

## Concrete Errors, or The Magic of Shells

## Errores concretos, o la magia de los cascarones

investigación  
pp. 032-043

— María González Pendás

### Resumen

El error ha jugado un papel particularmente importante en el desarrollo de las tecnologías estructurales y constructivas del concreto, material cuya dimensión estética y mediática también ha permitido explotar el fallo desde su significado etimológico más sugerente, es decir, desde el del engaño o engatusamiento, a través de artimañas de lo visual propias de los mejores trucos de magia. Este artículo revela lo fundamental del error en la magia que sustentó a una de las arquitecturas de concreto más reconocidas y exitosas de la modernidad: los cascarones que Félix Candela realizó con su compañía constructora Cubiertas Ala a mediados del siglo xx. A partir de los dos errores más estrepitosos que sufrió Cubiertas Ala en sus dos décadas de vida: el colapso parcial de uno de los cascarones en construcción y el colapso financiero de la empresa, este artículo ofrece una nueva crítica histórica —y no matemática— de los cascarones, revelando lo fundamental del error cotidiano y encarnado en sus procesos de producción.

**Palabras clave:** concreto, derechos laborales, riesgo, Cubiertas Ala, IMSS

### Abstract

Error has played a particularly important role in the development of the structural and architectural technology of concrete, a material whose aesthetic and mediatic dimensions have allowed for the exploration of error in its most suggestive meaning, that of deception through visual trickery, similar to magic. This article reveals the fundamental role of error in the magic behind one of the most renowned and successful examples of modernist architecture: the concrete shells built in the mid-20th Century by Felix Candela and his construction company Cubiertas Ala. Starting with two of the company's most resounding errors – the partial collapse of one of its concrete shells during the construction process and the company's financial collapse – this article offers a new critical history of these concrete shells, revealing how crucial an embodied form of error was to their production process.

**Keywords:** concrete, Labor Rights, Risk, Cubiertas Ala, IMSS

En su décimo libro, dedicado a máquinas y técnicas de construcción y guerra, Vitruvio cuenta la historia de Paconio, un contratista llamado a solventar un error estructural en la colosal estatua de Apolo. Para evitar el fallo definitivo de la estructura —el colapso de Apolo— o al menos para solventar el temor de los humanos a las consecuencias divinas de tal error material, Paconio habría de sustituir la agrietada base de la estatua sin afectar la estabilidad del dios. En la descripción del caso, Vitruvio demuestra su exasperación frente al hecho de que Paconio, en “un prurito de vanidad,” se negase a utilizar el mecanismo de tracción que Metágenes, otro constructor de la época, había ideado para mover estructuras de gran peso: un sistema de ruedas, anillas y fustes que Vitruvio detalla con precisión. A pesar de la credibilidad de la máquina de Metágenes, o de su demostrada resistencia al error, Paconio decide innovar. El error no tarda en llegar. Afortunadamente para los humanos, el fallo no será estructural sino económico. Como lo cuenta Vitruvio, con el nuevo sistema de carga “resultaba imposible mantener la línea recta y la máquina se desviaba hacia un lado, lo que hacía necesario retroceder continuamente. Con tanto ir hacia delante y hacia atrás, Paconio agotó el presupuesto y resultó insolvente.”<sup>1</sup> El colapso en el que resultó tal error no fue el de Apolo sino el del contrato de Paconio.

Aunque traído de la época clásica, el episodio sugiere el decisivo papel que el error ha venido jugando en procesos de desarrollo tecnológico, de innovación en diseño y de riesgo en la economía —intrínseco, por tanto, a la especulación propia de la arquitectura. Los errores han resultado tan inevitables como definitorios en procesos de modernización en cualquiera de sus versiones temporales y geográficas, episodios normales y normativos que a menudo guardan las claves del éxito.<sup>2</sup> Testigo del momento límite —la circunstancia en la que un material falla y una técnica se malogra, una idea se resiste a la práctica, una especulación financiera se tuerce en pérdida o un cuerpo se agota— el error ha sido históricamente un fructífero repositorio de información, si bien a menudo de dramáticas consecuencias pero eficiente en cuanto a la implantación de mejoras de sistemas, protocolos de regulación y mecanismos de seguridad y control de riesgo. Y, sin embargo, tal y como ha demostrado el sociólogo Charles Perrow en su estudio sobre la dimensión social de los accidentes propios del sector tecnológico, el error rara vez minimiza el riesgo. Muy al contrario, la información facilitada por accidentes, por muy monumentales que estos sean, ha venido típicamente a alimentar la ambición humana por mayor complejidad en sistemas tecnológicos o financieros, prolongando así la posibilidad de error y aumentando el riesgo.<sup>3</sup> Esta paradoja, donde las evidencias reveladas por el error se tornan en nuevas incertidumbres, hace pensar en el origen etimológico de una palabra equivalente al error, el fallo; del verbo latino *fallere* que en la época clásica se refería concretamente a tropezar o hacer caer, implica en su significado figurativo el acto de engañar o embaucar.

La historia vitruviana del constructor, cuya creatividad conduce al fallo económico, nos invita a revisar, quizá bajo una nueva lente, la obra

de uno de los más hábiles ilusionistas de la arquitectura mexicana, Félix Candela, bautizado como el “nuevo mago del concreto” por la revista *Time* en su ejemplar del 8 de septiembre de 1958 y como el “hechicero de los cascarones” en *Architectural Forum* un año más tarde. Aunque ausente en la recepción mediática de su obra, el error resultó fundamental para fraguar el indiscutible éxito de sus cascarones de concreto, un material con una estrecha y sugerente relación con el error. En sus seminales estudios sobre las estructuras de concreto, Jacob Feld ya lo apuntaba como esencial para comprender el comportamiento de este material en grandes construcciones. En su análisis del colapso de estructuras, el fallo sirve para reconocer pautas de diseño técnico que mejoren la utilización del concreto, cuyo uso se optimiza cuando la singular fluidez formal del material en producción se explota para concebir formas donde el concreto alcanza el límite del fallo estructural.<sup>4</sup> Esa fue precisamente la genialidad de las superficies regladas que Candela construyera con la compañía constructora Cubiertas Ala, que fundó junto a su hermano Antonio a mediados del siglo xx. Pero además de sus notables capacidades estructurales, el concreto es un objeto cultural y un elemento mediático, es decir, un mecanismo de discurso destinado a comunicar —y por lo tanto también con la capacidad de engañar— a través de su dimensión estética.<sup>5</sup>

