

# Estructuralismo y renovación.

## La invitación a Félix Candela, Kenzo Tange, Frei Otto

Federico-Luis del Blanco García  
Laura Pérez Lupi

### Federico-Luis del Blanco García

Doctor Arquitecto por la Universidad Politécnica de Madrid.

**Centro de Investigación:**

Universidad Politécnica de Madrid.

federicoluis.delblanco@upm.es

### Laura Pérez Lupi.

Doctora Arquitecto por la Universidad Politécnica de Madrid.

**Centro de Investigación:**

École Polytechnique Fédérale de Lausanne.

laura.perezlupi@epfl.ch

#### RESUMEN

El artículo que se presenta a continuación se centra en el proyecto para el concurso de la Ciudad Deportiva de Kuwait celebrado en 1968, para el que fueron invitados cuatro de los arquitectos e ingenieros estructuralistas más relevantes del siglo XX: Félix Candela, Kenzo Tange en colaboración con Frei Otto, Pier Luigi Nervi y la asociación formada por Wilson, Morris, Grain y Anderson, autores del Astrodome de Houston en Texas, la cúpula más grande construida hasta el momento.

En el artículo se incluyen análisis y reconstituciones gráficas inéditas realizadas por los autores, así como documentos originales presentados al concurso.

Palabras clave: Centro de Deportes de Kuwait, Candela, Nervi, Frei Otto, Tange, instalaciones deportivas.

#### ABSTRACT

The present paper focuses on the project for the Kuwait Sports Center in 1968. Four of the most important architects and structural designers of the twentieth century were invited to the contest: Félix Candela, Kenzo Tange in collaboration with Frei Otto, Pier Luigi Nervi and the association formed by Wilson, Morris, Grain and Anderson, authors of the Astrodome in Houston Texas, the largest dome ever built.

The article includes unpublished graphic analysis and reconstructions made by the authors, as well as original documents submitted to the competition.

Keywords: Kuwait Sports Center, Candela, Nervi, Frei Otto, Tange, sport facilities.

En la década de los años sesenta el gobierno de Kuwait comenzó un proceso de “modernización” de la arquitectura de Kuwait, llegando algunos autores a denominarla como una posible nueva Chandigarh o Brasilia. El concurso para la Ciudad Deportiva de Kuwait y los arquitectos a los que se invitó son fruto de este proceso de modernización. En torno a estos años Kenzo Tange realizará el Aeropuerto Internacional de Kuwait, Arne Jacobsen diseñará el Banco Central y Alison y Peter Smithson participaron en un concurso de ideas junto a Rogers, Candilis y Josic, entre otros [Fig. 01].



[FIG. 01]. RECONSTITUCIÓN GRÁFICA DE LA CÚPULA PARA LAS INSTALACIONES DEPORTIVAS DE KUWAIT, PERSPECTIVA FRONTAL. PROPUESTA DE FÉLIX CANDELA. [IMÁGENES DEL AUTOR].

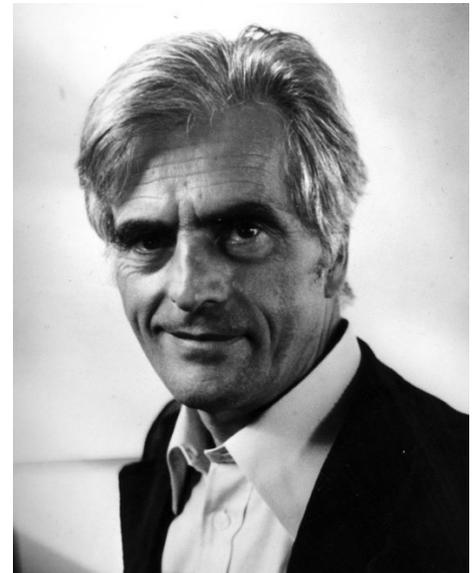
## Introducción

El concurso para la Ciudad Deportiva de Kuwait se celebró en 1969, invitando a participar a cuatro estudios de prestigio internacional con una clara vocación estructuralista, que además contaban con la experiencia en la realización de grandes instalaciones deportivas:

