realizadas con *hypars*. Algunos de los espacios arquitectónicos mejor logrados fueron cubiertos con esta ingeniosa solución,⁶ cuyo primer ejemplar se construyó para la Sala de Remates de la Bolsa Mexicana de Valores; con el mismo tipo de cascarón se cubrieron obras emblemáticas como la parroquia de San Antonio de las Huertas, el restaurante Los Manantiales o el edificio de embotellado de Bacardí-México, entre varias más que se presentan líneas adelante.

Una aportación a la historia de la construcción: la bóveda por arista con *hypars*

La solución geométrica de la bóveda por arista construida con paraboloides hiperbólicos fue planteada por primera vez en 1953, cuando Fernando López Carmona trabajaba con Enrique de la Mora en el proyecto del edificio para la Bolsa Mexicana de Valores, sito en la calle Uruguay del Centro Histórico de la Ciudad de México. De la Mora pidió a su joven colaborador que, para resolver la cubierta del espacio rectangular destinado a la Sala de Remates, se inspirara en la bóveda nervada que cubre el crucero de la iglesia de La Purísima en Monterrey (1946), pero intentando eliminar los refuerzos diagonales —o nervaduras— que ésta había requerido para su construcción.⁷ López Carmona intuyó que la solución pasaba por sustituir las secciones parabólicas de la Purísima por superficies de paraboloides hiperbólicos y planteó el esquema geométrico que resolvía el problema: dos *hypars* del tipo "silla de montar" se intersectan perpendicularmente entre sí, con lo que los cuatro lóbulos o "gajos" resultantes se convierten en delgadas láminas que se unen, precisamente, en las aristas de la bóveda. ¡Eureka!: la geometría estaba resuelta, pero, ¡oh, desilusión!, los ingenieros calculistas opinaron al unísono que esa bóveda era imposible de construir... hasta que cayó en manos de Candela, quien lo consideró un proyecto "muy interesante, perfectamente lógico, estable y no difícil de construir".⁸

De la Mora decidió acudir a Cubiertas Ala cuando su titular gozaba de cierto reconocimiento como diseñador de cascarones, pues unos meses antes había terminado la obra con la que empezó a cimentar su fama: la pequeña cubierta del Pabellón de Rayos Cósmicos en Ciudad Universitaria.⁹ Candela quedó fascinado con la geometría planteada por López Carmona y



Félix Candela supervisando el colado del cascarón durante la construcción de la cubierta de la sala de remates de la Bolsa Mexicana de Valores (ca. junio 1955)
Fuente: Félix & Dorothy Candela Archive, Princeton University

se dio a la tarea de buscar la solución constructiva que permitiera convertirla en una realidad. Hizo lo que la lógica pedía: aprovechar los arcos parabólicos diagonales que dibujan las aristas para incorporar unas costillas rigidizantes con sección en V, disimuladas por encima del vértice de cada arista, que transmiten las cargas de la membrana hacia las esquinas de la sala, donde se encuentran con los apoyos.

El emplazamiento de este cascarón, el primero en su tipo, es ciertamente peculiar. Se localiza en un tercer piso, en la parte posterior del edificio de ocho plantas cuya fachada da a la calle de Uruguay, lo que imposibilita su visión desde el exterior. Se construyó entre el 20 de diciembre de 1954 y el 21 de julio de 1955.¹⁰ Cubre un espacio rectangular de 14.10 x 25.50 m; la altura interior va de los 8.25 m en el punto más bajo (donde se intersectan las aristas) a los 10.50 m que alcanzan los cuatro arcos perimetrales, que fueron reforzados exteriormente con vigas de borde. Uno de los grandes aciertos en el diseño fue inclinar levemente estos arcos hacia el interior para solucionar la ventilación y permitir que la luz

natural bañe tangencialmente los muros verticales que cierran el espacio, generando un efecto óptico que dota al cascarón de una sensación de gran ligereza y a la sala de una luminosidad sorprendente.¹¹ Desde que la Bolsa Mexicana de Valores mudó su sede al Paseo de la Reforma, el espacio cubierto por el espectacular cascarón ha tenido diversos usos; actualmente funciona como *call-center* de una casa de inversiones y está muy bien conservado.

Con esta estructura se inició la fructífera colaboración profesional entre Enrique de la Mora, Fernando López Carmoña y Félix Candela, que aportaría a la arquitectura mexicana del siglo XX algunas de sus obras emblemáticas, particularmente en el ámbito religioso: las capillas del Altílo y San Vicente de Paul en Coyoacán, el templo de la Santa Cruz y la capilla del Colegio México en San Luis Potosí, o la iglesia de San José Obrero en Monterrey, por citar sólo algunas. Con bóvedas por arista cubrieron en la capital las parroquias de San Antonio de las Huertas y del Perpetuo Socorro.