De acuerdo con la lectura de Rubén Gallo, el concreto participó del imaginario moderno de México menos por la vía de lo técnico que por la vía de lo visual cuando a principios de siglo el cemento, el componente en polvo del concreto, capturó a las vanguardias a través de sus trucos visuales y materiales. El ilusionismo, por ejemplo, de cenizas solidificadas, sólidos licuados y piedras abstractas propios de la “magia del cemento” generaba un valor de culto modernizado.<sup>6</sup> Cuando la industria del concreto fuera ya realidad a mediados de siglo, tal y como ha argumentado Luis Castañeda, las habilidades mediáticas del concreto sirvieron particularmente bien para los propósitos discursivos del Estado y el lenguaje esgrimido por los cascarones de Candela resultó particularmente elocuente con respecto al mensaje desarrollista.<sup>7</sup> La confluencia de estos análisis lanzados desde lo técnico, lo simbólico y lo político sitúan al concreto como un agente activo tanto en sistemas de producción material como en la producción de relaciones económicas y sociales —convergencia en la que el concreto desenvuelve sus capacidades ilusorias en toda su extensión, o lo que es lo mismo, donde mejor explota el valor de sus errores. Los cascarones que Candela erigiera con Cubiertas Ala han recibido abundante atención en la literatura, pero rara vez desde una visión multifocal que una la historia de la arquitectura con la historia de la tecnología y la política, o desde la perspectiva de los errores que sustentaron su indiscutible éxito.<sup>8</sup> Como veremos, el error no fue sólo decisivo para resolver aspectos estructurales y estéticos de los cascarones, sino que también determinó, y ayuda en este texto para revelar, las condiciones sociales propias de su proceso de producción y, por lo tanto, los trucos que sustentaron su magia.



Félix Candela con Guillermo Rosell y Manuel Larrosa. Capilla abierta de Palmira, Lomas de Cuernavaca, Morelos, 1959. En construcción, 1958. Fuente: Félix Candela Papers, Manuscripts Division, Department of Rare Books and Special Collections, Princeton University Library



Félix Candela con Guillermo Rosell y Manuel Larrosa. Capilla abierta de Palmira, Lomas de Cuernavaca, Morelos, 1959. Vista aérea. Fuente: Félix Candela Architectural Records and Papers Collection, Avery Drawings and Archives, Columbia University

Dos errores delimitan la exitosa trayectoria de los cascarones de Cubiertas Ala de una manera más determinante: el primero, estructural y repentino, ocurrió a pie de obra casi simultáneamente a la publicación del artículo del *Time*, y derivó en el colapso de uno de los cascarones; el segundo, financiero y desarrollado al pausado ritmo de la burocracia, tuvo lugar a puerta cerrada años más tarde y resultó en el fallo definitivo de Cubiertas Ala, su quiebra. El primero de estos episodios ya fue descrito en las páginas de *Bitácora Arquitectura*. Según le contaba el arquitecto Manuel Larrosa a Alfonso Bastera, los trabajadores estaban descimbrando el concreto de la Iglesia de Palmira, en Lomas de Cuernavaca, cuando se percataron de que la revoltura, mezcla de cemento, arena y agua que conforma el concreto líquido, no había fraguado como se esperaba. Alarmados, vieron parte de la estructura colapsar, cayendo cual pesada tela húmeda sobre los restos de cimbra que la sostenía. Sin reportar lesiones importantes, los trabajadores contactaron rápidamente a Candela, diseñador estructural del cascarón y director de la empresa que los contrataba. Pese al revuelo del episodio, cuenta Larrosa que Candela apareció por la obra despreocupado y en seguida comenzó a instruir sobre cómo proceder con la reconstrucción. Fue en esta ocasión cuando Candela reconocía el error y, más concretamente, la posibilidad del colapso como intrínseco, casi inevitable, en su manera de concebir los cascarones. Tanto era así que cuando finalmente ocurrió en Lomas de Cuernavaca, Candela declaraba estar perfectamente preparado para tal incidente, hasta el punto que dicen que aseguró que en Cubiertas Ala a menudo “cobran sus obras al doble porque algunas veces se caen, y hay que rehacerlas.”<sup>9</sup> Este episodio ocurrió allá por el verano-otoño de 1958 y para febrero del año siguiente la iglesia de Palmira ya se levantaba en sus 21 metros de altura y escasos cuatro centímetros de espesor, una de las estructuras más emblemáticas y celebradas de Candela.

Los detalles del segundo colapso sufrido por Cubiertas Ala, unos 14 años más tarde, son quizá menos conocidos, y sus resultados mucho menos prometedores. A mediodía del 4 de julio de 1973, un funcionario de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) se dirigió a las oficinas de la empresa ubicada en la Calle Insurgentes Centro en la Ciudad de México y ejecutó una orden de incautación de siete escritorios metálicos, cuatro archivadores, tres máquinas de escribir y dos máquinas de cálculo electrónicas de factura internacional, marcas Hermes, Friden y Facit. En la mañana del 22 de octubre se incautaron otras tres máquinas, una de escribir y dos de cálculo que se encontraban, de acuerdo al informe, en perfectas condiciones de uso. En conjunto, los bienes sumaron algo más de 24 000 pesos, adeudados al gestor de la compañía, Antonio Candela y destinados a liquidar las cuotas obrero-patronales que la empresa debía al Instituto Mexicano de Seguridad Social (IMSS).<sup>10</sup> El episodio marca el punto semifinal del error financiero que definiría los últimos años de operación de Cubiertas Ala. Una vez presentada la petición de cese de operaciones ante la SHCP en noviembre de 1970 —y con sólo uno o dos proyectos por año entre ese momento y su último proyecto en 1975— la compañía quedó prácticamente sin negocio después de la ejecución hipotecaria de 1973. Para entonces, la celebradísima carrera de Candela —ampliamente descrita en la literatura, reconocida y difundida de manera ejemplar por Juan Ignacio del Cueto y tutelada en parte por los archivos de la UNAM— ya se había dirigido hacia la enseñanza en Estados Unidos, con su último edificio de renombre: el Palacio de los Deportes (pabellón de deportes olímpicos) en la Ciudad de México en 1968.<sup>11</sup> Mientras que el