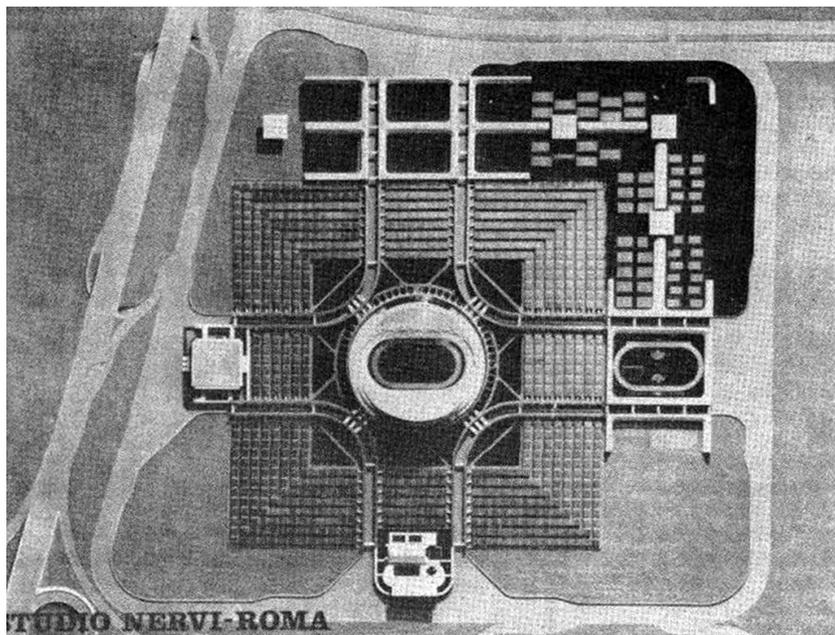
- Pier Luigi Nervi, ingeniero italiano que realizó el Palacio de los Deportes para las Olimpiadas de Roma en 1960.
- Kenzo Tange, arquitecto japonés autor de los Pabellones para las Olimpiadas de Tokio en 1964, que colaboraría con Frei Otto, arquitecto alemán que posteriormente construiría el estadio para los Juegos Olímpicos de Munich en 1972.
- Félix Candela, que acababa de realizar el Palacio de los Deportes para las Olimpiadas de México en 1968. Cabe destacar el asesoramiento que recibió por parte de Emilio Pérez Piñero, aunque el nombre de éste no figurara en el concurso.
- Y finalmente, la asociación formada por Wilson, Morris, Grain y Anderson, autores del Astrodome de Houston en Texas, la cúpula más grande construida hasta el momento para cubrir un estadio de béisbol. Este estudio contrató los servicios de la consultoría de ingenieros Praeger-Kavanagh-Waterbury para la realización del Astrodome. A su vez, la firma de ingenieros estaba colaborando con Félix Candela en las instalaciones deportivas de la Universidad de Brown.

Según las memorias presentadas por los diferentes estudios para el concurso, el proyecto debería incluir tres estadios y cumplir el siguiente programa (01):

- Pista cubierta para baloncesto, con asientos para 7.000 espectadores, convertibles en 10.000 para conciertos, boxeo y otros espectáculos.
- Un estadio de fútbol y actividades de atletismo al descubierto que permita la práctica de múltiples actividades con 40.000-60.000 asientos.
- Una piscina.



EL ARQUITECTO ALEMÁN FREI OTTO, 1925-2015.



[FIG. 02]. MAQUETA DEL CONJUNTO. PROPUESTA DE NERVI. MARZO 1970, REVISTA ARCHITECTURAL DESIGN, PÁG. 136.

La solución habría de adaptarse, además, a otros objetivos: balón-bolea, patinaje, tenis, gimnasia, exposiciones comerciales y agrícolas, exposiciones de arte, centros de convenciones, ballet, festivales y circo.

Ninguna de las cuatro propuestas sorprendió y tal como se esperaba de ellos, la estructura de los proyectos se configuraba como el elemento dominante de los mismos y definía su forma. Las propuestas de Candela, Nervi y la asociación Wilson-Morris-Grain-Anderson giraban en torno a cúpulas de grandes dimensiones, una solución con la que todos ellos ya habían experimentado. Esto les permitiría salvar las extensas luces requeridas en el programa sin necesidad de apoyos interiores.

Por su parte el dúo Kenzo Tange-Frei Otto optó por una estructura tensada realizada mediante cables metálicos. Una estructura ligera que pretendía materializar los múltiples experimentos de Frei Otto, y que constituye un antecedente directo del estadio olímpico de Múnich (1972) y sus superficies mínimas.

El artículo se centra principalmente en la propuesta de Félix Candela y su relación con Emilio Pérez Piñero, aportando una reconstitución gráfica del mismo.