La antigua sala de remates de la Bolsa Mexicana de Valores en la actualidad. Fotografía: Alberto Moreno Guzmán, 2010



Vista del primer cascarón de borde libre construido para la parroquia de San Antonio de las Huertas, recién descimbrado (ca. agosto de 1956)
Fuente: Félix & Dorothy Candela Archive, Princeton University

Un salto cualitativo: el borde libre

Candela no quedó conforme con las costillas rigidizantes que tuvo que aplicar en los arcos de borde de la Bolsa de Valores. Le molestaba que en sus mejores obras, como Las Aduanas (1953, con Carlos Recamier) o la iglesia de la Virgen de la Medalla Milagrosa (1953-1955), no se percibiera la ligereza del cascarón por culpa de los ingratos refuerzos que se requerían para estabilizar los elementos de borde. "Aun en el Altillo, en donde la hoja del cascarón fue deliberadamente expuesta, una viga 'destruye' el efecto".¹² Estaba convencido de que se podía lograr, y determinar analíticamente, un estado de esfuerzos que no produjera fuerzas normales a lo largo de los arcos perimetrales, lo que le permitiría dejar a la vista los cuatro centímetros de espesor de la lámina sin ningún tipo de refuerzo: el ansiado "borde libre". En la Bolsa de Valores no lo había conseguido pues la planta rectangular rompía la simetría biaxial que se requería para lograrlo. "Si la bóveda hubiera tenido planta cuadrada, tal problema se hubiera eliminado; los bordes podrían haber quedado también libres de esfuerzos tangenciales y no hubieran necesitado arcos de rigidez".¹³

Finalmente pudo poner en práctica su idea con un nuevo encargo de Enrique de la Mora. "Cuando los arquitectos estaban esbozando los techos de San Antonio de las Huertas, Candela ya sabía los fundamentos y los trucos de los cálculos. Tuvo la suficiente confianza como para sugerir de inmediato, dada la simetría de las bóvedas, que sus bordes se dejaran sin arcos de rigidez".¹⁴ En 1956 se construyeron las primeras estructuras de este tipo: tres bóvedas por arista con *hypars* que, alineadas y separadas entre sí, forman la nave principal de la parroquia de San Antonio de las Huertas.¹⁵ Cada una de ellas es de planta casi cuadrada (14 x 16 m) y su altura varía de los 7.50 m en la intersección de las aristas a los 10 m en la corona de los arcos perimetrales, en los que el borde libre aporta la sensación de liviandad. Las separaciones se cubren con arcos cilíndricos de mayor altura que se amarran delicadamente a los arcos perimetrales de cada bóveda por medio de una ligera estructura metálica triangulada que, colocada verticalmente, sostiene vitrales de tonalidad ámbar; a través de ellos se filtra una luz tamizada que crea un ambiente místico en el interior del templo.¹⁶

Con esta nueva variante, Candela alcanzó uno de los mayores logros estéticos en el campo de las estructuras laminares: los cascarones de borde libre. "Todo es tan sencillo cuando se sabe, que produce enojo no haberlo percibido al primer

Le molestaba que en sus mejores obras no se percibiera la ligereza del cascarón por culpa de los ingratos refuerzos que se requerían para estabilizar los elementos de borde

vistazo, en lugar de tener que realizar un trabajoso proceso de pensamiento. Sabía yo que el borde libre era una idea práctica mucho antes de que comprendiera cómo trabaja, y de que me atreviera a construirlo".¹⁷

Variando el ritmo: tres, ocho, cinco...

Con el borde libre dominado, Candela dio rienda suelta a su creatividad ensayando "variaciones rítmicas" que se alejaban de la solución tradicional de bóveda por arista con cuatro lóbulos para experimentar con unas más audaces formadas por tres, ocho o cinco gajos (en ese orden cronológico) con las que cubrió, respectivamente, el cabaret La Jacaranda del hotel Presidente en Acapulco (1957), el restaurante Los Manantiales de Xochimilco (1958) y el restaurante del Casino de la Selva en Cuernavaca (1959).

Juan Sordo Madaleno se acercó a Cubiertas Ala buscando una solución para proteger la terraza con vista al mar del hotel Presidente, que estaba construyendo en la costa acapulqueña en 1957. Candela propuso una cubierta obtenida por la intersección de tres *hypars* en la que las aristas radiales resultantes transmiten los empujes desde su punto de confluencia, en la clave de la bóveda, hasta cada uno de los tres puntos de apoyo.¹⁸ Cada *hypar* se corta con un plano inclinado hacia el exterior, generando una grácil visera curva que protege a los usuarios de la incidencia solar. A diferencia de las cubiertas de Xochimilco y Cuernavaca, la "palapa pétrea" de Acapulco no requirió cerramientos exteriores,¹⁹ lo que le confiere una liviandad sorprendente: "No pudo quitarse nada más. No



Vista desde el mar del cabaret La Jacaranda, Acapulco, 1957 (Juan Sordo Madaleno, Félix Candela). A la derecha se ve parte de la torre del Hotel Presidente. Este cascarón fue demolido cuando se construyó una nueva torre de habitaciones. Fuente: Félix & Dorothy Candela Archive, Princeton University

existe nada que oculte su delgadez, ni costillas, ni puntales, ni estabilizadores. Solamente se ven las tiesas membranas del cascarón. Solamente su forma pudo darle resistencia".²⁰ Este cascarón fue demolido cuando se hicieron obras de ampliación en el hotel, con lo que desapareció una de las obras maestras de Candela.

