

El legado de Félix Candela en Colombia a través de seis proyectos inéditos

The legacy of Félix Candela in Colombia through six unpublished projects

Jorge Galindo Díaz¹

Universidad Nacional de Colombia
jagalindod@unal.edu.co

Carolina Salazar Marulanda¹

Universidad Nacional de Colombia
csalazarma@unal.edu.co

Diego Escobar García¹

Universidad Nacional de Colombia
daescobarga@unal.edu.co

RESUMEN - Este artículo explica los seis proyectos que el arquitecto Félix Candela, a través de su empresa Cubiertas Ala, realizó en la ciudad de Cali (Colombia), entre 1958 y 1961, asociado con arquitectos locales. La primera parte presenta los antecedentes colombianos en la construcción de bóvedas de membrana ejecutadas principalmente en cerámica armada. La segunda parte explica la manera en que Candela entró en contacto con arquitectos e ingenieros colombianos y describe detalladamente los seis proyectos que son objeto central del artículo a partir de sus características tipológicas y constructivas. Por último, se da cuenta de la influencia que estos diseños ejercieron en la tradición local, promoviendo un uso más generalizado del hormigón armado e impulsando una búsqueda formal en el campo de las estructuras laminares adaptables a las condiciones del lugar.

Palabras clave: estructura laminar, paraboloides hiperbólico, hormigón armado, estructura ligera.

ABSTRACT - This article details the six projects that the architect Félix Candela, through his company Cubiertas Ala, carried out in the city of Cali (Colombia) between 1958 and 1961 in association with local architects. The first part presents Colombian precedents in the construction of membrane vaults executed mainly in reinforced ceramic. The second part explains how Candela met Colombian architects and engineers and details the six projects that are the focus of this article based on their typological and constructive characteristics. Finally, an analysis is done on the influence these designs had on local tradition, promoting a more generalized use of reinforced concrete and promoting a formal search in the field of laminar structures adaptable to the conditions of the place.

Keywords: thin shell, hyperbolic paraboloid, reinforced concrete, lightweight structure.

Introducción

Este artículo es el resultado parcial de un proyecto de investigación en curso que pretende identificar las características formales y constructivas de las estructuras laminares de concreto armado, diseñadas y edificadas en Colombia durante la segunda mitad del siglo XX. En su desarrollo se descubrió que la obra y el pensamiento de Félix Candela ejercieron una fuerte influencia no solo a través de la difusión que sus proyectos tuvieron a través de publicaciones internacionales, sino también gracias a la relación personal que él estableció con algunos de los más

importantes profesionales de la ingeniería y la arquitectura del país y de manera especial a través de los seis proyectos que el propio Candela diseñó en la ciudad de Cali en un período de tres años (1958-1961), hasta ahora poco conocidos, incluso por la historia de la arquitectura local.

El método de investigación aplicado fue de carácter cualitativo, desarrollado a partir de un trabajo de archivo que registró y analizó la información planimétrica de los proyectos objeto de estudio y que se extendió a la revisión de otros documentos de la época (fotografías, notas de prensa, entrevistas personales) y a la inspección visual directa de los edificios construidos, cuando ello fue posible.

¹ Universidad Nacional de Colombia. Carrera 27, # 64-60, Manizales, Caldas, Colombia.

Para el período de tiempo en el que se proyectaron los edificios que aquí se analizan, Félix Candela ya llevaba casi diez años de trabajo en el campo del diseño, cálculo y construcción de estructuras laminares que le habían llevado a numerosas soluciones tipológicas: desde cascarones de perfil catenariforme (bóveda experimental en San Bartolo, 1949), hasta aquellos con forma sinusoidal (Residencia Romero, 1951), conoidal (Auditorio de la Facultad de Química de la UNAM, 1952), plegada (Agencia Automotriz Nash, 1952) o cilíndrica (Fábrica Textil La Fama, 1955), todos ellos en México. Sin embargo, sus más importantes avances se dieron en el campo de los cascarones con forma de paraboloides hiperbólicos que empezó a usar en el reconocido Pabellón de los Rayos Cósmicos (1950) y con los cuales (en sus muchas variaciones) diseñó en su país numerosas cubiertas para iglesias, auditorios, depósitos, fábricas, entre otros (Faber, 1963)².

La evolución estructural y tipológica de la obra de Candela no fue solo resultado de su alto grado de intuición estructural, sino también de un proceso de afinamiento en los métodos de cálculo numérico, una determinada experimentación constructiva y, muy especialmente, un esfuerzo por elaborar un cuerpo teórico que ayudara a explicar el conjunto de su trabajo (Candela, 1952; 1955a y 1955b, principalmente)³. Prueba de ello son –además de los numerosos edificios en los que participó como diseñador, contratista, o como ambas cosas–, más de un centenar de publicaciones de su autoría que incluyen artículos, conferencias, prefacios y explicaciones sobre su propia obra (Cassinello, 2010).

Además de su ejercicio profesional en México, y antes de realizar los proyectos para Colombia que aquí se analizan, Candela tuvo experiencias colaborativas con otros arquitectos e ingenieros latinoamericanos. Estudios sobre su obra dan cuenta de su participación en el diseño de la sede del Banco Núñez (1954) y de un oratorio (1958) en La Habana (Lynch, 1980); se sabe que en San Juan de Puerto Rico asesoró a Osvaldo Toro y Miguel Ferrer en el casino del hotel La Concha (1953) (Arango, 2012), mientras que, en Ciudad de Guatemala, hizo parte del equipo de diseño de la Capilla Champagnat (1958), así como del proyecto de la sinagoga para el Centro Hebreo (1959) a cargo de los arquitectos Jorge Montes y Carlos Haeussler, además de la concha acústica del Parque de la Industria (1960) junto al ingeniero Mauricio Castillo Contoux (Vicente, 2010). En Lima, Candela diseñó las estructuras tipo paraguas para el mercado de Chiclayo

(1958), optimizándolos desde el punto de vista constructivo, en tanto que en Venezuela su actuación a través de una sucursal de Cubiertas Ala (en compañía de los arquitectos Álvaro Coto y Gabriel Loperena) abarcó proyectos como el club Playa Azul (1956).

La experiencia profesional de Félix Candela en Colombia ha sido escasamente estudiada, limitándose al único proyecto con que su nombre se asocia claramente: el mercado Cristóbal Colón o Santa Helena, en Cali (Medina, 2003), aunque sin identificar el carácter de los vínculos entre Candela y los arquitectos e ingenieros colombianos ni tampoco la manera en que influyó sobre ellos en un momento particular en que daban el paso de la construcción de bóvedas de membrana en cerámica armada (recubiertas de un acabado de hormigón que ocultaba su carácter mixto) a la construcción de auténticas bóvedas de hormigón, alentados por una creciente experimentación formal y con una confianza en las posibilidades técnicas que el propio Candela hacía evidentes en sus obras levantadas a lo largo y ancho de América.