### El concurso

El concurso para la Ciudad Deportiva de Kuwait es sin duda de especial relevancia. En pocas ocasiones podemos encontrar una competencia directa entre cuatro de las figuras más relevantes de la arquitectura. Las palabras de Frei Otto al respecto lo confirman: "...ésta fue la única vez que competí con Nervi tan directamente. Lo tengo en muy alta estima, pero cuando se te invita a participar en un proyecto como éste y eres joven, tratas de superar incluso a una autoridad como él" (02).

(01) CANDELA, Félix. 1969. "Proyecto de centro de deportes en Kuwait" *ζ* pp. 26-31. Madrid.

(02) SONGEL, J. M., A Conversation with Frei Otto, New York, (2010).

(03) CANDELA, Félix. 1969. Carta de Félix Candela a Emilio Pérez Piñero. Se conserva en la fundación Emilio Pérez Piñero.

Los proyectos favoritos seleccionados por el jurado fueron los presentados por Félix Candela y la asociación formada por Kenzo Tange y Frei Otto. Ambos incluían referencias al mundo islámico, Candela directamente mediante la inclusión de formas que aludían a éste, y Tange-Otto mediante la metáfora de los oasis.

En un primer momento, el proyecto de Félix Candela fue eliminado del concurso al reproducir la estrella judía en la estructura de la cubierta del palacio deportivo. Los conflictos entre Israel y el mundo árabe eran recientes, habiéndose producido en junio de 1967 la llamada 'Guerra de los Seis Días'.

Sea como fuere, Candela no quedó satisfecho con la decisión del concurso, y así lo expresó en esta carta escrita a Emilio Pérez Piñero: De todos modos, volví muy deprimido, pensando que a menos que se vuelva uno un hombre de negocios, desvergonzado, como Tange, no tiene uno nada que hacer en este mundo. Y lo malo es que ya es un poco tarde para cambiar (03).

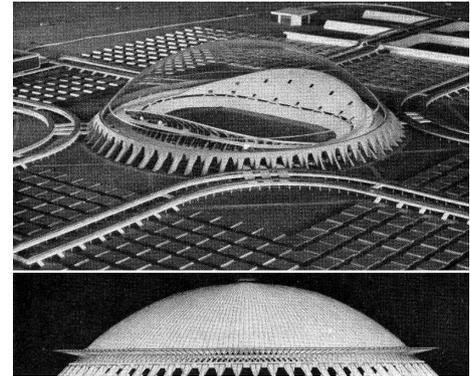
Kenzo Tange formaba parte de la embajada japonesa en Kuwait y la cancillería de Japón, lo que hizo sospechar a Candela de la falta de legitimidad en el concurso. A su vez, Candela escribió otra carta al propio Nervi (04), también afectado por la decisión del jurado. La carta comenzaba con las palabras "Mi querido y siempre admirado maestro" (05) y hacía referencia a la falta de juego limpio con la que se desarrolló el concurso, así como la sospechosa y desagradable manera en la que se nombró al ganador del mismo. Por su parte, Nervi contestó a Candela con las palabras: "no supondrá ninguna diferencia de todas maneras" (06), sugiriendo a Candela que se calmara y no enviara una carta de reclamación a Kuwait.

Tras la celebración del concurso, el proyecto ganador de Tange-Otto no se construiría, al no llegar a un acuerdo económico entre las diferentes partes. En el año 1974 —tras enfriarse el conflicto político— se decide que Félix Candela lleve a cabo su propuesta. Sin embargo, tras dos años de negociaciones, en 1976 se cancela el proyecto sin que ninguna de las cuatro propuestas se llegara a materializar.

### Las propuestas de Nervi, Tange-Otto y la asociación Wilson-Morris.

Las propuestas para el concurso plantean un conjunto de edificios de carácter singular que albergaría al Palacio de los Deportes de Kuwait, prestando especial atención a la escala urbana y al vínculo que tendría el conjunto con el resto de la ciudad en desarrollo.

La propuesta de Nervi sitúa el programa en dos ejes [Fig. 02]. En la intersección de ambos aparece una cúpula de grandes dimensiones que envuelve al graderío del estadio, situando el resto de edificaciones en los extremos de los ejes. La cúpula, que salvaría una luz de 256 metros, estaría formada por una retícula de tubos de aluminio. Nervi la bautizó como 'Triodetic dome', siguiendo el nombre de la patente 'Triodetic' de la empresa Vickers Ltd que hubieran empleado para su construcción [Fig. 03].