Mientras se proyectaba La Jacaranda de Acapulco, un incendio destruyó la estructura de madera del tradicional restaurante Los Manantiales de Xochimilco; el proyecto de reconstrucción se le encomendó a Joaquín Álvarez Ordóñez, quien también encargó el diseño estructural a Cubiertas Ala. Candela vio entonces la oportunidad de levantar, sobre los canales de la zona lacustre, una estructura con la que había venido soñando tiempo atrás: una "flor de ocho pétalos" conformada por la intersección de cuatro paraboloides hiperbólicos que giran sobre un eje y generan una bóveda por arista de planta octogonal que cubre una superficie cercana a los 900 m². El perfil del cascarón sigue una sinuosa y rítmica línea que sube y baja sin ningún tipo de interrupción gracias a la hábil solución de los ocho apoyos, que se remeten discretamente tras las curvas de inflexión inferior para permitir que el delicado borde fluya libremente, creando la sensación de que el edificio levita suspendido sobre el terreno. Como en Acapulco, cada lámina se corta con un plano inclinado hacia el exterior consiguiendo una forma dinámica que parece extender sus alas para levantar el vuelo. "Ésta es la estructura que Candela considera como su trabajo más significativo. Creo que no ha sido mejorado y que es todo lo que un cascarón debería ser: sencillo, gracioso y ligero. Quizás puede decirse que es la membrana de concreto más delicada que ha cubierto jamás tal claro".²¹

El restaurante del hotel Casino de la Selva, que era conocido como el Salón de los Relojes, se inspiró en Los Manantiales pero se resolvió con otra variante: una bóveda de cinco aristas que genera una planta pentagonal. La distancia entre apoyos (17 m) superaba sensiblemente a la de Xochimilco (12 m), por lo que

los arcos perimetrales libraban un claro mayor que su predecesora, aunque su altura, proporcionalmente menor, generaba algunas parábolas más rebajadas. La cubierta funcionó ligada a otras dos estructuras laminares: una atractiva marquesina que marcaba el acceso al edificio y el *hypar* del auditorio adyacente. En el diseño de este sistema de cascarones engarzados, como en el de otras construcciones del conjunto (bungalows y la discoteca Mambo), tuvo una activa participación Juan Antonio Tonda, estrecho colaborador de Candela en Cubiertas Ala. Tristemente, todo el complejo vacacional del Casino de la Selva desapareció a principios de este siglo bajo la picota de la especulación inmobiliaria.

Con la serie "tres, ocho, cinco" (Acapulco, Xochimilco, Cuernavaca), las "variaciones con borde libre" alcanzaron sus más altas cotas de inspiración y consolidaron la fama de su creador como el gran "compositor" de cascarones de concreto, reconocido con varias distinciones alrededor del mundo. En 1961 recibió el reconocimiento más importante que se podía otorgar a un arquitecto: el Premio Auguste Perret de la Unión Internacional de Arquitectos (UIA). Al año siguiente, la repercusión internacional que generaba su obra le llevó a componer una nueva variante de bóveda de tres aristas que, concebida como una pieza escultórica, fue sembrada en un jardín botánico de Oslo, Noruega.²² En 1964 ensayó, como un proyecto, una curiosa variante de bóveda por arista inspirada en Los Manantiales pero de 12 lóbulos, que remataba la parte superior de una alta torre propuesta para la "HemisFair" que se celebraría en 1968 en San Antonio, Texas.²³

Alcanzando el límite

Cuando la UIA decidió otorgarle su prestigioso reconocimiento, Candela acababa de terminar el edificio de embotellado de Bacardí-México, ubicado en la planta industrial que la empresa cubana había empezado a construir en 1958 en Tultitlán, Estado de México. El proyecto del conjunto estuvo a cargo del grupo de



Arriba: Vista interior del restaurante Los Manantiales en la actualidad. Fotografía: Alberto Moreno Guzmán, 2010
Abajo: Propuesta de Candela para la "HemisFair Tower" de San Antonio, Texas, 1964. Imagen: Félix Candela Archive, Avery Drawings and Archives Collection, Columbia University