Forma O.F. II. 119  
12-1900

II-19-23-VI-73

Oficina Federal de Hacienda para Cobros del Seguro Social No. 21  
SEVILLA No. 33 COL. JUAREZ

SECRETARÍA DE HACIENDA Y CRÉDITO PÚBLICO

Grupo de Ejecución  
Expediente 119-7371 (3902832)  
Registrada bajo el N°

50.172

**ACTA DE EMBARGO**

Deudor: ANTONIO CANDELA T. C. (CONSTRUCCION)  
Domicilio: INSURGENTES CENTRO No. 123 - 301  
Importe \$ 10,989.17 Concepto CUOTAS OBRERO PATRONALES  
Recargos 2 % mensual, a partir de VENC.  
Fecha del mandamiento de ejecución  
Fecha de requerimiento 28 DE JULIO DE 1973.  
En México, D. F., a las 11:00 horas del día 4 de JULIO de mil novecientos 73 se procedió a cumplimentar el punto segundo del mandamiento que arriba se cita, entendiéndose la diligencia con CARTEL en su carácter de a quien se pidió designe bienes en que trabar ejecución, advirtiéndole que de negarse a ello o hacerlo fuera del orden que establece el Código Fiscal de la Federación, el ejecutor que actúa procederá al señalamiento, y enterado dijo: SEÑALAR a siete escritorios metálicos, cuatro archivadores, tres máquinas de escribir y dos máquinas de cálculo electrónica de factura internacional, marcas Hermes, Friden y Facit. En la mañana del 22 de octubre se incautaron otras tres máquinas, una de escribir y dos de cálculo que se encontraban, de acuerdo al informe, en perfectas condiciones de uso. En conjunto, los bienes sumaron algo más de 24 000 pesos, adeudados al gestor de la compañía, Antonio Candela y destinados a liquidar las cuotas obrero-patronales que la empresa debía al Instituto Mexicano de Seguridad Social (IMSS).<sup>10</sup> El episodio marca el punto semifinal del error financiero que definiría los últimos años de operación de Cubiertas Ala. Una vez presentada la petición de cese de operaciones ante la SHCP en noviembre de 1970 —y con sólo uno o dos proyectos por año entre ese momento y su último proyecto en 1975— la compañía quedó prácticamente sin negocio después de la ejecución hipotecaria de 1973. Para entonces, la celebradísima carrera de Candela —ampliamente descrita en la literatura, reconocida y difundida de manera ejemplar por Juan Ignacio del Cueto y tutelada en parte por los archivos de la UNAM— ya se había dirigido hacia la enseñanza en Estados Unidos, con su último edificio de renombre: el Palacio de los Deportes (pabellón de deportes olímpicos) en la Ciudad de México en 1968.<sup>11</sup> Mientras que el

En vista de lo anterior, el suscrito-ejecutor declara embargados los bienes descritos, y provisionalmente nombra depositario de ellos a MANUEL CASTAÑOS RODRIGUEZ con domicilio en CARRANZA No. 207-208 quien acepta el cargo, protesta su fiel desempeño y recibe de conformidad, entendido de que deberá conservarlos a disposición de la oficina exectora.

EL EJECUTOR EL DEUDOR  
EL DEPOSITARIO

MANUEL CASTAÑOS RODRIGUEZ  
CARRANZA No. 207-208

Acta de Embargo, 4 de julio 1973. Fuente: Archivos Cubiertas Ala, Archivo de Arquitectos Mexicanos, Facultad de Arquitectura, Universidad Nacional Autónoma de México

cascarón de Palmira se levantó de sus escombros cual fénix para liderar el éxito de Cubiertas Ala en la década de 1960, el colapso de la compañía en 1973 demostró ya obsoletos los cascarones y su magia.<sup>12</sup>

A menudo se ha señalado la escalada en los precios de la madera y la creación de salarios mínimos durante la década de los sesenta como causas del final de los cascarones, los cuales se presentan de este modo como inevitables mártires de las inercias financieras del desarrollo.<sup>13</sup> En un artículo más extenso sobre las paradojas entre el discurso de eficiencia que caracterizó los cascarones y las condiciones de producción que los hicieron posibles, y eventualmente imposibles, he ofrecido detalle histórico y numérico a la quiebra de Cubiertas Ala, otorgando a los cascarones y sus responsables un papel activo en el desarrollo de la economía y la legalidad laboral mexicana moderna.<sup>14</sup> Y es que la comparación de estos dos episodios de error apunta a un tercer elemento crucial en el breve, pero intenso periodo de vigencia de los cascarones: el riesgo y, más concretamente, la disparidad con que Candela y sus trabajadores confrontaron el riesgo en la década que sigue al colapso de Cuernavaca. Como veremos, será la acumulación de errores y riesgos en el proceso de perfeccionamiento del

sistema de cascarones, lo que provocará el colapso financiero del contrato, al menos en parte y en la medida en que el riesgo transforma su valor simbólico en valor económico, a la vez que se traslada de los cuerpos de los trabajadores a la empresa que los emplea.