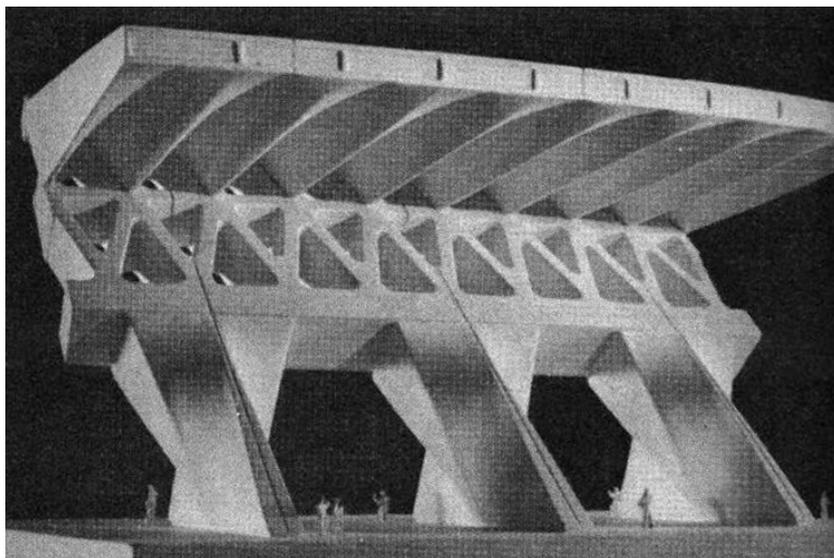
[FIG. 03]. CÚPULA TRIODETIC. PROPUESTA DE NERVI. MARZO 1970, REVISTA ARCHITECTURAL DESIGN, PÁG. 136.

(04) MENDOZA, Marisella, CRESCIANI, Manuel. Pier Luigi Nervi, Félix Candela and the Kuwait Sports Centre Competition in 1968. Proceedings of the International Association for Shell and Spatial Structures (IASS) Symposium "beyond the limits of man", 2013.

(05) Letter of 19th April 1969 – Folder 'Kuwait Sport Centre' - Museo nazionale delle arti del XXI secolo, Roma, Collezioni MAXXI Architettura.

(06) Letter of 13th November 1968. Folder 'Kuwait Sport Centre'. MAXXI Archive, Rome.

[FIG. 04]. MAQUETA DE LA ESTRUCTURA. PROPUESTA DE NERVI. MARZO 1970, REVISTA ARCHITECTURAL DESIGN, PÁG. 136.



EL ARQUITECTO ITALIANO PIER LUIGI NERVI, 1891-1979.

La propuesta inicial planteaba la construcción de la cúpula mediante una estructura de hormigón pretensado, tal como propondría Félix Candela (07). En 1960 Nervi ya había realizado una cúpula mediante una estructura de nervios de hormigón salvando una luz de 120 metros para el Palacio de los Deportes de Roma, estableciéndose en esa época como un record para este tipo de estructuras.

La nueva cúpula hubiera supuesto un nuevo record, al superar la luz máxima de la que hasta entonces era la mayor cúpula construida: el Astrodome de Houston, realizado por Wilson, Morris, Grain y Anderson, también participantes del concurso en Kuwait.

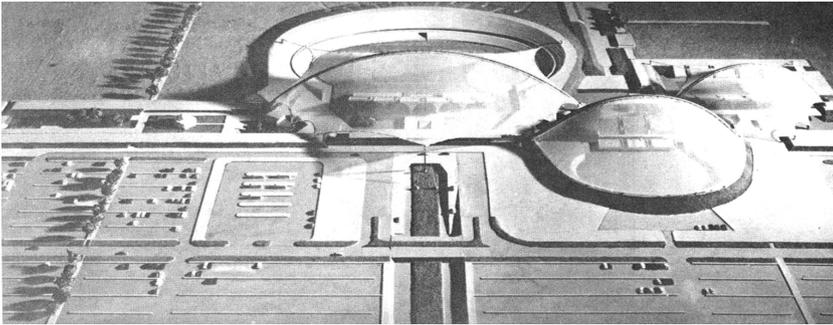
La propuesta de Nervi se basaba en un proyecto formado por pura estructura, permitiendo leer los esfuerzos a través de la forma de sus soluciones [Fig. 04]. La cúpula quedaba marcada por unos nervios que se intersecaban en su polo norte, una solución que Candela siempre evitó para sus cúpulas. La estructura de aluminio de la cúpula transmitiría sus esfuerzos al suelo mediante un basamento de hormigón, remarcando la transparencia de la misma.