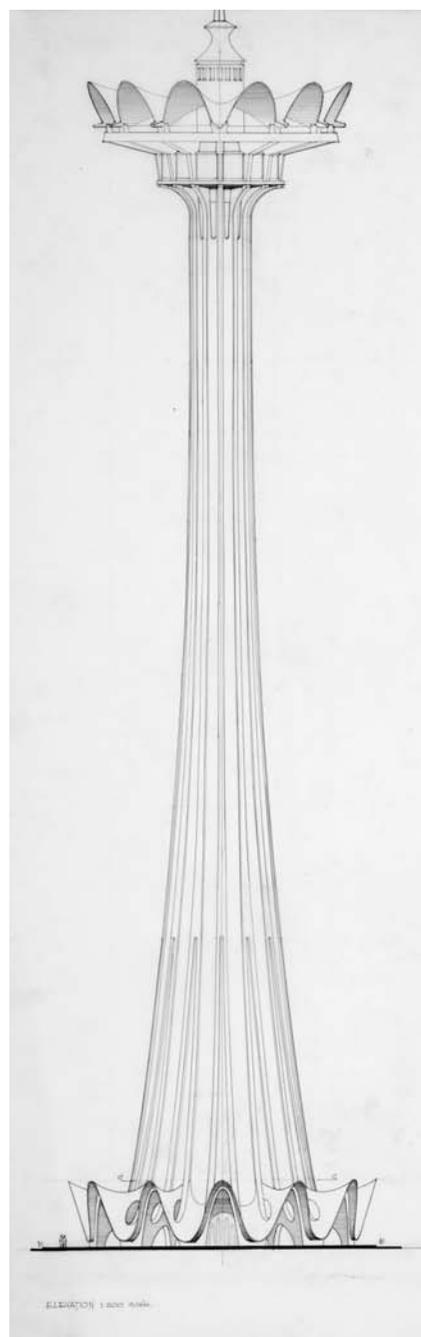
ingenieros y arquitectos Sacmag (Sáenz-Cancio-Martín-Álvarez-Gutiérrez), con sede en La Habana, quienes confiaron el diseño estructural y la construcción de la mayoría de sus edificios a Cubiertas Ala, con lo que el complejo acabó convirtiéndose en un muestrario de las diferentes "variaciones" de Candela: losas plegadas, bóvedas cilíndricas, paraguas, bóvedas por arista...²⁴

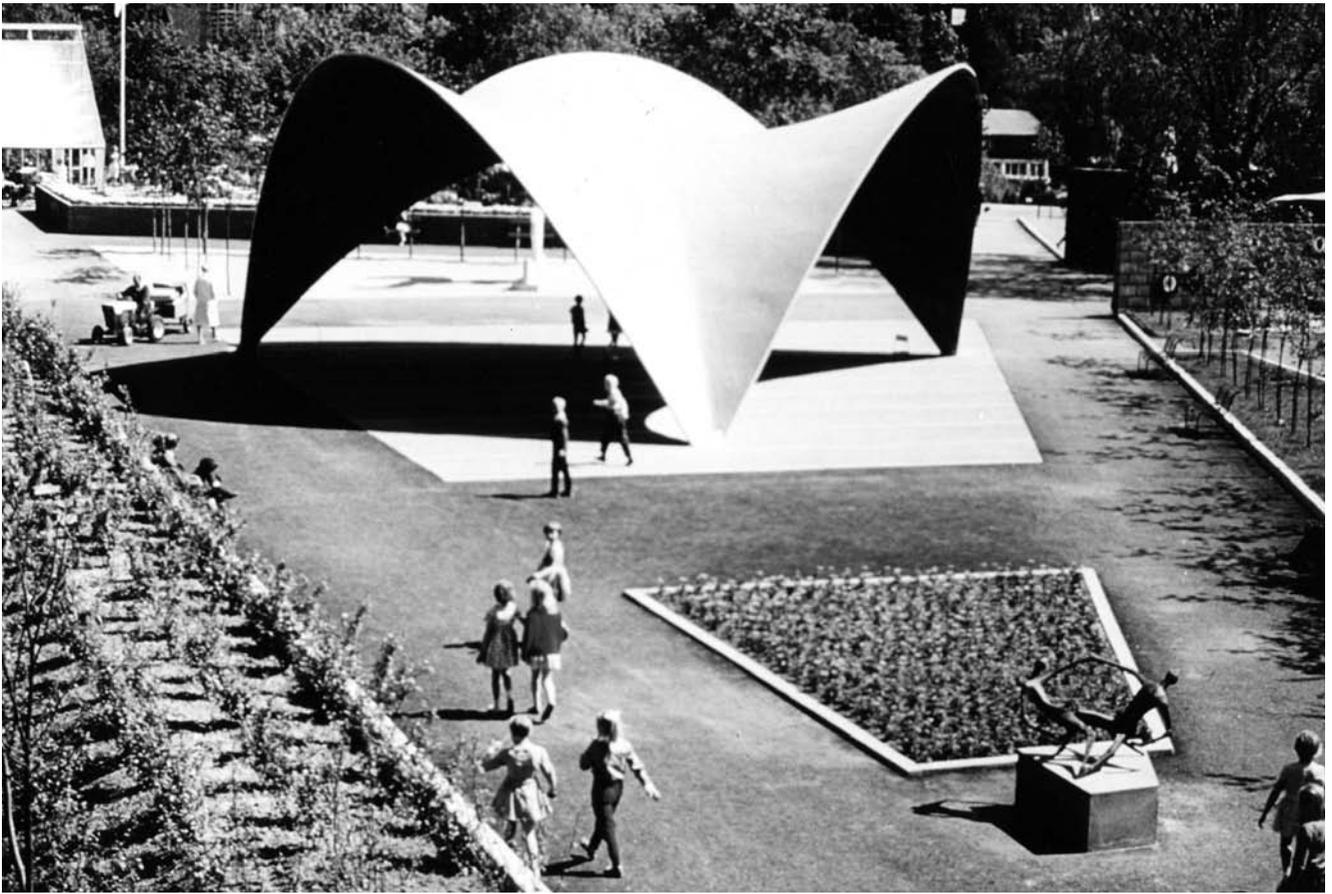
Con estas últimas resolvió los sorprendentes cascarones que cobijan la zona de envasado, donde introdujo una nueva variante al despegar las bóvedas del terreno en lugar de desplantarlas desde el nivel de piso, como venía haciendo desde de la construcción de la Bolsa de Valores. En la Bacardí, los *hypars* empiezan a desplegarse a tres metros de altura, formando una continuidad con los apoyos inclinados que acompañan la curva de las aristas. La planta de cada cascarón es cuadrada y sus arcos perimetrales tienen 30 m de luz, que es la distancia de separación entre los apoyos. El punto de intersección de las aristas está a 10 m del suelo y la corona de los arcos de borde alcanza los 13 metros de altura. Estas características los convirtieron en los cascarones de mayores dimensiones construidos por Cubiertas Ala.