Puesto en términos visuales, la imagen farragosa del primer colapso —con su concreto perforado, maderas rotas, mallas retorcidas y cientos de clavos huérfanos— implica, si bien a modo de dialéctica negativa, la imagen de las prístinas máquinas de calcular que fueron objeto de embargo. Pues la pulcritud de estas últimas venía a depender del uso excesivo de trabajo, material y riesgo en la obra. El contraste de estas dos imágenes sintetiza el sistema de producción de Cubiertas Ala, así como la estrecha relación que los cascarones establecían entre el trabajo conceptual o inmaterial de Candela y el trabajo material de los trabajadores.<sup>15</sup> Como es bien conocido, Candela confiaba fundamentalmente en técnicas no industrializadas de construcción y en un proceso empírico para el desarrollo de sus cascarones, a lo que él se refería a menudo en términos de intuición experimental.<sup>16</sup> Las prácticas de Cubiertas Ala eran rudimentarias y fundamentadas en una gran cantidad de mano de obra barata, un ritual que las fotografías de Juan Guzmán y Armando Salas Portugal, entre otros, hicieron celebres.<sup>17</sup> Con sus cabezas protegidas del sol y la lluvia por sombreros de paja y bolsas de plástico, las imágenes de obra muestran a los trabajadores mezclando la revoltura, vertiendo a mano las lechadas y tendiendo las varillas de acero, trasegando cubos de arriba para abajo, y vuelta otra vez, mientras sus cuerpos se equilibran sobre las imposibles pendientes de las estructuras en pies de madera, escaleras efímeras y cables dispuestos sobre la marcha. El proceso de diseño de los cascarones estaba intrínsecamente ligado a esta praxis, ya que Candela, en la medida de lo posible, rechazaba hacer estudios previos de viabilidad estructural a través de complejas fórmulas matemáticas. Como él mismo explicaba a menudo, y de manera ufana, no era en el estudio sino en la obra, ni a través del cálculo sino mediante la construcción, donde se producía la información sobre los cascarones. Dicho de otro modo, no eran las calculadoras sino los trabajadores, lo que validaba a los cascarones. Esta idea tiene también su equivalente visual en las conocidas fotografías donde los trabajadores y

Candela se paran alineados sobre los cascarones y los paraguas inmediatamente después del descimbrado, la prueba irrefutable de su estabilidad.

Como repositorios de información acumulada en obra, los cascarones han de entenderse menos como una serie de objetos discretos que como un sistema tecnológico de mejora gradual: como un sistema que iba adquiriendo complejidad técnica y sofisticación estética con la secuencia de proyectos. En su exhaustivo estudio de los cascarones, Alfonso Bastera, María M. Garlock y David Billington han iluminado este punto con respecto al desarrollo progresivo del detalle de borde libre. En su insistencia en solventar el menosprecio de Candela hacia el cálculo con reconstrucciones matemáticas y modelos digitales, Garlock y Billington han producido valiosa información sobre el comportamiento de las estructuras, una información que viene a alimentar el “mantra” de precisión propio de su disciplina ingenieril.<sup>18</sup> Pero la perspectiva crítica de la historia indica que no fue la precisión del cálculo matemático sino el error de la obra, literalmente el vagar empírico de los procesos de construcción, lo que caracteriza los cascarones no sólo en su dimensión formal sino también, y quizá de manera más relevante, en su condición de espacios de producción intelectual.

Una de las peculiaridades de las obras de Cubiertas Ala, o de los cascarones en construcción, es la manera en que constituyen, en mitad del siglo xx y en un contexto de declarada modernización, algo parecido a lo que Pamela Smith ha descrito como espacios de “epistemología artesanal.”<sup>19</sup> Traído de estudios de prácticas científicas de la modernidad temprana, Smith se refiere a los espacios y prácticas donde la producción material acompaña procesos cognitivos de una manera integrada y corporal, es decir, donde la manipulación de materiales combina el trabajo físico con el trabajo intelectual. Esta teoría empírica del conocimiento se caracteriza también por su desarrollo prolongado en el tiempo y su carácter colectivo, lo cual evoca las maneras de hacer de Cubiertas Ala. Tal y como lo recordaba Juan Antonio Tonda, arquitecto empleado de Cubiertas Ala, la empresa confiaba en un equipo relativamente permanente de maestros de obra y trabajadores, a menudo vinculados por lazos familiares y regionales, que se trasladaban colectivamente de un proyecto a otro, y también se movían de oficio de



Félix Candela con Enrique de la Mora, Bolsa de Valores, Ciudad de México, 1955. En construcción. Fuente: Félix Candela Architectural Records and Papers Collection, Avery Drawings and Archives, Columbia University



Félix Candela con Fernando Álvarez Ordoñez, Restaurante Los Manantiales, Xochimilco, 1958. En construcción. Fotografía de Juan Guzmán. Fuente: Archivo Fotográfico Fundación Televisa, México



Félix Candela con Jorge González Reyna, Pabellón de Rayos Cósmicos, Ciudad Universitaria, Ciudad de México, 1950. Fuente: Félix Candela Architectural Records and Papers Collection, Avery Drawings and Archives, Columbia University

manera bastante fluida.<sup>20</sup> Éste era el proceso mediante el cual se generaba y acumulaba conocimiento sobre la idoneidad estructural de las formas, sobre el comportamiento de las diferentes mezclas para la revoltura, sobre los tiempos necesarios de cimbrado o el manejo de los tableros para el montaje de las cimbras de madera.