La estructura principal de la cúpula es exenta y no entra en contacto con la estructura del graderío. De esta manera aparece la posibilidad de cubrir las gradas en una segunda fase del proyecto, un dato importante si tenemos en cuenta que la cobertura del estadio no era un aspecto requerido en las bases del concurso y suponía un incremento considerable en el precio final.

Se trata de un hecho singular en la evolución de este maestro de las estructuras, ya que una de las características comunes en todas sus obras era precisamente el diseño de las estructuras en su estudio, y no mediante la contratación de empresas externas.

En esta decisión influyó tal vez que la gran luz que pretendían salvar no es eficiente mediante estructuras de hormigón. Al igual que sucedió con la propuesta de Candela, al adentrarse en un nuevo territorio inexplorado, parecía adecuado solicitar consejo a expertos en la materia.

(07) La cúpula que planteaba Candela no cubriría el estadio de fútbol, sino el de baloncesto, siendo sus dimensiones menores.  
(08) KAMIYA KOJI. Kuwait Stadium. Architectural Design 3/70 pp. 134-137.



[FIG. 05]. MAQUETA DEL CONJUNTO. PROPUESTA DE KENZO TANGE Y FREI OTTO. MARZO 1970, REVISTA ARCHITECTURAL DESIGN, PÁG. 134.

La asociación formada por Kenzo Tange-Frei Otto ganó el concurso con una propuesta en la que quedaba claramente diferenciada la actuación de cada uno de los arquitectos. La configuración de las bandejas que contenían el programa y los graderíos realizadas por Tange, giraban en torno a unos espacios públicos a modo de oasis. Sobre estas bandejas Frei Otto colocó sus características estructuras tensadas, desplazadas hacia el exterior para cubrir parte del espacio público, reforzando la idea de oasis [Fig. 05].

Tras obtener el primer puesto en el concurso, Koji Kamiya (socio del estudio Kenzo Tange) explicó cómo funcionó la asociación con Frei Otto (08), al que definió como un “arquitecto orientado al diseño estructural” a la vez que un “ingeniero orientado al diseño arquitectónico”. El diseño del proyecto evolucionó en tres fases.

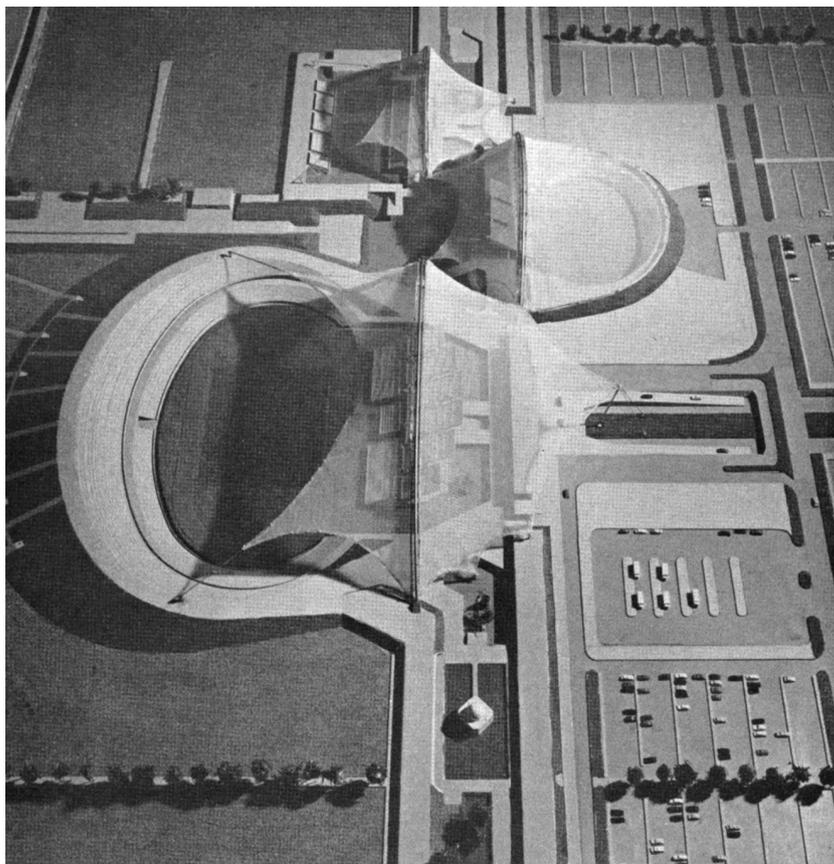
La primera fase consistió en la declaración de intenciones. Desde el principio se mantuvo la idea de realizar tres estadios dotados de elementos comunes que homogeneizaran el conjunto del complejo deportivo. Lo que llamaron desde el estudio como una ‘integración orgánica’ (09). También se planteó la necesidad de buscar una solución climática que permitiera disfrutar de las actividades deportivas bajo el clima hostil de Kuwait.