El edificio de embotellado fue levantado en dos etapas constructivas.²⁵ En la primera (1958-1960) se hicieron tres cascarones alineados, cada uno de 30 m por lado, que forman una crujía de 2 700 m² sin apoyos interiores. En la ampliación de 1971 se "espejó" la solución original para dar al edificio el aspecto que hoy presenta: seis bóvedas por arista con *hypars* que, agrupadas en dos crujías, protegen un espacio de 5 400 m² con sólo dos bases en el interior, en cada una de las cuales convergen cuatro apoyos. Éstos se inclinan para dar continuidad a la parábola que dibujan las aristas, convertidas en miembros rígidos de sección en V que transmiten las cargas a los cimientos.

El cerramiento perimetral acristalado y los tragaluces triangulares hábilmente resueltos en las uniones de los cascarones para captar luz cenital, confieren gran luminosidad a un espacio interior asombroso, dinámico y diáfano.

Pese a ser considerada como una de las obras maestras de la arquitectura del siglo XX, Candela no quedó del todo satisfecho con el resultado final del edificio por un pequeño detalle, casi imperceptible, que afectaba la estética del borde libre: las costillas de refuerzo que decidió incluir en el perímetro de los cascarones ante la inseguridad que le provocó el derrumbe parcial sufrido, en aquellos días, por el cascarón de la capilla de Palmira en Cuernavaca. Estudios recientes han demostrado que se podría haber prescindido de estos refuerzos sin poner en peligro la estabilidad del edificio.





Bóveda por arista de tres gajos en un jardín botánico de Oslo, Noruega, 1962. Fuente: Félix & Dorothy Candela Archive, Princeton University

Mientras Candela trabajaba en la Bacardí, recibió el encargo de Alfredo Terrazas de la Peña para construir la caseta de ventas del Fraccionamiento Verde Valle en Guadalajara, Jalisco, donde volvió a hacer alarde de su dominio estructural y del manejo del borde libre para crear una pequeña joya que repetía, a una escala menor, la solución que planteaba para la planta embotelladora. La bóveda tapatía tiene 18 m por lado, 4.50 m de altura en la clave y 6.50 m en la corona de los arcos de borde, que se proyectan hacia el exterior por el corte inclinado que se practica en cada lámina de *hypar*. Los apoyos se resuelven hábilmente siguiendo la inclinación que trazan las aristas hasta hincarse en el terreno, a semejanza de las de Bacardí, aunque este cascarón tiene prácticamente la

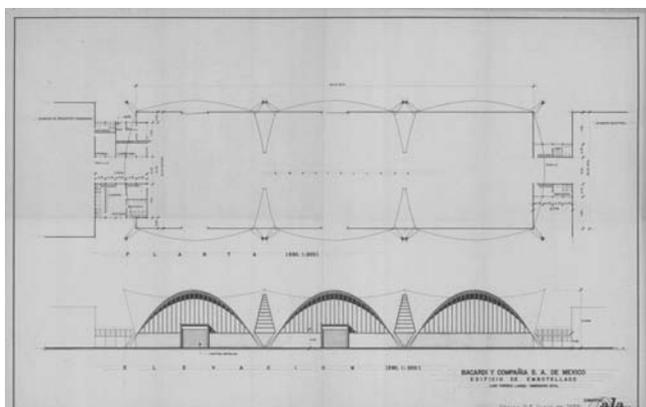
mitad de tamaño que sus "hermanas mayores"; por esta razón Candela no tuvo reparo en eliminar en esta bóveda las costillas perimetrales que tanto le molestaban en aquéllas, dejando la ligereza del borde libre en todo su esplendor.

Como ya se dijo, las de Bacardí fueron las bóvedas más grandes que levantó Candela, aunque en papel quedó una que, de haberse construido, las hubiera superado. En una propuesta para el nuevo mercado de La Merced, desarrollada en 1956 —dos años antes que la Bacardí—, planteaba un complejo sistema de bóvedas por arista de alturas escalonadas que se agrupaban formando una enorme planta de cruz latina. La bóveda del crucero se levantaba por encima de las demás y tenía la friolera de 52 m por lado.²⁶



Caseta de ventas del Fraccionamiento Verde Valle, Guadalajara, 1960, con el arquitecto Alfredo Terrazas de la Peña
Fotografía: Félix & Dorothy Candela Archive, Princeton University

El proyecto para el mercado de La Merced planteaba un complejo sistema de bóvedas por arista, de alturas escalonadas que se agrupaban formando una enorme planta de cruz latina