El acopio de conocimiento y de competencia técnica se adquiría, por tanto, a pie de obra, colectivamente y con la secuencia de proyectos. Y era la acumulación de información lo que permitía tomar nuevos riesgos con cada proyecto. En gran medida, cada cascarón actuaba como prototipo de su propia geometría y dimensiones y, en este sentido, Candela insistía en reducir el trabajo previo de oficina en todo lo posible, desde el trabajo asociado al cálculo hasta el asociado al dibujo. A menudo, un plano y dos alzados eran suficientes para describir la geometría completa de la cimbra y el armado. En contraste a esta eficacia del dibujo, Tonda relata lo tedioso de las técnicas de cálculo y su fluctuación a lo largo de los años, primero con reglas de cálculo, más adelante por medio de máquinas calculadoras y, una vez que la Universidad Nacional Autónoma de México instaló el centro de computación, con computadoras de tarjetas perforadas.<sup>21</sup> Es decir, mientras las matemáticas de oficina requerían de innovación tecnológica continua, Candela prefería el conservadurismo de la obra. La precisión juega escaso

papel en esta versión moderna de epistemología artesanal, donde su antagónico, el error, era no sólo inevitable sino también sustancial al proceso.<sup>22</sup>

La microhistoria de Palmira resulta, en este sentido, ejemplar. Cubiertas Ala ya había recibido la comisión para colaborar con los arquitectos Manuel Larrosa y Guillermo Rosell en la capilla abierta del fraccionamiento en las Lomas de Cuernavaca, en enero de 1958, cuando la empresa comenzaba las obras para el restaurante Los Manantiales en Xochimilco, el famoso cascarón de borde libre en el que cuatro paraboloides hiperbólicos se encuentran en una planta octogonal alcanzando una altura de 10 metros. El trabajo en Los Manantiales se prolongaría hasta marzo, periodo durante el cual Candela, o más bien el colectivo alrededor de la figura de Candela, comienzan a concebir un cascarón de borde libre aún más alto. En febrero, Candela firmó un dibujo para Palmira donde un paraboloide hiperbólico sencillo alcanza la altura de 18 metros. Al término de Xochimilco —con éxito— la cubierta de Palmira se elevó hasta los 24 metros en un diseño firmado en junio de 1958. La versión más elevada muestra tres vigas de refuerzo, una que atraviesa el cascarón en su eje y dos paralelas al borde hacia el interior. Confiado en la estabilidad de la forma, el equipo apura aún más la resistencia del concreto al incluir un calado en la parte superior del cascarón a modo de roseta petrificada diseñada por Rosell.<sup>23</sup>



Félix Candela con Fernando Álvarez Ordoñez. Los Manantiales Restaurant, Xochimilco, 1958. Vista exterior. Fuente: Félix Candela Architectural Records and Papers Collection, Avery Drawings and Archives, Columbia University

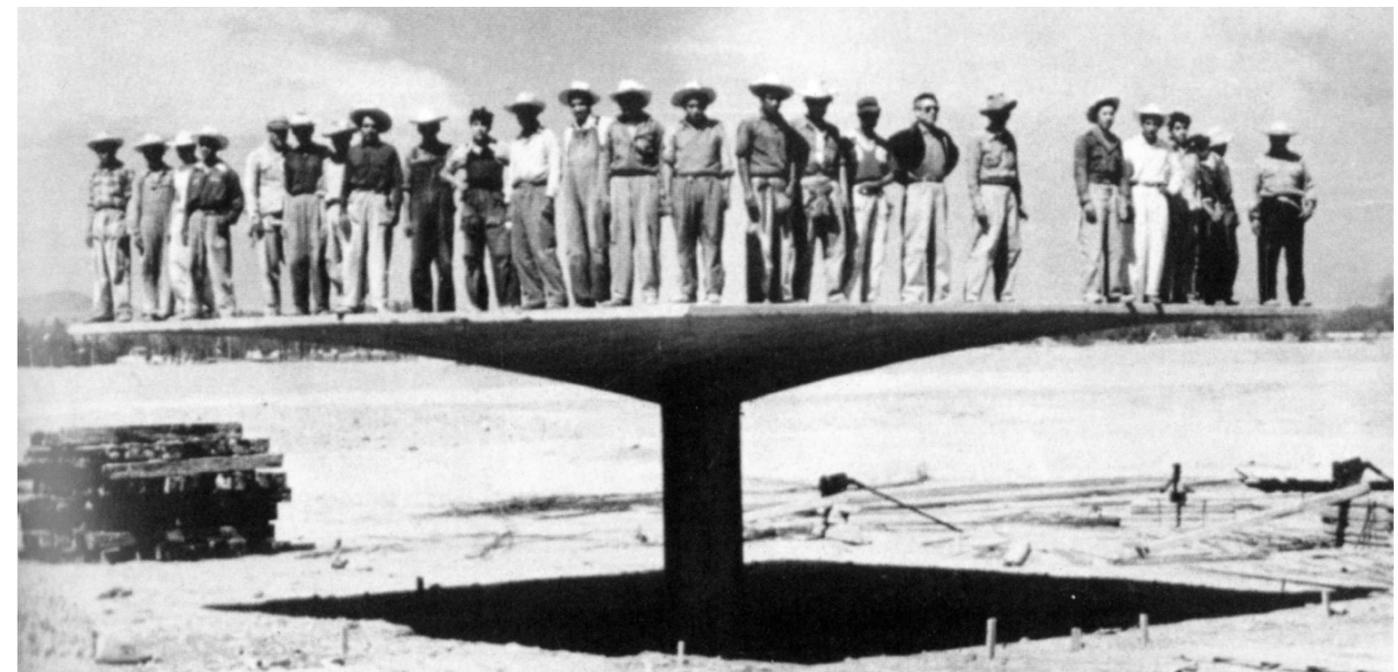
Este fue el diseño que se demostró erróneo, al colapsar durante el descimbrado. En su análisis de la estructura, Garlock y Billington han demostrado la viabilidad numérica del diseño fallido, determinando que el colapso no fue el resultado de excesivo riesgo estructural sino de riesgo de ejecución.<sup>24</sup> Paradójicamente, este estudio sólo acentúa cómo la epistemología de los cascarones es artesanal —y no matemática. Y es que la arquitectura empírica de Cubiertas Ala moviliza los cuerpos de los trabajadores, y no las máquinas calculadoras, como principales tecnologías de producción. Esta forma de tecnología encarnada determina tanto la inviabilidad del cascarón como su subsiguiente reconfiguración. Siguiendo el colapso, el diseño se ajustó haciendo desaparecer el calado, reduciendo la altura del cascarón hasta los 21 metros, e incluyendo una viga de borde. Para no amenazar el lirismo ascendente de la estructura y por dificultades propias del montaje de la cimbra, la sección de este refuerzo se terminó construyendo en sección ascendente.<sup>25</sup> Muchos han querido interpretar estas y otras decisiones de diseño como el resultado del ingenio estructural, e incluso el genio artístico de Candela, una interpretación que alimenta el aura de autor tan celebrado en la arquitectura y sus historias.<sup>26</sup> Candela sin duda otorgaba autoridad al diseño con su firma al dibujo datado en febrero de 1959.<sup>27</sup> Pero esta era una garantía retroactiva. Casi con toda probabilidad, se buscaba que este documento se produjera después de que la obra demostrase la viabilidad del nuevo diseño, un documento que no propone, sino que atestigua y que no surge del intelecto de autor, sino que es resultado de un proceso errático, un proceso que incluye construcción, colapso, múltiples conversaciones a pie de obra, y construcción final. Desde un punto de vista de crítica histórica, el error de Cuernavaca no demuestra tanto el ingenio de Candela sino su confianza en la obra como espacio de investigación: el laboratorio donde cada cascarón prueba llevar la geometría, el material y el proceso de construcción al límite del error.