Frei Otto llegó a Tokio después de que estas intenciones se hubieran definido, aunque volvieron a ser discutidas con él. Según Koji Kamiya, la actitud del arquitecto alemán fue muy positiva, y se propusieron varias alternativas entorno a la idea del oasis. Se trataba de generar un espacio central situado entre las instalaciones deportivas con unas condiciones climáticas agradables, mediante la generación de terrazas que actuaran a su vez como grandes cubiertas del espacio público.

La segunda fase consistió en la definición de la cubierta para los estadios y el espacio que actuaría como oasis. Fue en esta fase en la que Frei Otto realizó su mayor aportación. Propuso generar una membrana sujeta mediante un arco que actuara como abrigo para cada uno de los diferentes espacios, variando su tamaño según las dimensiones del estadio. Kenzo Tange estuvo de acuerdo con la propuesta desde el primer momento, ya que se adaptaba perfectamente a las intenciones definidas en la primera fase y permitía homogeneizar el conjunto bajo membranas uniformes [Fig. 06].



EL ARQUITECTO JAPONÉS KENZO TANGE, 1913-2005.



[FIG. 06]. MAQUETA DEL CONJUNTO. PROPUESTA DE KENZO TANGE Y FREI OTTO. MARZO 1970, REVISTA ARCHITECTURAL DESIGN, PÁG. 134.

Mientras Frei Otto concentraba sus esfuerzos en el diseño de la estructura de la membrana y evaluaba los costes estimados del proyecto, daba comienzo la tercera fase de la propuesta: la elaboración del diseño urbano.

Por su parte, la asociación formada por Wilson, Morris, Grain y Anderson realizaron dos cúpulas para cubrir las instalaciones deportivas, dejando gran parte del programa a la intemperie. Una de las cúpulas cubriría el gran estadio con unas dimensiones similares a la propuesta por Nervi, y con una estructura que mostraba una distribución de barras que evocaba a su famosa cúpula para el Astrodome de Houston, cuyas piezas confluían el polo norte de la esfera [Fig. 07].

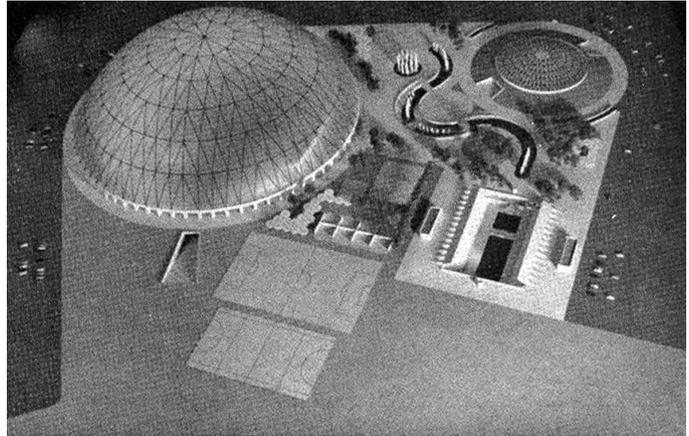
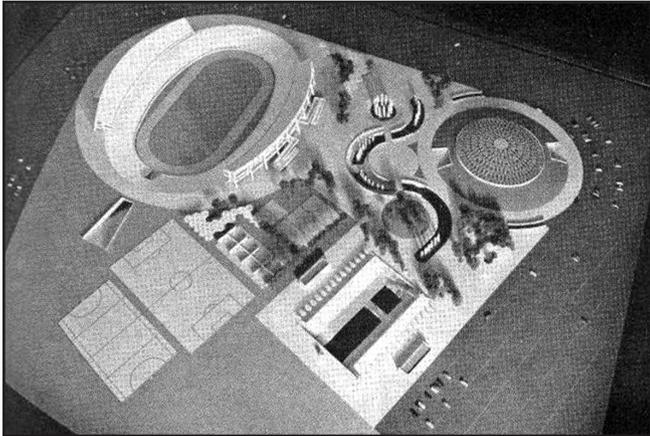
#### El Palacio de los Deportes de Kuwait en la trayectoria de Félix Candela