Plano del proyecto para el edificio de embotellado de Bacardi-México, primera etapa, junio de 1959. Planta y corte. Fuente: Archivo de Arquitectos Mexicanos, FA-UNAM



Proyecto para el mercado de La Merced, 1956. Fuente: Félix Candela Archive, Avery Drawings and Archives Collection, Columbia University

Variaciones tardías

Dos edificios religiosos están entre las últimas obras resueltas con bóveda por arista: la iglesia de La Florida en Naucalpan, Estado de México; y la parroquia de Nuestra Señora del Perpetuo Socorro en la colonia Cuauhtémoc, en el D. F. La primera, que empezó a proyectarse a finales de 1963, introduce una nueva variante: está compuesta por dos bóvedas de ocho gajos sobrepuestas; la inferior forma la nave octagonal de la iglesia, a manera de estrella de ocho puntas redondeadas, y la superior, de menor tamaño, funciona como una curiosa linternilla que recuerda a Los Manantiales en miniatura, y que descansa sobre el anillo de compresión en el que confluyen las aristas del cascarón principal.²⁷

El *pelón* de la Mora volvió a Cubiertas Ala en 1966 para cubrir, con una sola bóveda por arista de cuatro lóbulos, la parroquia de Nuestra Señora del Perpetuo Socorro. La planta es un rectángulo que se acerca mucho al cuadrado (20 x 22 m), y la altura del cascarón varía de los 21 m en la intersección

de las aristas (el punto más bajo de la cubierta) a los 25.40 m de los arcos de borde, lo que la convierte en la bóveda más peraltada de cuantas se construyeron en Cubiertas Ala. El interior sorprende por la proporción del espacio cubierto, de gran altura, y por el ambiente que genera la luz que penetra a través de los grandes vitrales coloridos que cierran tres de sus cuatro costados.

La obra póstuma de Candela es también una bóveda por arista de ocho gajos que cubre el restaurante del Parque Oceanográfico de Valencia, España. A principios de los años noventa, cuando iniciaba el vecino proyecto de la Ciudad de las Ciencias y las Artes, Santiago Calatrava sugirió a los responsables del Parque Oceanográfico, en cuyo proyecto no tuvo mayor injerencia, que invitaran a Félix Candela para realizar alguna intervención a modo de homenaje. El arquitecto octogenario, entusiasmado, empezó a trabajar en un "clon" del restaurante que había levantado en los canales de Xochimilco cuarenta años atrás, pero la muerte lo sorprendió en 1997



La iglesia de La Florida en construcción. Fuente: Félix & Dorothy Candela Archive, Princeton University



Vista interior de la parroquia de Nuestra Señora del Perpetuo Socorro. Fotografía: Alberto Moreno Guzmán



Vista nocturna del restaurante del Parque Oceanográfico de Valencia. Fotografía: Juan Ignacio del Cueto

dejando la composición inconclusa. El desarrollo del proyecto quedó en manos de los jóvenes ingenieros valencianos Alberto Domingo y Carlos Lázaro, quienes crearon una interesante reinterpretación de Los Manantiales, digno homenaje póstumo al genio del diseño estructural.

¿Variaciones o repeticiones?

La bóveda por arista con paraboloides hiperbólicos surgió de una fructífera relación profesional que unió el talento proyectual de Enrique de la Mora y la capacidad analítica de Fernando López Carmona con el pragmatismo y la audacia de Félix Candela, quien fue capaz de calcular y construir una idea conceptual que ningún ingeniero se habría atrevido a acometer. Este tipo de cascarón constituye una aportación de la arquitectura mexicana a la evolución de las estructuras laminares de concreto armado.

En una conferencia dictada en 1954, precisamente cuando proyectaba la cubierta para la Bolsa Mexicana de Valores, Candela sostenía que "la originalidad de una estructura correcta es siempre efímera. Una vez que un tipo estructural tiene éxito es inevitable su repetición, puesto que entre las condiciones de aquel éxito deben estar la economía, eficiencia y facilidad de ejecución".²⁸ Sin embargo, podemos afirmar que Candela nunca se repitió, sino que desarrolló inspiradas variaciones sobre un mismo tema. ■



Albañiles colocando el armado en una de las aristas de la cubierta de la Bolsa Mexicana de Valores. Fotografía: Félix & Dorothy Candela Archive, Princeton University