Antecedentes: las bóvedas de membrana en Colombia (1947-1958)

En Colombia, durante las primeras décadas del siglo 20, el uso del hormigón en la construcción de cubiertas era prácticamente desconocida o al menos limitada a la construcción de azoteas planas. Solo con la llegada al país del arquitecto alemán Leopoldo Rother y su diseño para el mercado de Girardot (1946), se concebirán las primeras “bóvedas de membrana” caracterizadas por usar ladrillos cerámicos como recurso para aligerar su peso propio (Rother, 1984). En este proyecto, 198 membranas de perfil circular, de 7 m de largo, 2,5 m de ancho y 5 cm de espesor, cubren el espacio destinado a los comerciantes, protegiéndolos de un calor inclemente mediante una extensa superficie de sombra mientras el aire circula libremente por un espacio prácticamente carente de cerramientos (Figura 1).

En 1947, otro edificio llamó la atención por su atrevida propuesta estructural y el empleo de bóvedas de membrana, esta vez en hormigón armado: el estadio de béisbol de Cartagena de Indias, diseñado por los arquitectos Alvaro Ortega, Gabriel Solano, Edgar Burbano y Jorge Gaitán, con cálculos estructurales del ingeniero Guillermo González. En este edificio, la tribuna central se resolvió mediante ocho pórticos curvados en forma de

² El texto de Faber, si bien fue publicado en 1963, fue producto de un trabajo concertado entre él y Candela e iniciado en 1958. Desde su publicación, ha sido una de las obras más conocidas y consultadas sobre la producción arquitectónica de Candela y además contribuyó claramente a su reconocimiento internacional.

³ El texto titulado *Estereoestructuras* apareció por primera vez en 1953 en el número 16 de la revista mexicana *Espacios*. Versiones en inglés fueron reproducidas en 1954 en el número 6 de la revista *Progressive Architecture* y en el número 21 de la revista *Kokusai-Kentiku*. También en castellano, aparecerá una versión en el número 63 de la revista *Construcción*, de Caracas, en 1954 y en 1957 el mismo texto fue publicado en Buenos Aires como material académico. En este artículo se hará uso de la versión difundida en Colombia en 1955 a través de la revista *Proa*.



Figura 1. Mercado de Girardot, arquitecto Leopoldo Rother, 1946.

Figure 1. Girardot Market, architect Leopoldo Rother, 1946.

Fuente: Fotografía de los autores.

“C”, apoyados sobre dos columnas y separados entre sí por 10,75 m de luz, formando la estructura, que soportaba tanto la gradería como la cubierta (Figura 2). Esta última constaba de ocho membranas de 5 cm de espesor y adoptaba la forma de una parábola. La luz del voladizo de la cubierta alcanzaba los 19 m, dimensión considerable para una estructura de esa época en el territorio colombiano (Galindo y Vargas, 2017).

También como respuesta a la cubierta de escenarios deportivos, el ingeniero González participó en el cálculo estructural de las membranas en cerámica armada sobre la tribuna oriental del estadio de Cali (1954) junto al arquitecto Jorge Gaitán y en las del Hipódromo de Techo (1954), en Bogotá, diseñado por el arquitecto Álvaro Hermida.

De menor escala, pero apelando ahora a membranas de perfil parabólico (con clara influencia del diseño que hiciera en 1943 Oscar Niemeyer para la iglesia de San Francisco de Asís en Pampulha), se destacan en Colombia las iglesias diseñadas por el arquitecto Juvenal Moya, también con cálculos estructurales de González: iglesia de La Candelaria (1952) en Cúcuta (Figura 3), iglesia de María



Figura 2. Estadio de béisbol en Cartagena, arquitectos A. Ortega, G. Solano, J. Gaitán y diseños estructurales de G. González, 1947.

Figure 2. Baseball Stadium in Cartagena, architects A. Ortega, G. Solano, J. Gaitán and structural calculations by G. González, 1947.

Fuente: Fotografía de los autores.

Reina –o Fátima– (1952) en Bogotá, capilla de los Santos Apóstoles (1953) perteneciente al Gimnasio Moderno en Bogotá, iglesia de Los Dolores (1955) en Pereira y capilla de Nuestra Señora de La Luz situada al interior del Liceo Femenino Mercedes Nariño (1957), también en Bogotá.

El repertorio formal de las bóvedas de membrana en Colombia, durante la década iniciada en 1950, calculadas en su mayoría por el ingeniero González, incluía



Figura 3. Iglesia La Candelaria, arquitecto J. Moya e ingeniero G. González, 1952.

Figure 3. La Candelaria church, architect J. Moya and engineer G. González, 1952.

Fuente: Fotografía de los autores.

también otras muy interesantes como las de gajos de doble curvatura usadas en el templo de la Universidad Pontificia Bolivariana (1952), en Medellín, del arquitecto Antonio Mesa Jaramillo, y semiesféricas, a la manera de la construida para el Mercado Rayo en Bogotá (1954) de los arquitectos Francisco Pizano y Roberto Rodríguez (con clara influencia del proyecto de Ove Arup para la fábrica en Bryn Mawr de 1951), que salva una luz de 22,5 m y logra un espesor de 5 cm mediante el empleo de ladrillos huecos y refuerzos en nervios de hormigón y varillas de acero.

Paralelamente, otros profesionales, como el ingeniero italiano Doménico Parma (residente en Colombia desde 1945), intentaban construir bóvedas sin la técnica de la cerámica armada, en un esfuerzo por lograr una modernidad más auténtica, es decir, apelando al uso del hormigón armado mediante principios industrializados, con sistemas mecanizados y sin mayor influencia de prácticas artesanales: en 1958, diseñó la que fuera por muchos años la más grande de las bóvedas semiesféricas en el país, con 28 m de luz y situada sobre la sala de lectura de la biblioteca del Banco de la República, en Bogotá.

En esa misma dirección fueron igualmente importantes los proyectos que se hacían por fuera de Bogotá, alejados de la influencia de González: en Medellín, el aeropuerto Olaya Herrera (1957), diseñado por el arquitecto Elías Zapata, resolvía mediante un conjunto de bóvedas semiesféricas, construidas enteramente en hormigón, el vestíbulo de llegada, dando forma a un edificio que antecede claramente al proyecto de Isler para el Indoor Tennis Center (1979) en Heimberg.