El colapso y el éxito de Cuernavaca, o su eventual reconstrucción, apunta al trabajador como la tecnología principal de los cascarones y la fuente de la tan celebrada intuición. La serenidad de Candela frente al ac-

cidente demuestra también como ni él ni su compañía eran receptores del riesgo acumulado en obra, un riesgo soportado igualmente por sus trabajadores en una dinámica laboral de desigualdad con respecto al riesgo que era aún intangible. En el verano de 1958, los cuerpos que ocupaban la obra carecían de un aparato administrativo que les reconociese como trabajadores desde una perspectiva legal o que le otorgase valor económico al riesgo como tal. Y es que la construcción de Cuernavaca ocurrió también en el límite de las condiciones históricas que la hicieron viable. La década de los años cincuenta había sido testigo de una escalada de protestas laborales e intensos debates sobre la necesidad de instaurar salarios mínimos, de modo paralelo hubo movilizaciones simbólicas del obrero, una paradoja entre la representación visual y legal del trabajador con larga tradición en México desde la Revolución.<sup>28</sup> La naturaleza de las fotografías de Cuernavaca o Xochimilco en construcción en 1958, referidas con anterioridad, hablan de esta misma urgencia. Éstas fueron tomadas precisamente cuando el secretario de Trabajo, Adolfo López Mateos, era elegido para la presidencia. López Mateos comenzó a implementar sus prometidas políticas sociales de bienestar, la más significativa para nuestra historia en materia laboral quizá fue la promulgación del Artículo 123-B, aprobado el 30 de diciembre de 1959, destinado a fortalecer al Instituto Mexicano de la Seguridad Social (IMSS), mediante el obligatorio registro de trabajadores y el establecimiento de las cuotas obrero-patronales, entre otras medidas. López Mateos también instauró el salario mínimo diario para los empleados del gobierno en 1960, lo que su sucesor Gustavo Díaz Ordaz extendió a todos los trabajadores no gubernamentales en 1964.<sup>29</sup> Cubiertas Ala asumía comisiones públicas con cierta regularidad y, según los registros de pagos de empresa, se aseguraba de ajustar salarios al legal mínimo. Entre 1954 y 1960, el salario diario del peón en Cubiertas Ala aumentó de 9.6 a 14 pesos, alcanzando los 21.50 pesos en el verano de 1964, equivalente, por lo tanto, al salario mínimo legal diario en la Ciudad de México. En 1973, este número se había duplicado a 41.43 pesos, 10 veces mayor que cuando la compañía comenzó su andadura en 1950, los salarios sin duda descompensaron el



Félix Candela con Guillermo Rosell y Manuel Larrosa. Capilla abierta de Palmira, Cuernavaca, 1959. En construcción, 1958. Fuente: Félix Candela Papers, Manuscripts Division, Department of Rare Books and Special Collections, Princeton University Library



Félix Candela con Carlos Recamier. Paraguas experimental 1954. Trabajadores y Candela tras el descimbrado. Fotografía de Carlos Recamier. Fuente: Félix Candela Papers, Manuscripts Division, Department of Rare Books and Special Collections, Princeton University Library