Notas

- ¹ Este trabajo forma parte del Proyecto PAPIIT IN-405608 "Arquitectura y exilio: Félix Candela en México y Latinoamérica", de la Dirección General de Apoyo al Personal Académico (DGAPA) de la UNAM. Para su realización conté con la ayuda de varios alumnos de la Facultad de Arquitectura de la UNAM (algunos de ellos hoy arquitectos) que, a lo largo de los últimos años, me han apoyado como prestadores de Servicio Social o como becarios: Eric Valdez, Eduardo Alarcón, Rosa Martha Quintero, Moisés Escárrega, Gonzalo Álvarez Tostado, Adinda de Jesús, Francisco Gordillo, Eréndira Lozano, Liliana Ángeles, Sofía Chapa, Lucía de la Mora, Jimena García Galindo, José Gabriel Amozrutia, Irina Calderón, Manuel Pacheco y Fernando Soto. Quiero dejar constancia de mi agradecimiento a las responsables de los archivos en los que recabé la valiosa información gráfica y documental que sustenta el trabajo: doctora Lourdes Cruz y arquitecta María Eugenia Hernández, del Archivo de Arquitectos Mexicanos de la Facultad de Arquitectura de la UNAM; María M. Garlock, profesora de la Universidad de Princeton, encargada del Félix & Dorothy Candela Archive, y Janet Parks, directora de la Avery Drawings and Archives Collection de la Universidad de Columbia.
- ² Para mayor información sobre la vida y obra de Félix Candela, véase Del Cueto, Juan Ignacio (ed.), *Félix Candela 1910-2010*, catálogo de exposición, Instituto Valenciano de Arte Moderno, Ministerio de Cultura, Madrid, 2010.
- ³ Contracción del término en inglés *hyperbolic paraboloid*.
- ⁴ Colin Faber, *Las estructuras de Candela*, Compañía Editorial Continental, México, 1970, p. 210.
- ⁵ Entre los más famosos cascarones de borde recto diseñados por Candela figuran las capillas de El Altillio y San Vicente de Paul (en Coyoacán, México, D. F.), la parroquia de la Divina Providencia (en Lindavista, México, D. F.) y las iglesias "gemelas" de San José Obrero (Monterrey) y de la Santa Cruz (San Luis Potosí). Entre los de borde curvo están el Pabellón de Rayos Cósmicos (Ciudad Universitaria, México, D. F.), la capilla de Palmira (Cuernavaca), el restaurante Los Manantiales (Xochimilco) y el edificio de embotellado de Bacardi-México (Tultitlán, Estado de México).
- ⁶ La solución está inspirada en la bóveda por arista tradicional utilizada desde la época de los romanos, en la que dos bóvedas de cañón corrido se intersectan perpendicularmente para formar una cubierta que se apoya en cuatro puntos. El desarrollo de la bóveda por arista propició un salto cualitativo enorme en la evolución histórica del espacio arquitectónico al conseguir transmitir las cargas de la cubierta de mampostería a través de cuatro apoyos aislados, prescindiendo así de los masivos muros de carga continuos que requerían las bóvedas de cañón corrido.
- ⁷ Entrevista a Fernando López Carmona para el documental "Aquella primavera creadora... Cascarones de concreto armado en México". Guión: Xavier Guzmán y Juan Ignacio del Cueto, dirección: Eric Valdés y Agustín Hernández H., Facultad de Arquitectura, UNAM, 2008.
- ⁸ Faber, *op.cit.*, p. 150.
- ⁹ El proyecto del Pabellón de Rayos Cósmicos especificaba que la cubierta no debía tener más de 15 mm de espesor para no alterar el libre flujo de protones y neutrones. Para solucionarla, Candela propuso sustituir la cubierta cilíndrica que planteaba Jorge González Reyna, titular del proyecto, por una de doble curvatura inversa conformada por dos *hypars* del tipo "silla de montar" apoyados en tres arcos parabólicos. La cubierta terminó de construirse en octubre de 1951. Para mayor información, véase Del Cueto, Juan Ignacio, "El Instituto de Física Nuclear en Ciudad Universitaria" en *Piso. Ciudad al ras*, núm. 12, otoño de 2007, Guadalajara, pp. 99-104.
- ¹⁰ En la lámina núm. 4 del Catálogo de Proyectos y Obras de Cubiertas Ala que custodia el Archivo de Arquitectos Mexicanos de la Facultad de Arquitectura de la UNAM, aparece "Bolsa de Valores. Arq. De la Mora" con la clave 53/32, lo que indica que fue el trigésimo segundo encargo recibido en 1953. Las fechas que aparecen a lápiz (20-12-54/21-7-55) indican el inicio y la terminación de la construcción.
- ¹¹ La decisión de inclinar los arcos de borde fue tomada en el proceso de diseño, lo que se puede comprobar comparando los planos que muestran los cortes longitudinales del edificio, fechados el 9 de mayo y el 21 de junio de 1953. En el primero, los arcos perimetrales de la bóveda rematan en los muros, mientras que en el segundo ya aparecen con la leve inclinación que los separa de los mismos. Archivo Enrique de la Mora y Palomar, Archivo de Arquitectos Mexicanos (AAM), FA-UNAM.
- ¹² Faber, *op. cit.*, p. 210.
- ¹³ *Idem*, p. 155.
- ¹⁴ *Idem*, p. 199.
- ¹⁵ Los cascarones se construyeron entre el 26 de junio y el 22 de noviembre de 1956. Catálogo de Proyectos y Obras de Cubiertas Ala, clave 56-36, AAM, FA-UNAM.
- ¹⁶ A lo largo de las paredes perimetrales de la iglesia, un magnífico mural esgrafiado relata la vida y obra de San Antonio de Padua, obra de la pintora Elvira Gascón, esposa del arquitecto Roberto Fernández Balbuena, ambos exiliados españoles, como su buen amigo Félix Candela.
- ¹⁷ Faber, *op. cit.*, p. 206.
- ¹⁸ La construcción se llevó a cabo en un tiempo récord de seis semanas: del 5 de octubre al 16 de noviembre de 1957. Catálogo de Proyectos y Obras de Cubiertas Ala, clave 57-91, AAM, FA-UNAM.
- ¹⁹ El cascarón funcionaba simplemente como un toldo que otorgaba la protección necesaria para disfrutar de la brisa marina y de la vista a la bahía, razón por la cual no necesitaba cerramientos exteriores.
- ²⁰ Faber, *op. cit.*, p. 210.