En Cali, por su parte, se destacan las bóvedas rebajadas del edificio para el Servicio Nacional de Aprendizaje de la firma Borrero y Caldas (1958) y la estación de servicio San Cristóbal (1959) del arquitecto José Manuel Patiño. Singular, aunque muy poco conocido, será el diseño del arquitecto Diego Salcedo para la plaza satélite del mercado de la ciudad de Buga (1959), en donde se logra una vistosa bóveda de arista enteramente construida en hormigón armado que cubre una superficie de 1.200 m² (Figura 4). No parece coincidencia que precisamente estos tres edificios, diseñados a finales de la década y construidos en la ciudad que acogerá los diseños de Candela en Colombia, denoten ya una clara influencia suya.

Esto último podría explicarse a partir de varios hechos: por una parte, la Escuela de Arquitectura local, adscrita a la Universidad del Valle, inculcaba a sus estudiantes —desde su creación en 1947—, una preocupación por los aspectos relacionados con el confort climático y una vocación hacia la experimentación estructural. De otro lado, para esa época ya la obra de Candela se encontraba

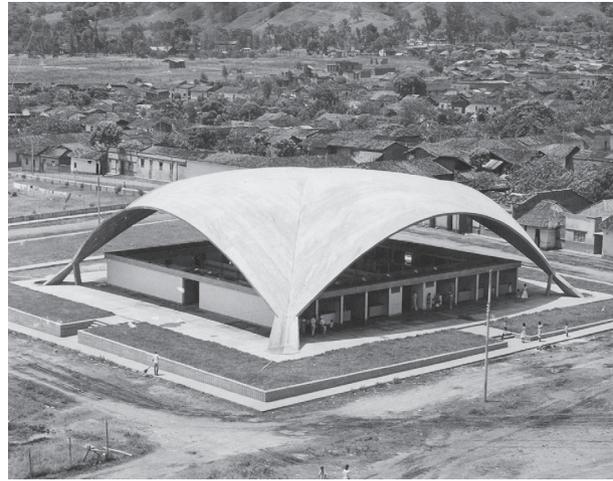


Figura 4. Mercado en Buga, arquitecto D. Salcedo, 1959.
Figure 4. Market in Buga, architect D. Salcedo, 1959.

Fuente: Fotografía de la familia Salcedo.

en un punto de alta madurez espacial y constructiva y empezaba a ser bien conocida entre los profesionales latinoamericanos, gracias a la difusión que le daban numerosas publicaciones impresas en inglés y en castellano (Cassinello, 2010)⁴.

Félix Candela y los ingenieros colombianos

La primera visita de Félix Candela a Colombia tuvo lugar en los primeros meses de 1956, gracias a la invitación que le hicieron desde el Centro Interamericano de Vivienda con el fin de conocer sus puntos de vista acerca de la manera en que era posible optimizar el uso del hormigón en beneficio de viviendas económicas. A manera de promoción de esta visita, la revista colombiana “El arquitecto” incluyó en su número de mayo de ese año un artículo (Martínez, 1956) que hacía un elogio de su figura y de su obra, además de una entrevista en donde él mismo manifestaba que su actividad era *la de constructor* y que, por tanto, sus preocupaciones más importantes eran, *por lo general, de tipo económico*.

Igualmente, la revista “Proa” dedicó un ejemplar a destacar la figura de Candela (S.A., 1956) en donde, además de incluir fotografías de algunos de sus proyectos más importantes (el mercado de Coyoacán, una fábrica textil sin identificar, el Pabellón de los Rayos Cósmicos y la iglesia de La Milagrosa), se hacía una resumida explicación de sus razonamientos en cuanto a la estrecha relación entre la forma geométrica y la eficiencia del comportamiento mecánico, usando como base un texto

⁴ De acuerdo con la selección de publicaciones sobre la obra de Félix Candela incluida en este trabajo, entre 1950 y 1960 se registraron al menos 85 títulos diferentes sobre la obra de Candela, 22 de ellos en castellano aparecidos en México, España, Colombia, Perú y Cuba.

escrito por el propio Candela en 1953⁵ y reproducido en esa misma revista un año antes (Candela, 1955a).

Como resultado de su viaje a Colombia, Candela entró en contacto con profesionales locales interesados en contratar sus servicios como ingeniero calculista. Así, en una carta del ingeniero barranquillero Julio Muvdi, dirigida a Candela en 1956, este buscaba formalizar el convenio verbal al que habían llegado *sobre el cálculo de bóvedas de membrana*, de tal manera que tanto Muvdi como su socio Elberto González tendrían la exclusividad de los servicios de Candela para el norte del país (Muvdi, 1956). Como forma de pago, Candela recibiría un 3% del valor de las estructuras construidas y el 50% de los honorarios si se tratara solo de labores de diseño o consultoría.

A manera de respuesta, dos semanas más tarde, el propio Candela (1956) enviaba a Muvdi y González una minuta de contrato en papelería de Cubiertas Ala cuyos términos eran los mismos que él ya había fijado anteriormente con la Compañía Constructora VELMAN de Caracas, negándose además a realizar cálculos para otras empresas en vista de los problemas que implicaba asumir responsabilidades técnicas sin estar al frente de los trabajos de construcción.

No se tiene conocimiento acerca de los frutos profesionales de la asociación de Candela con Muvdi y González; tampoco se cuenta con documentos que precisen la relación laboral entre Candela y otros arquitectos e ingenieros colombianos, pero de este intercambio epistolar es posible confirmar, por una parte, que existía en él un claro interés por formalizar vínculos contractuales que le permitieran expandirse en el mercado latinoamericano; por la otra, para muchos profesionales el buen nombre de Candela contribuía a abrir oportunidades de negocio en un medio cada vez más competitivo.

Pero en el caso de los arquitectos e ingenieros colombianos no se trataba solo de un interés puramente comercial: también estaba el deseo por aprender de las experiencias técnicas de Candela: en una carta fechada en 1957, el ya mencionado ingeniero González (a quien con seguridad había conocido personalmente en Bogotá un año antes) le escribía a Candela con el fin de que atendiera a otro ingeniero calculista, Antonio Lequerica, quien viajaba entonces a México *a conocer con detalle sus trabajos que admiramos y aplaudimos* (González, 1957).

En efecto, para 1958, año en que está fechada la primera propuesta de Candela para un edificio situado en inmediaciones de Cali, él ya había tenido la oportunidad

de experimentar con una diversidad de tipologías de cascarones y situaciones constructivas (replanteo, construcción, descimbrado), además de desarrollar sencillos métodos de cálculo aplicados a las estructuras laminares, lo que las convertía en una alternativa de cubierta de bajo costo y breves plazos de ejecución.

Características tipológicas en los proyectos de Félix Candela en Colombia

Fruto de un mutuo interés y teniendo en cuenta el entusiasmo y admiración que Candela despertaba entre sus colegas colombianos, debió haberse dado en torno a 1958 un contacto entre este y el arquitecto-ingeniero Jaime Perea Suárez, formado en la Universidad de Austin, en Texas, quien entonces residía en la ciudad de Cali y participaba en algunos concursos profesionales de ámbito local; sin embargo, su papel en todos los proyectos realizados desde Cubiertas Ala con el fin de ser construidos en Cali, entre 1958 y 1962 fue el de mero intermediario entre esta firma –que dirigían Félix Candela y su hermano Antonio– y empresarios colombianos.