## Referencias

- Abramson, Daniel M. *Obsolescence. An Architectural History*. Chicago: The University of Chicago Press, 2016.
- Alexander, Jennifer Karns. *The Mantra of Efficiency: From Waterwheel to Social Control*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2008.
- Basterra, Alfonso. "Félix Candela y el borde libre. El caso de la Iglesia de Palmira en Cuernavaca." *Bitácora Arquitectura* 5 (mayo-septiembre de 2001): 38-47. DOI: <http://dx.doi.org/10.22201/fa.14058901p.2001.5.33762>
- Bergdoll, Barry, Carlos Eduardo Comas, Jorge Francisco Liernur y Patricio del Real, eds. *Latin America in Construction, 1955-1980*. Nueva York: Museum of Modern Art, 2015.
- Campbell, Betty. "Félix Candela." *Concrete Quarterly* 42 (julio - septiembre de 1959): 2-13.
- Candela, Félix. "Dos nuevas iglesias en México." En *Defensa del formalismo y otros escritos*. Bilbao: Xarait, 1985.
- Carranza, Luis y Fernando Lara, eds. *Modern Architecture in Latin America. Art, Technology and Utopia*. Austin: University of Texas Press, 2015.
- Cassinello, Pepa, ed. *Félix Candela. Centenario 2010: La conquista de la esbeltez*. Madrid: Fundación Juanelo Torriano, 2010.
- Castañeda, Luis M. *Spectacular Mexico: Design, Propaganda, and the 1968 Olympics*. Mineápolis: University of Minnesota Press, 2014.
- Deamer, Peggy, ed. *The Architect as Worker: Immaterial Labor, the Creative Class, and the Politics of Design*. Londres: Bloomsbury Academic, 2015.
- Del Cueto Juan Ignacio. *Félix Candela 1920-2010*. Madrid: Sociedad Estatal de Conmemoraciones Culturales, 2010.
- Faber, Colin. *Candela: The Shell Builder*. Nueva York: Reinhold Publishing Corporation, 1965.
- Forty, Adrian. *Concrete and Culture: A Material History*. Londres: Reaktion Books, 2016.
- Gallo, Rubén. *Mexican Modernity: The Avant-Garde and the Technological Revolution*. Cambridge: The MIT Press, 2005.
- Garlock, María E. Moreyra y David Billington. *Félix Candela: Engineer, Builder, Structural Artist*. New Haven: Yale University Press, 2008.
- González Pendás, María. "Techniques and Civilization: Felix Candela's Geopolitical Imaginary." En Patricio del Real y Helen Gyger, eds. *Latin American Modern Architecture: Ambiguous Territories*. Nueva York: Routledge, 2013.
- \_\_\_\_\_. "50 Cents a Foot, 14,500 Buckets: Concrete Numbers and the Illusory Shells of Mexican Economy." *Grey Room* 71 (verano 2018).
- Hamilton, Nora. *The Limits of State Autonomy: Post-Revolutionary Mexico*. Princeton: Princeton University Press, 2014. [*México: Los límites de la autonomía del Estado*. Ciudad de México: Era, 1983].
- Hughes, Francesca. *The Architecture of Error: Matter, Measure and the Misadventures of Precision*. Cambridge: The MIT Press, 2015.
- La Botz, Dan. *The Crisis of Mexican Labor*. Nueva York: Praeger, 1988.
- Lear, John. *Picturing the Proletariat. Artists and Labor in Revolutionary Mexico, 1908-1940*. Austin: University of Texas Press, 2017.
- Middlebrook, Kevin. *The Paradox of Revolution. Labor, the State and Authoritarianism in Mexico*. Houston: Johns Hopkins University Press, 1995.
- Osmar, Michael. "The Managerial Aesthetics of Concrete." *Perspecta* 45 (2012): 67-75.
- Petroski, Henry. *The Success of Failure*. Princeton: Princeton University Press, 2013.
- Perrow, Charles. *Normal Accidents: Living with High Risk Technologies*. Princeton: University Press, 2011.
- Smith, Pamela. *The Body of the Artisan: Art and Experience in the Scientific Revolution*. Chicago: University of Chicago Press, 2004.
- Vitruvio, Marco Lucio. José Luis Oliver Domingo, trad. *Los diez libros de la arquitectura*. Madrid: Alianza Editorial, 1997.