²¹ *Idem*, p. 218.

²² El cascarón de Oslo corrió la misma suerte que los de Acapulco y Cuernavaca pues fue demolido hace unos años.

²³ En el Archivo Candela de la Universidad de Columbia se conservan algunos planos del proyecto de esta curiosa torre "expresionista" propuesta por Candela para la "HemisFair 1968", exposición internacional celebrada en San Antonio, Texas, para conmemorar los 250 años de su fundación. Allí se yergue la Torre de las Américas, diseñada por el arquitecto estadounidense O'Neill Ford.

²⁴ A pocos metros del edificio de embotellado se levanta la sede corporativa de Bacardi-México, proyecto de Mies van der Rohe, que fue la única obra construida en Latinoamérica por el arquitecto alemán. Para mayor información, véase Del Cueto, Juan Ignacio, "Two Candela Masterpieces at the Bacardi-México Bottling Plant", en *Journal of the International Association for Shell and Spatial Structures*, vol. 51 (2010), núm. 1, Madrid, March n.163, pp. 35-45.

²⁵ El proceso de construcción de la primera etapa duró dos años, del 2 de agosto de 1958 al 20 de agosto de 1960. Once años después, en 1971, se inició la segunda fase a cargo de Juan Antonio Tonda, pues para entonces Candela ya vivía en Estados Unidos. Catálogo de Proyectos y Obras de Cubiertas Ala, claves 58-27 y 71-5, AAM, FA-UNAM.

²⁶ El proyecto con el que finalmente se construyó el mercado de La Merced fue de Enrique del Moral.

²⁷ Candela ya había manejado la idea de una linternilla semejante en un interesante proyecto para el "Centro Electrónico de Ciudad Universitaria", de 1960, publicado en la página 223 del libro de Colin Faber, *Las estructuras de Candela*.

²⁸ Félix Candela, "La forma estructural al servicio de una elocuente arquitectura religiosa", conferencia leída ante la XXV National Conference in Church Architecture, en Dallas, Texas, el 7 de abril de 1954. Manuscrito inédito, resguardado en el Félix & Dorothy Candela Archive de la Universidad de Princeton.

Fuentes

Alarcón Azuela, Eduardo, *El hotel Casino de la Selva en Cuernavaca: los cascarones de concreto armado de Félix Candela*, tesis de licenciatura, Facultad de Arquitectura, UNAM, 2010.

Basterra, Alfonso, "Félix Candela y el borde libre. El caso de la capilla de Palmira en Cuernavaca", en *Bitácora-Arquitectura*, núm. 5, FA-UNAM, mayo-septiembre de 2001, pp. 38-47.

Faber, Colin, *Las estructuras de Candela*, Compañía Editorial Continental, México, 1970, p. 210.

Moreyra Garlock, María E., y David Billington, *Félix Candela, Engineer, Builder, Structural Artist*, Princeton University Art Museum; *Bacardi Rum Factory*, Yale University Press, 2008, pp. 154-167.



ISSN 1402-3357

ARCHIPIÉLAGO
REVISTA CULTURAL DE NUESTRA AMÉRICA
74

LA VIEJA GUARDIA LATINOAMERICANISTA

CRISIS TERMINAL DEL CAPITALISMO?
Leonardo Boff

ADIÓS A LAS DROGAS
Raúl Pino-Ichazo Terrazas

LA CLAVE PARA ENTENDER A CUBA
Armando Hart Dávalos

BRASIL Y AMÉRICA LATINA
OBRA DE OCTAVIO MANNI
Roberto Grassano

LA DIÁSPORA DE UN PAÍS DE INMIGRANTES
Nicolás Grab

HIPATIA DE ALEJANDRÍA
AYER Y HOY
Ángel Serrano

EL PORTUÑOL
HACIA UNA CLARIFICACIÓN DEL CONCEPTO
Yaoubi Dairou

LETRAS
Nuria Barbosa León, Edmundo Torrejón Jurado, Carolina Massola, Aleqs Garrigós, Christian González Díaz

UNA MIRADA EN LA FOTOGRAFÍA
Rodolfo Alonso

MARTÍ NO DEBIÓ DE MORIR... Y JUÁREZ TAMPOCO
Carlos Vajir Pérez-Rubio

ARTES PLÁSTICAS
Allonso Mena, Merry MacMasters

De venta en México en las tiendas de la cadena Sanborns, librerías de la UNAM, de la UAM, Fondo de Cultura Económica, EDUCAL, Gandhi, El Péndulo y Casa Lamm.

Suscríbete:
Un año (cuatro ediciones)
\$260.00 M.N. - México