Proyectos con estructuras tipo paraguas con apoyo central: Bodegas Almagrán (1958) y Textiles El Cedro (1959)

El primero de los diseños que Candela realizó en Colombia fue el de una cubierta para las bodegas de la firma Almagrán, en la zona industrial de Yumbo (próxima a Cali) y constaba de dos propuestas. La primera, a nivel muy esquemático, estaba formada por 10 segmentos de bóveda esférica de 40 m de largo y 10 m de ancho, apoyados sobre columnas de 6 m de altura, cubriendo una superficie total de 4.000 m² (Figura 5). Se trata de una propuesta singular en tanto que para ese año Candela no había realizado ningún proyecto de carácter similar⁶, que más hace recordar los hangares de Perret y Esquillan para Marignane (1950-1952) y que con toda certeza presentaban dificultades de naturaleza constructiva, en especial por la geometría de los encofrados.

La segunda propuesta, con mayor desarrollo constructivo, cubría un área considerablemente mayor: 7.440 m² y se resolvía mediante un conjunto de 48 estructuras tipo *paraguas* sobre una superficie de planta rectangular. Según Del Cueto (1997) y Moreira y Billington (2008), Candela había construido los primeros prototipos expe-

⁵ En la publicación colombiana, el artículo de Candela acompañaba a otros dos en los que reseñaban varios proyectos construidos en el país haciendo uso de membranas, entre los que se contaban el mercado Rayo y la sede para Volkswagen, ambos en donde había participado como diseñador estructural Guillermo González. En el mismo número se incluía un artículo de Mario Salvadori titulado “Bóvedas membrana” donde se hacía un elogio de las mismas como recurso estructural de la arquitectura contemporánea.

⁶ Candela sí había desarrollado proyectos en los que empleó láminas cilíndricas, como en el caso de Boliches Marsella (1950) y Aduanas de México (1952), sostenidas con ayuda de tensores dispuestos en la parte superior de las mismas, pero no se tiene registro de diseños de cubiertas de gajos esféricos de doble curvatura.

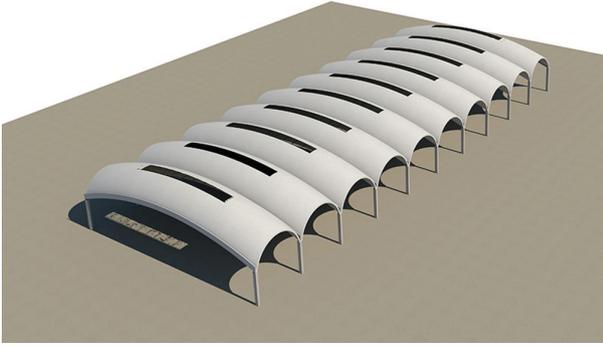


Figura 5. Imagen tridimensional del primer proyecto para bodegas Almagrán, 1958.

Figure 5. Three-dimensional image of the first design for the Almagran warehouse, 1958.

rimentales de estructuras de este tipo entre 1952 y 1953, siendo estructuras formadas por cuatro segmentos de paraboloides hiperbólicos apoyados sobre una columna central por cuyo interior discurría el bajante de aguas lluvias. Se trataba de elementos eficientes (al cubrir grandes superficies con un solo apoyo) y de fácil construcción (mediante encofrados reutilizables contruidos a partir de tiras rectas de madera) que Candela usaría en proyectos para naves industriales como en el caso de la Fábrica de Trajes Coyoacán (1954) y en los mercados de Coyoacán (1955), Azcapotzalco (1956) y Anáhuac (1957).

En el segundo proyecto para bodegas Almagrán, una docena de *paraguas* se situaba en cada de los lados más largos, alcanzando una altura total de 7,3 m (con una columna central de 5,5 m de altura) en tanto que 24 *paraguas* de 8,5 m de alto (con una columna central también de 5,5 m de altura) se ubicaban en el área central. Se formaban así dos franjas cenitales entre las filas de *paraguas* altos y bajos, permitiendo la iluminación y ventilación natural (Figura 6).

Mientras que los *paraguas* de menor altura cubrían una superficie de 120 m² (con planta rectangular y lados de 10 m y 12 m, respectivamente) los más altos cubrían, cada uno, un área de 190 m². Además, especial interés se ponía en el sistema de soporte: las columnas presentaban una sección de 50 cm x 70 cm en los primeros 50 cm de su desarrollo a partir de la cúspide del cimientó (una zapata aislada también con forma de paraboloides) y se levantaban 5,5 m por encima del suelo con una sección de 60 cm x 40 cm (Figura 7). Por su parte, la tradicional zapata maciza de cimentación era aquí reemplazada por una estructura laminar de hormigón del tipo *paraguas invertido*, que Candela había ya ensayado en el diseño de algunos edificios como respuesta a los blandos suelos arcillosos de la ciudad de México (Candela, 1954).

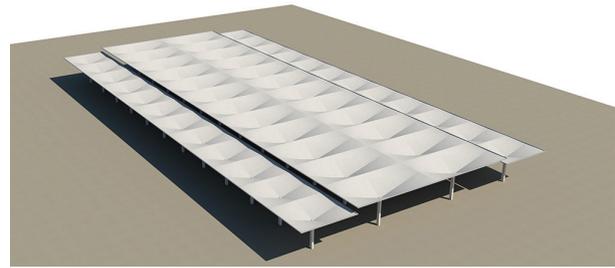


Figura 6. Imagen tridimensional del segundo proyecto para bodegas Almagrán, 1958.

Figure 6. Three-dimensional image of the second design for the Almagran warehouse, 1958.

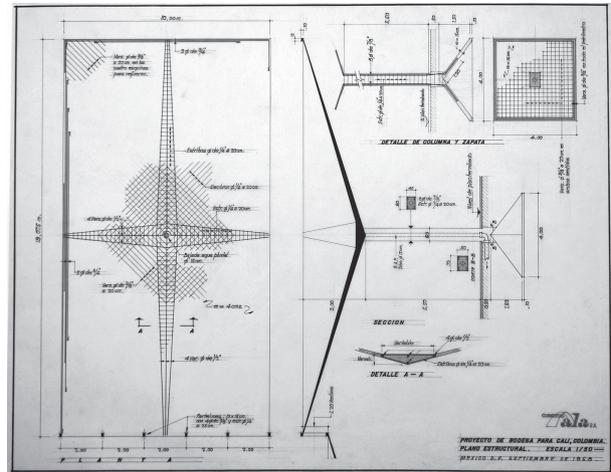


Figura 7. Detalle de las estructuras tipo *paraguas* para bodegas Almagrán, 1958.