## Notas

1. Marco Lucio Vitruvio, José Luis Oliver Domingo, trad., *Los diez libros de la arquitectura* (Madrid: Alianza Editorial, 1997), 253. Agradezco el apoyo logístico e intelectual de los miembros de la Society of Fellows de la Universidad de Columbia en el desarrollo de esta investigación.
2. Henry Petroski, *The Success of Failure* (Princeton: Princeton University Press, 2013); Charles Perrow, *Normal Accidents: Living with High Risk Technologies* (Princeton: University Press, 2011).
3. Charles Perrow, *Normal Accidents*, 232-256.
4. Jacob Feld, *Construction Failure* (Nueva York: Wiley & Sons, 1968); Jacob Feld y Kenneth L. Carper, *Lessons from Failures of Concrete Structures* (Nueva York: Wiley & Sons, 1997).
5. Adrian Forty, *Concrete and Culture. A Material History* (Londres: Reaktion Books, 2016), 10, 234-43. Sobre las capacidades de engaño discursivo del concreto, si bien en un contexto y con mensajes bien diferentes, ver Michael Osman, "The Managerial Aesthetics of Concrete," *Perspecta* 45 (2012): 67-75.
6. Rubén Gallo, *Mexican Modernity: The Avant-Garde and the Technological Revolution* (Cambridge, MA: The MIT Press, 2005), 185.
7. Luis M. Castañeda, *Spectacular Mexico: Design, Propaganda, and the 1968 Olympics* (Mineápolis: University of Minnesota Press, 2014), 37-39, 139.
8. La literatura sobre Candela es amplia y sigue creciendo, sobre todo en el campo de las exposiciones y sus catálogos. Además del sofisticado argumento político de los cascarones que hace Castañeda en *Spectacular Mexico*, monográficos de la obra de Candela incluyen a: Juan Ignacio del Cueto, ed., *Félix Candela 1920-2010* (Madrid: Sociedad Estatal de Conmemoraciones Culturales, 2010); Pepa Cassinello, ed., *Félix Candela. Centenario 2010: La conquista de la esbeltez* (Madrid: Fundación Juanelo Torriano, 2010); Colin Faber, *Candela: The Shell Builder* (Nueva York: Reinhold Publishing Corporation, 1965); María E. Moreyra Garlock y David Billington, *Félix Candela: Engineer, Builder, Structural Artist* (New Haven: Yale University Press, 2008). Estas revisiones sistemáticamente construyen un Candela que, dedicado a la obra, se mantiene al margen de un proyecto intelectual y político, algo que he rebatido en María González Pendás, "Techniques and Civilization: Felix Candela's Geopolitical Imaginary," en Patricio del Real and Helen Gyger, eds., *Latin American Modern Architecture: Ambiguous Territories*, (Nueva York: Routledge, 2013). Los cascarones aparecen de manera sistemática, pero a menudo como acontecimiento aislado, en publicaciones sobre arquitectura latinoamericana, como en Barry Bergdoll, Carlos Eduardo Comas, Jorge Francisco Liernur y Patricio del Real, eds., *Latin America in Construction, 1955-1980* (Nueva York: Museum of Modern Art, 2015) y Luis Carranza y Fernando Lara, *Modern Architecture in Latin America. Art, Technology and Utopia* (Austin: University of Texas Press, 2015), 184-85.
9. Alfonso Basterra, "Félix Candela y el borde libre. El caso de la Iglesia de Palmira en Cuernavaca," *Bitácora Arquitectura* 5 (mayo-septiembre de 2001), 42. DOI: <http://dx.doi.org/10.22201/fa.14058901p.2001.5.33762>
10. "Actas de embargo" Carpeta 8.10 en Archivos Cubiertas Ala, Archivo de Arquitectos Mexicanos, Facultad de Arquitectura, Universidad Nacional Autónoma de México (AAM- FA-UNAM). Mi investigación en estos fondos no hubiera sido posible sin la ayuda logística y sobre todo intelectual de Dino del Cueto, Lourdes Cruz, Cristina López Uribe, Hugo Hernández Quezada y Nader Therani con la Escuela de Arquitectura de Cooper Union, a quienes agradezco.
11. En 1969 se inauguran en México las estaciones de metro diseñadas por Candela en San Lázaro, Candelaria y La Merced, si bien para entonces ya se había separado de Cubiertas Ala.
12. Un argumento reciente sobre la importancia de la obsolescencia en el desarrollo de la arquitectura moderna es Daniel Abramson, *Obsolescence. An Architectural History* (Chicago: The University of Chicago Press, 2016), 6.
13. Juan Ignacio del Cueto, "El ocaso de los cascarones," en *Félix Candela 1910-2010*, 106; Luis M. Castañeda, *Spectacular Mexico*, 279.
14. María González Pendás, "50 Cents a Foot, 14,500 Buckets: Concrete Numbers and the Illusory Shells of Mexican Economy," *Grey Room* 71 (verano 2018).
15. Para un argumento reciente sobre las diversas dimensiones del trabajo en la arquitectura, ver Peggy Deamer (ed.), *The Architect as Worker: Immaterial Labor, the Creative Class, and the Politics of Design* (Londres: Bloomsbury Academic, 2015). En su introducción, Deamer llama a distinguir el proceso de construcción y el proceso de diseño en términos de trabajo inmaterial y trabajo material, pasando a reclamar una comprensión más matizada del primero.
16. Referencias a la "intuición" de Candela son múltiples, ver por ejemplo "Dos nuevas iglesias en México," en Félix Candela, *Defensa del formalismo y otros escritos* (Bilbao: Xarait Ediciones, 1985), 27.
17. Elisa Lozano, "Fragmentos. Candela: Arquitectura, fotografía y cine," en *Félix Candela, 1910-2010*, 211-240
18. María E. Moreyra Garlock y David Billington, *Félix Candela*. Aquí me refiero al argumento sobre la manera en que un valor relativo a la precisión, la eficiencia, nace de la ingeniería para transformarse en valor social y cultural a lo largo de la modernidad, ver Jennifer Karns Alexander, *The Mantra of Efficiency* (Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2008).
19. Pamela Smith, *The Body of the Artisan: Art and Experience in the Scientific Revolution* (Chicago: University of Chicago Press, 2004), 96.
20. Juan Antonio Tonda, "Cubiertas Ala," en Juan Ignacio del Cueto, ed., *Félix Candela*, 245-250.
21. Juan Antonio Tonda, "Cubiertas Ala," 245-250.
22. Para un argumento sobre la relación entre precisión y error en arquitectura desde un estudio interdisciplinar ver Francesca Hughes, *The Architecture of Error: Matter, Measure and the Misadventures of Precision* (Cambridge, MA: The MIT Press, 2015), especialmente 6-9.
23. Félix Candela con Cubiertas Ala, Iglesia de Cuernavaca, lápiz y tinta en papel vegetal. Series I: Project Records, Drawer 72, Folders 5, 29. Félix Candela Architectural Records and Papers Collection, Avery Drawings and Archives, Columbia University (FCA-CU). Alfonso Basterra ha publicado ya una serie de collages donde se superponen los dibujos de Cubiertas Ala con imágenes de obra en "Félix Candela y el borde libre."
24. María E. Moreyra Garlock y David Billington, *Félix Candela*, 134.
25. Alfonso Basterra ofrece una cuidadosa descripción estructural en "Félix Candela y el borde libre," especialmente 42-43. También hace referencia a los dibujos originales que datan las varias fases del diseño, pero con ciertas discrepancias.
26. María E. Moreyra Garlock y David Billington, *Félix Candela*, 22-28.
27. Félix Candela con Cubiertas Ala, Iglesia de Cuernavaca, lápiz y tinta en papel vegetal. Series I: Project Records, Drawer 72, Folders 5, 29. FCA CU.
28. Kevin Middlebrook, *The Paradox of Revolution. Labor, the State and Authoritarianism in Mexico* (Houston: Johns Hopkins University Press, 1995), 2-3; John Lear, *Picturing the Proletariat. Artists and Labor in Revolutionary Mexico, 1908-1940* (Austin: University of Texas Press, 2017).
29. Dan La Botz, *The Crisis of Mexican Labor* (Nueva York: Praeger, 1988). Nora Hamilton, *The Limits of State Autonomy: Post-Revolutionary Mexico* (Princeton: Princeton

University Press, 2014). [*México: Los límites de la autonomía del Estado* (Ciudad de México: Era, 1983)].

30. Estos datos corresponden al salario del peón, AAM- FA-UNAM. He argumentado cuan caros fueron de hecho los cascarones en María González Pendás, "50 Cents a Foot, 14,500 Buckets"
31. Carpeta 8.7. AAM-FA-UNAM.
32. Ley de Seguro Social, Artículo 48, estipulado por el servicio de deuda del IMSS en la "Notificación" a Cubiertas Ala del 4 de mayo de 1967. Carpeta 8.10. AAM-FA-UNAM.
33. He desarrollado el perfil teórico de Candela con respecto a un proyecto político relacionado con su condición de exiliado de la dictadura franquista en María González Pendás, "Techniques and Civilization." Un artículo temprano que señala la influencia de Ortega y Gasset en el pensamiento de Candela es Betty Campbell, "Félix Candela," *Concrete Quarterly* 42 (julio-septiembre de 1959), 3-4.

## María González Pendás

Profesora, Departamento de Historia del Arte, Investigadora, Society of Fellows, Columbia University, Nueva York  
 Doctora en Teoría e Historia de la Arquitectura, Columbia University, Nueva York  
 Arquitecta, Universidad Politécnica de Madrid  
 ✉ mg2594@columbia.edu