La arquitectura de Félix Candela estaba caracterizada por la realización de estructuras laminares siguiendo la geometría del paraboloide hiperbólico. El estadio para las Olimpiadas de México en 1968 supuso la única cúpula de grandes dimensiones que Candela llegó a construir. Considerada como su última gran obra, esta cúpula no constituía un proyecto aislado en la trayectoria del arquitecto, sino la respuesta ante el declive de las estructuras laminares en México.

Durante los años posteriores a 1964 (10), Félix Candela realiza cuatro proyectos basados en cúpulas de grandes dimensiones para cubrir instala-

(09) Ídem.

(10) En 1964, el presidente Gustavo Díaz Ordaz eleva los salarios mínimos en México. Como consecuencia, las estructuras laminares, que requerían gran cantidad de mano de obra, dejaron de ser construcciones económicamente rentables.



ciones deportivas: la cubierta para el velódromo de Anoeta junto a Emilio Pérez Piñero en 1972, la cúpula para el Palacio de los Deportes de Kuwait en 1968, la cúpula para el Estadio de los Juegos Olímpicos de México en 1968 y las múltiples propuestas presentadas para las instalaciones deportivas de la Universidad Brown (1965-1972).

Las cuatro cúpulas presentan dos características comunes esenciales:

- La estructura principal de las cúpulas está formada por arcos esféricos, experimentando con estructuras reticuladas metálicas y el material de hormigón.
- El cerramiento se realiza mediante superficies formadas por la combinación de fragmentos de paraboloides hiperbólicos (11).

La cúpula para el Palacio de los Deportes de Kuwait sigue esta configuración, y presenta la geometría más compleja jamás diseñada por Félix Candela mediante superficies parabólico-hiperbólicas [fig. 08].

Para este proyecto, la influencia de su amigo y posterior socio Emilio Pérez Piñero resulta un factor clave, por lo que incluimos la correspondencia mantenida entre ambos arquitectos durante el concurso.