Figure 7. Detail of umbrella structures for the Almagran warehouse.

Fuente: Cubiertas ALA, 1958.

Ninguna de las dos propuestas de Candela para la firma Almagrán fue construida, sin que ello fuera obstáculo para que él proyectara, en 1959 y usando una similar solución tiplógica, la sede de Textiles El Cedro, en el sur de la ciudad de Cali, sobre un predio situado en lo que entonces era un área de expansión urbana. Este edificio, construido bajo la dirección del arquitecto Manuel Escobar un año más tarde, estaba formado por un conjunto de 33 estructuras tipo *paraguas*, 28 de ellos de planta cuadrada de 4 m de lado y 3,6 m de altura; otros tres se hicieron también de planta cuadrada, pero de 12 m de lado y 4,45 m de altura y solo uno tenía una planta rectangular de 3,3 x 3,7 m (con apoyo asimétrico) cubriendo la entrada al edificio (Figura 8).

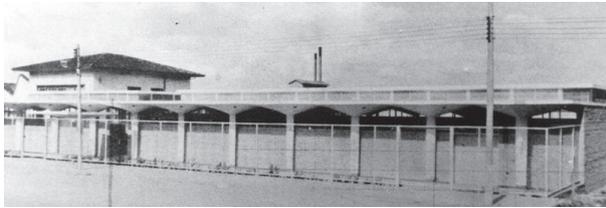


Figura 8. Fachada principal de Textiles El Cedro en 1968.
Figure 8. Main facade of Textiles El Cedro in 1968.

Fuente: Archivo particular de los autores.

Las estructuras más bajas se situaban en la periferia del proyecto (una fila de ellas daba directamente sobre la calle) de tal manera que las más altas se posicionaban en el centro, a manera de patios en tanto permitían el ingreso de luz cenital. Muros de ladrillo a la vista alcanzaban una altura de 2,5 m y servían como cerramientos. Dadas las condiciones climáticas de la ciudad, la solución formal permitía óptimas condiciones de ventilación natural. El edificio fue demolido en 1995.

Las ventajas constructivas y económicas de los *paraguas* fueron destacadas por la prensa local e hicieron que los ingenieros colombianos tuvieran que pensar en la manera de diseñarlos y calcularlos estructuralmente. Prueba de ello fue que, en 1958 y como alternativa a los diseños de Cubiertas Ala para bodegas Almagrán, Guillermo González, destacado por concebir hasta entonces membranas en cerámica armada, presentó a sus propietarios un proyecto conformado por 40 estructuras tipo *paraguas*, todos de planta cuadrada de 16 m de lado, enteramente elaborados en hormigón armado, con similares detalles en cuanto a la disposición de los refuerzos y el bajante central, aunque haciendo uso de una cimentación formada por zapatas convencionales. El edificio se construyó siguiendo sus planos.

Proyectos con estructuras tipo *paraguas* con apoyo en las esquinas: iglesia (1959) y supermercado Belmonte (1961)

En estos dos diseños, elaborados desde la firma Cubiertas Ala y contando nuevamente con la participación de Jaime Perea, Candela propone el uso de los que él mismo denominara *paraguas* tipo D (Candela, 1955b), formados también por cuatro segmentos de paraboloides hiperbólicos, pero cuyo punto central, ahora más alto, permanece libre, mientras los cuatro vértices se apoyan sobre columnas. Se trata de una tipología que el propio Candela había usado en México en la planta de Textiles Parisina (1953) y de manera magistral en las bodegas de Herdez (1954).

Como en el caso de los *paraguas* de apoyo central, los que él ahora proyecta presentan ventajas constructivas pero sobre todo ambientales, en tanto generan hastiales

que facilitan los procesos de iluminación y ventilación natural, ideales en una ciudad con las características climáticas de Cali (altas temperaturas y elevada humedad).

El primer proyecto es el de una iglesia, no construida, sin que se tenga conocimiento de su probable ubicación. Su planta se resuelve de manera convencional, formada por un cuerpo central de mayor altura y dos naves laterales, sobre las que se disponen las estructuras laminares de hormigón, permitiendo de nuevo la iluminación y la ventilación cenital. Sobre el crucero, una enorme estructura se apoya en 4 columnas de sección cuadrada, marcando el punto más alto del edificio (Figura 9).

Si en su famoso proyecto para la iglesia de la Medalla de la Virgen Milagrosa (1963), Candela logró una innovadora estructura laminar que se identifica con el espacio interior del templo mediante el empleo de *paraguas* hiperbólicos que se mueven en el espacio, en el que concibe para Cali se muestra más conservador aunque hace uso también de paraboloides invertidos de aristas horizontales sin fuste, pero apoyados sobre muros de albañilería que se pliegan verticalmente.

El segundo proyecto en el que usó la misma solución tipológica fue un supermercado privado que para su inauguración sería bautizado como Belmonte, en el barrio residencial de San Fernando. Aquí, de nuevo Candela apela al uso de láminas de hormigón de 5 cm de espesor formadas por la combinación de 4 paraboloides hiperbólicos apoyados sobre 6 columnas perimetrales, 4 de ellas en esquina con forma de L y 2 centrales, de sección rectangular. Entre las columnas y a una altura de 2,5 m sobre el nivel del piso, se dispone un juego de 3 tirantes de 1" de diámetro que se esconden en la caja destinada a recibir la cortina enrollable que sirve de cerramiento en las noches.

La estructura total cubierta es de 568 m². Los seis hastiales que forman las cubiertas son aprovechados



Figura 9. Imagen tridimensional del templo para la ciudad de Cali, 1959.

Figure 9. Three-dimensional image of the temple for the city of Cali, 1959.

para poner allí una celosía de cerámica que contribuye a la climatización natural del edificio. En la actualidad, la construcción sirve a los mismos fines y su estado de conservación es bueno, aunque las cubiertas delatan en su cara exterior numerosas intervenciones de impermeabilización (Figura 10); lamentablemente desde el interior ya no es posible apreciar el juego volumétrico de las cubiertas gracias a un cielo raso descolgado plano dispuesto para atender intereses comerciales.

Proyecto con paraboloides reglados de bordes rectos y grandes luces: cubierta para el mercado Cristóbal Colón (1960)

En 1960, gracias a las gestiones de Jaime Perea, se empezaron las obras del que probablemente sea uno de los proyectos más grandes de Félix Candela construidos en América Latina (con excepción de México): las cubiertas para la plaza de mercado Cristóbal Colón (hoy denominado Santa Helena), en Cali, que ocupan una superficie horizontal de 3.200 m².

El proyecto se resuelve a través de una planta rectangular de 40 m x 80 m, cubierta por dos estructuras, cada una de las cuales consta de 4 paraboloides hiperbólicos en cuyas uniones se forma una dilatación que permite la iluminación y ventilación natural (Medina, 2003), hoy lamentablemente cubiertas con láminas de zinc (Figura 11). Formas similares habían sido empleadas por Candela solo en proyectos religiosos: la iglesia de San José



Figura 10. Vista de las cubiertas del supermercado Belmonte, 1961.

Figure 10. View of the covers of the Belmonte Supermarket, 1961.

Fuente: Fotografía de los autores.

Obrero (1959) y la de San Vicente en Coyoacán (1959)⁷. En el proyecto de Cali, sirven de soporte a las 8 láminas de hormigón (que alcanzan un espesor mínimo de 4 cm y una altura de 11,62 m por encima del nivel del piso), 6 potentes apoyos perimetrales y uno central, también de hormigón, de 3 m de altura y vinculados entre sí por un conjunto de 10 tirantes elaborados en barras de hierro de 1 ¼” de diámetro que corren por debajo del nivel del piso (Figura 12).

En el extremo norte y de manera independiente, se construyó una estructura de planta circular de 20 m de diámetro, destinada al comedor de los empleados. Está cubierta con un sistema de plegaduras de bordes curvos elaboradas en hormigón reforzado, apoyadas sobre columnas y que hace recordar claramente el proyecto que

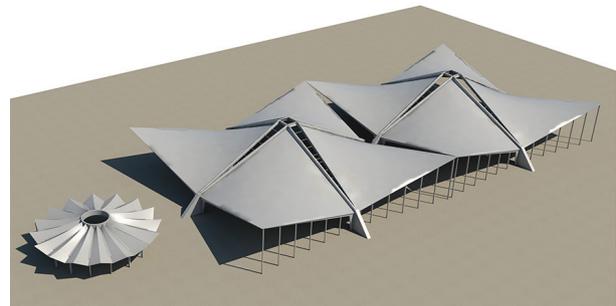


Figura 11. Imagen tridimensional del mercado Cristóbal Colón, 1960.

Figure 11. Three-dimensional image of the Cristobal Colon Market, 1960.

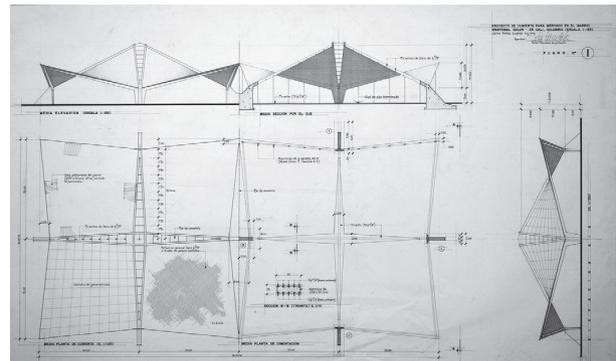


Figura 12. Detalle de las cubiertas para bodegas el mercado Cristóbal Colón, 1960.

Figure 12. Detail of roofs of the Cristobal Colon Market, 1960.

Fuente: Cubiertas ALA, 1960.

⁷ En 1966, Candela empleará cubiertas del tipo paraboloides hiperbólicos en el mercado de Comitán, es decir, después de verificar su adaptabilidad a este uso en el proyecto de Cali.

Candela hiciera para el supermercado del fraccionamiento de Cuernavaca (1958) en colaboración con Guillermo Rosell y Manuel Larrosa (Del Cueto, 2013).

En la actualidad, el edificio se encuentra en pie y en servicio para los mismos fines; lamentablemente el estado de deterioro es notable, no solo por la falta total de mantenimiento, sino también por la invasión descontrolada de su entorno inmediato por parte de ventas ambulantes y estacionarias. Las cubiertas de hormigón se han mostrado incapaces de evitar las filtraciones de aguas lluvias aunque su disposición sí ha sido eficaz para controlar las duras condiciones de la temperatura exterior (Figura 13).

Con paraboloides reglados de bordes curvos y grandes luces: mercado El Porvenir (1960)

Como parte de una política municipal destinada a reemplazar el viejo mercado central por plazas satélites alternas, la alcaldía de Cali encargó en 1960 el diseño de una estructura de cubierta para otra central de abastos, complementaria a la del mercado Cristóbal Colón; el nuevo edificio estaría situado en el corazón del barrio El Porvenir. De nuevo, Jaime Perea gestionó el diseño estructural con Félix Candela, de quien obtuvo un conjunto de al menos seis propuestas distintas en donde él hace gala de algunas de las tipologías constructivas que había ido desarrollando a lo largo de más de diez años y que aquí parecen demostrar su versatilidad y adaptabilidad frente al uso del edificio, las condiciones del clima local y las condiciones materiales (recursos y mano de obra).

Una de esas propuestas, la más elaborada, consta de 4 bóvedas de arista, de planta cuadrada de 30 m de lado y 10 m de altura, que recuerdan perfectamente –por su forma y dimensiones– a las seis del mismo tipo que Candela hiciera para la planta embotelladora Barcardí (1958). La geometría de cada cascarón se logra mediante



Figura 13. Vista del mercado Cristóbal Colón en la actualidad.

Figure 13. View of the Cristobal Colón Market today.

Fuente: Fotografía de los autores.

la intersección de dos paraboloides hiperbólicos iguales de tal manera que los bordes curvos, a la vista, adoptan la forma de una hipérbola.

Como en el mercado Cristóbal Colón, las áreas residuales entre los cuatro cascarones se emplean para suministrar luz y aire al espacio interior. Doce apoyos en hormigón reciben los empujes diagonales. El conjunto (Figura 14) se complementa con dos series de estructuras tipo *paraguas*, dispuestos en sendos costados, de planta rectangular con un apoyo asimétrico de solo 2,10 m de altura con el fin seguramente de dar escala de peatón a las áreas de acceso. Ninguna de las propuestas para este mercado fue construida.

El legado de la obra de Félix Candela en Colombia y América Latina

Pese a que solo tres de los seis proyectos que Candela concibiera para la ciudad de Cali fueron construidos, su impronta fue muy importante para los arquitectos e ingenieros colombianos, decididos ahora a continuar explorando en torno al diseño, el cálculo y la construcción de estructuras laminares de gran superficie en hormigón armado y bajo nuevas formas geométricas.

En el corto plazo, solo en la ciudad de Cali y sus inmediaciones se construyeron entre 1962 y 1965 al menos tres edificios cubiertos con estructuras laminares: el Club Deportivo K-O (1962), donde Jaime Perea (el mismo que obrase como representante de Candela en Colombia) empleó cáscaras cóncavas y convexas de hormigón con perfil parabólico que se intersectan entre sí sobre un enorme espacio libre de columnas intermedias (Figura 15). Un año más tarde, otro mercado satélite se construyó en la ciudad haciendo uso de estructuras tipo *paraguas* soportando paraboloides hiperbólicos: la plaza de mercado de Siloé se inaugurará en octubre de 1963 gracias a diseños de la arquitecta Elly Burkhardt. En 1965, la estación de bomberos de la cercana población de Bugalagrande se



Figura 14. Imagen tridimensional del proyecto para el mercado El Porvenir.

Figure 14. Three-dimensional image of the El Porvenir Market.

cubrirá con 4 enormes *paraguas* de hormigón armado, sin que se tenga certeza del profesional a cargo de su diseño (Figura 16).

La influencia de la obra de Candela se extendió también a otras ciudades del país: en 1968, el ingeniero Guillermo González calculó la estructura de un conjunto de paraboloides hiperbólicos tipo *paraguas* que los arquitectos Camacho y Guerrero diseñaran en la zona de acceso al puerto de Buenaventura y en 1972 se terminó la construcción de la interesante cubierta de la iglesia de La Consolata, en Medellín, obra del arquitecto Apolinar Restrepo, quien años antes había participado en el diseño del aeropuerto Olaya Herrera, ya mencionado (Figura 17).

Progresivamente, a lo largo de la década iniciada en 1960, la estela de Candela iría extendiéndose sobre otros países latinoamericanos en donde se hizo más o menos común el uso de cubiertas tipo *paraguas*, gracias a las ventajas ya mencionadas. Por ejemplo, de la mano del arquitecto colombiano Rodrigo Tascón⁸, formado profesionalmente en Cali y quien se desempeñó como cooperante en Cuba en los años posteriores a la Revolución, salieron los diseños para la Escuela de Medicina de Santiago (Figura 18). A esto se suma la obra experimental con paraboloides hiperbólicos adelantada por el ingeniero argentino José Néstor Diestéfano⁹, así como la obra de la firma peruana constituida por los arquitectos Miguel Forga y Celso Prado, quienes diseñaron en Lima el supermercado Vivanda (1965) a partir de cascarones de arista. También vale la pena destacar en Ecuador los



Figura 15. Club Deportivo K-O, arquitecto J. Perea, 1962.
Figure 15. K-O Sport Club, architect J. Perea, 1962.

Fuente: Fotografía de los autores.



Figura 16. Estación de bomberos, arquitecto desconocido, 1965.

Figure 16. Fire Station, unknown architect, 1965.

Fuente: Fotografía de los autores.



Figura 17. Iglesia La Consolata, arquitecto A. Restrepo, 1972.

Figure 17. La Consolata church, architect A. Restrepo, 1972.

Fuente: Fotografía de los autores.

ejercicios formales a cargo del arquitecto Agustín Patiño con paraboloides hiperbólicos y en Brasil, entre otros, el diseño de la Estación Ferroviaria de Ribeirão Preto (1965) del arquitecto Oswaldo Bratke y la Estación Rodoviaria de Fortaleza (1973) de Marrocos Argao en donde se emplearon estructuras tipo *paraguas* con apoyo central. En Venezuela se destacan las cubiertas de la planta ensambladora de Volkswagen, en las que

⁸ En entrevista personal llevada a cabo el 11 de octubre de 2014, Rodrigo Tascón reconoció que antes de su viaje a Cuba, en 1961, él había conocido de cerca el proyecto de Félix Candela para Textiles El Cedro, en Cali, quedando impresionado gratamente por su simplicidad formal y constructiva además de las ventajas que la tipología brindaba con respecto al clima.

⁹ Diestéfano desarrolló métodos de cálculo estructural para cubiertas laminares y construyó prototipos de *paraguas* en hormigón armado en las provincias de Entre Ríos, Santa Fe y Buenos Aires.

Félix Candela participó junto a Dirk Bornhorst y Pedro Neuberger (1963), así como numerosas estaciones de gasolina (Vicente, 2010 y Páez, 2011).

Lamentablemente, en torno a 1965, en el mismo momento en que se contaba con cierto grado de maestría en el diseño y construcción de estructuras laminares, se inició también un proceso de declive a causa de factores tan diversos como el elevado costo que adquirirían los encofrados y la mano de obra, las dificultades en los procesos de impermeabilización y reparación, la oscuridad de los espacios interiores, la difícil adaptación de los edificios a cambios de uso¹⁰ así como la popularización de estructuras metálicas ligeras y la creciente industria de las cubiertas textiles.

Esa disminución en el uso de estructuras laminares también se haría presente en la obra de Félix Candela: el inventario de su obra registró, desde 1963¹¹, una disminución considerable en el número de encargos, a tal punto que su desvinculación de la firma Cubiertas Ala se produjo seis años más tarde y siete antes de su cierre definitivo, en 1976. A partir de 1971, Candela se trasladó a Chicago, en donde ejercería una cátedra docente en la Universidad de Illinois, la que acompañó con un ejercicio profesional desde la orilla de la consultoría. Falleció en 1997.



Figura 18. Escuela de Medicina en Santiago de Cuba, arquitecto R. Tascón, 1965.

Figure 18. School of Medicine in Santiago de Cuba, architect R. Tascón, 1965.

Fuente: Fotografía de los autores.

Consideraciones finales

Se puede entonces concluir que la “experiencia colombiana” de Félix Candela se produce en un momento de madurez de su ejercicio profesional y en un contexto en el que las estructuras laminares eran bien recibidas por la arquitectura internacional y muy especialmente en los países de América Latina que compartían con México condiciones sociales y económicas que las hacían factibles, a precios razonables, empleando una mano de obra no especializada y de carácter versátil no solo ante nuevos programas funcionales (fábricas, mercados, templos), sino también frente a las condiciones climáticas propias del trópico húmedo.

El análisis de los diseños que Candela hiciera para la ciudad de Cali ratifica lo anterior; en los seis proyectos descritos, él usó diferentes tipologías a las que había ido llegando a través de su amplia experiencia precedente: desde segmentos de bóvedas esféricas hasta paraboloides reglados de bordes curvos y rectos, sin dejar de pasar por sus conocidos *paraguas*, en donde la facilidad constructiva de los encofrados entusiasmó a los arquitectos locales¹². Y, a pesar de que solo tres de los proyectos fueron construidos, el mercado Cristóbal Colón, por su escala y su carácter público —en un momento en que las plazas de mercado de todo el país se estaban renovando— impactó no solo por su forma, sino también por su expresión material. El edificio fue bien acogido por los ingenieros colombianos y especialmente por los productores de cemento y hormigón, como una muestra de su potencialidad en la construcción de cubiertas laminares de grandes luces.

Adicionalmente, en términos conceptuales se reconocía en las obras de Candela un particular esfuerzo por diseñar una estructura en donde su forma, además de bella, tenía una correspondencia con su comportamiento mecánico, era acorde con principios de eficiencia y además se podía construir fácilmente y a bajo costo.

Si bien algunas de las razones ya mencionadas que contribuyeron al declive de las estructuras laminares siguen existiendo, no es menos cierto que varias de las consideraciones que permitieron su auge a mediados del siglo XX han recuperado validez: el renovado interés por la honestidad estructural, la búsqueda por reducir los esfuerzos de flexión en los elementos de soporte, la exploración de las posibilidades plásticas del hormigón y la eliminación del ruido en los espacios interiores son algunas de ellas. Adicionalmente, las estructuras laminares,

¹⁰ Algunos de los problemas propios de la construcción de cascarones de concretos ya se venían advirtiendo desde 1954, en el seno del evento académico Conference on Thin Concrete Shells, llevado a cabo en la sede del MIT, en Boston, entre los días 21 y 23 de junio de ese año y en el que uno de los ponentes fue Félix Candela, en compañía de otros ingenieros como A. Tedesco y E. Reissner.

¹¹ Este año coincide también con el fallecimiento de la esposa de Félix Candela, Ladi, con quien había tenido cuatro hijas, por lo que casi con seguridad su nueva condición familiar fue factor adicional en la disminución de su ejercicio profesional.

¹² Así lo reconoció en entrevista personal celebrada el 1 de septiembre de 2015 el señor Camilo Daccach, quien en 1960 se desempeñaba como Gerente de Textiles El Cedro y tuvo la oportunidad de estar al frente de los aspectos financieros de la construcción de su sede en Cali.

por su poco peso y masa, requieren menores cantidades de material que muchas estructuras tradicionales, su análisis numérico y sus posibilidades de simulación se han facilitado gracias al uso de programas computacionales e, incluso, los problemas que demandaba su representación gráfica son hoy de más fácil solución a partir del uso de herramientas digitales e impresión 3-D.

Referencias

- ARANGO, S. 2012. *Ciudad y arquitectura. Seis generaciones que construyeron la América Latina moderna*. Bogotá, Fondo de Cultura Económica, 488 p.
- CANDELA, F. 1952. Hacia una nueva filosofía de las estructuras. *Revista Ingeniería*, 25(2):117-132.
- CANDELA, F. 1954. Discussion – Warped Surfaces: Hyperbolic Paraboloids. En: AAVV, *Proceedings of a Conference on Thin Concrete Shells at MIT*. Cambridge, MIT, p. 91-98.
- CANDELA, F. 1955a. Estereoestructuras. *Proa*, 10(89):15-18.
- CANDELA, F. 1955b. Structural applications of hyperbolic paraboloidal shells. *Journal of the American Concrete Institute*, 51(1):397-415.
- CANDELA, F. 1956. Carta mecanografiada de Félix Candela a Julio Muvdi y Elberto González, fechada en México el 22 de junio de 1956. *Félix Candela architectural records and papers, 1950-1984, Department of Drawings and Archives, Avery Architectural and Fine Arts Library*, New York, Universidad de Columbia, Box 6:10.
- CASSINELLO, P. (ed.). 2010. *Félix Candela. Centenario*. Madrid, Universidad Politécnica de Madrid y Fundación Juanelo Turriano, 370 p.
- CUBIERTAS ALA. 1958. Proyecto de bodega para Cali, Colombia. Plano estructural. Escala 1:50, fechado en México en septiembre de 1958. *Félix Candela architectural records and papers, 1950-1984, Department of Drawings and Archives, Avery Architectural and Fine Arts Library*, New York, Universidad de Columbia, Box 11:1.
- CUBIERTAS ALA. 1960. Proyecto de cubierta para mercado en el barrio Cristóbal Colón en Cali, Colombia. Escala 1:125, fechado en México en 1960. *Félix Candela architectural records and papers, 1950-1984, Department of Drawings and Archives, Avery Architectural and Fine Arts Library*, New York, Universidad de Columbia, Box 11:29.
- DEL CUETO, J.I. 1997. Félix Candela, el mago de los cascarones en concreto. *Arquine*, 1(2):31-40.
- DEL CUETO, J.I. 2013. *Guía Candela*. México, Arquine, 189 p.
- FABER, C. 1963. *Candela, the shell builder*. New York, Reinhold, 240 p.
- GALINDO, J.; VARGAS, H. 2017. Geometry and Construction at Cartagena de Indias Baseball Stadium's Thin Shell Roofs (Colombia, 1947). *Nexus Network Journal*, 3(19):665-680.
- GONZÁLEZ G. 1957. Carta mecanografiada de Guillermo González a Félix Candela, fechada en Bogotá el 2 de febrero de 1957. *Félix Candela architectural records and papers, 1950-1984, Department of Drawings and Archives, Avery Architectural and Fine Arts Library*, New York, Universidad de Columbia, Box 6:37.
- LYNCH, J. 1980. Cuban Architecture since the Revolution. *Art Journal*, 39(2):100-106. <https://doi.org/10.1080/00043249.1980.10793554>
- MARTÍNEZ, C. 1956. Félix Candela en Bogotá. *El Arquitecto*, 19(1):12-13.
- MEDINA, G. 2003. Félix Candela en Colombia: el Mercado de Santa Helena, Cali. *Bitácora Arquitectura*, 9(1):20-24.
- MOREIRA, M.E.; BILLINGTON, D.P. 2008. *Félix Candela. Engineer, Builder, Structural Artist*. New Haven y Londres, Princeton University Press y Yale University Press, 207 p.
- MUVDI, J. 1956. Carta mecanografiada de Julio Muvdi a Félix Candela, fechada en Barranquilla el 7 de junio de 1956. *Félix Candela architectural records and papers, 1950-1984, Department of Drawings and Archives, Avery Architectural and Fine Arts Library*, New York, Universidad de Columbia, Box 6:10.
- PÁEZ, R.G. 2011. Edificaciones con paraboloides hiperbólicos. La obra de Félix Candela en México y de Álvaro Coto en Venezuela. *Tecnología y Construcción*, 27(1):55-70.
- ROTHER, H. 1984. *Arquitecto Leopoldo Rother, Vida y obra*. Bogotá, Escala, 209 p.
- S.A. 1956. Félix Candela. *Proa*, 11(99):12-18.
- VICENTE, H. 2010. Traspasar de nuevo las fronteras. Félix Candela: de Cubiertas Ala en Latinoamérica a Cubiertas Ala de Venezuela. En: AAVV, *Félix Candela 1910-2010. Catálogo exposición*. Madrid, TF Editores, p. 161-187.

Submitido: 04/07/2016
Acepto: 20/03/2018