### Correspondencia entre Félix Candela y Emilio Pérez Piñero

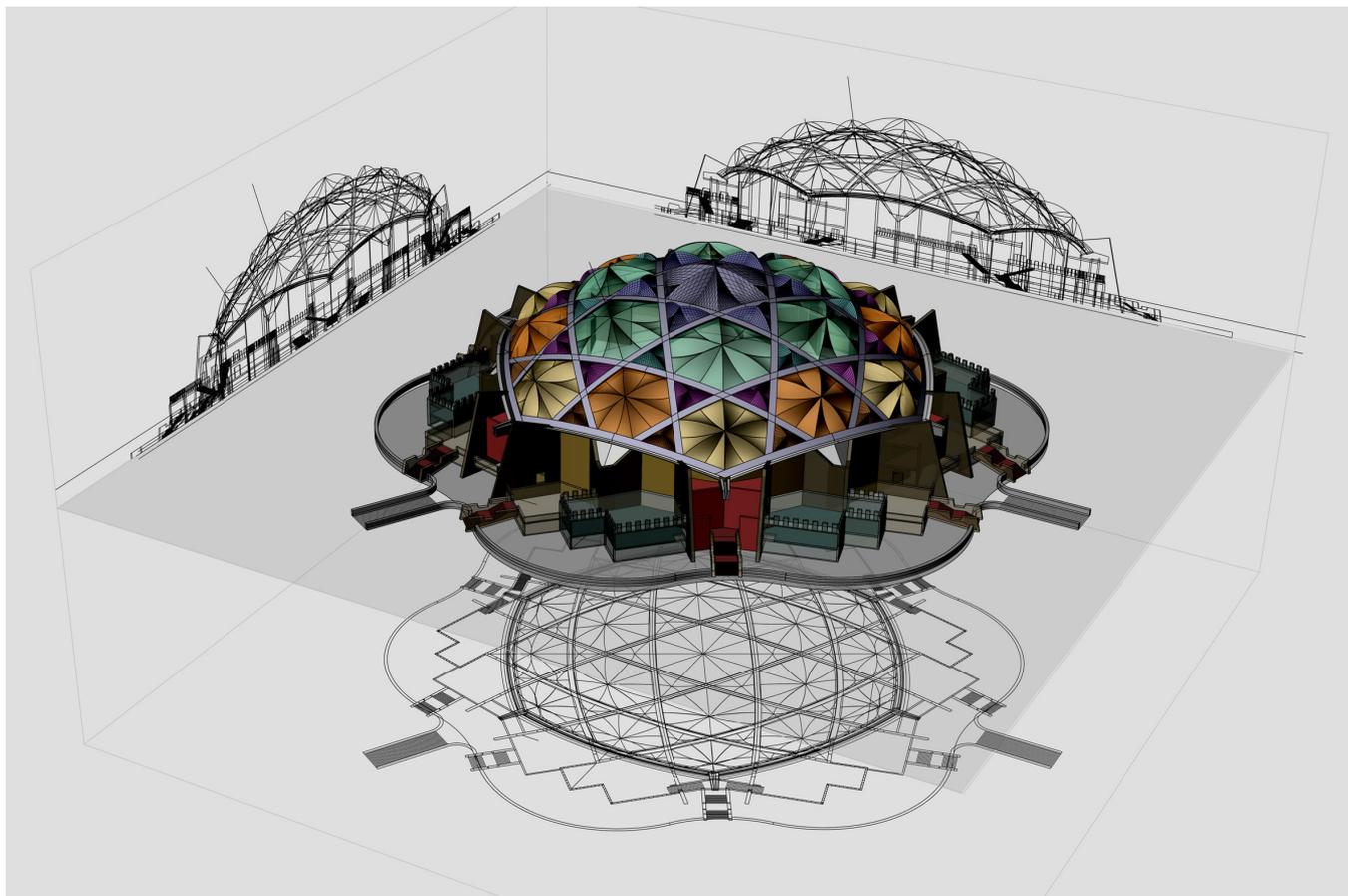
Para la realización del proyecto, Candela contó con la colaboración de los arquitectos Juan Antonio Tonda y José Ávila. A su vez, Emilio Pérez Piñero asesoró a Félix Candela por correspondencia. En estas cartas podemos leer decisiones y consejos escritos tanto por Candela como por Piñero para la realización de la cúpula que formaría el Palacio de los Deportes de Kuwait. La correspondencia se conserva en parte en el depósito de la Avery Library de la Universidad de Columbia (junto a la documentación que donó Candela), y en el depósito de la fundación Emilio Pérez Piñero en Calasparra (Murcia).

Se reproduce a continuación la conversación mantenida entre Candela y Piñero referente a la cúpula para el concurso de Kuwait, recogida por Carmen Pérez Almagro en la fundación Emilio Pérez Piñero (12):

[FIG. 07]. MAQUETA DEL CONJUNTO. PROPUESTA DE LA ASOCIACIÓN FORMADA POR WILSON, MORRIS, GRAIN Y ANDERSON. MARZO 1970, REVISTA ARCHITECTURAL DESIGN, PÁG. 134.

(11) El paraboloides hiperbólico se había convertido en el icono de Félix Candela. Sin embargo, en los proyectos de las cúpulas pierde su carácter estructural y pasa a ser un elemento expresivo.

(12) PÉREZ ALMAGRO, Carmen. Estudio y normalización de la colección museográfica y del archivo de la Fundación Emilio Pérez Piñero. Tesis doctoral. Murcia, 2013.



Emilio Pérez Piñero:

Los planos que te envío corresponden a dos cúpulas cuya directriz es en ambas un casquete esférico de flecha igual a  $\frac{1}{4}$  del diámetro de su base. Corresponden a una división de Frecuencia-21 (F-21) y Frecuencia-27 (F-27) respectivamente.

Con ellas puedes ver el efecto de una mayor o menor subdivisión en la superficie general [...]

[...] Creo, sin embargo, que esta desigualdad en el tamaño de los exágonos (13) puede aprovecharse estéticamente para quitar monotonía al conjunto de las pequeñas cúpulas que sobre ellos formes.

[...] Respecto de las marquesinas es muy importante fijar la forma general que hayan de tener. Fundamentalmente si el espacio que han de cubrir lo vas a hacer rectangular, en forma de corona (esférica o elíptica) o de media luna (esto resultaría por ejemplo si al campo de fútbol o la piscina le circunscribes un círculo y dispones los asientos en las dos medias lunas que se forman entre la zona deportiva y el perímetro. Quizás sea con esta solución con la que podría obtenerse soluciones más interesantes.

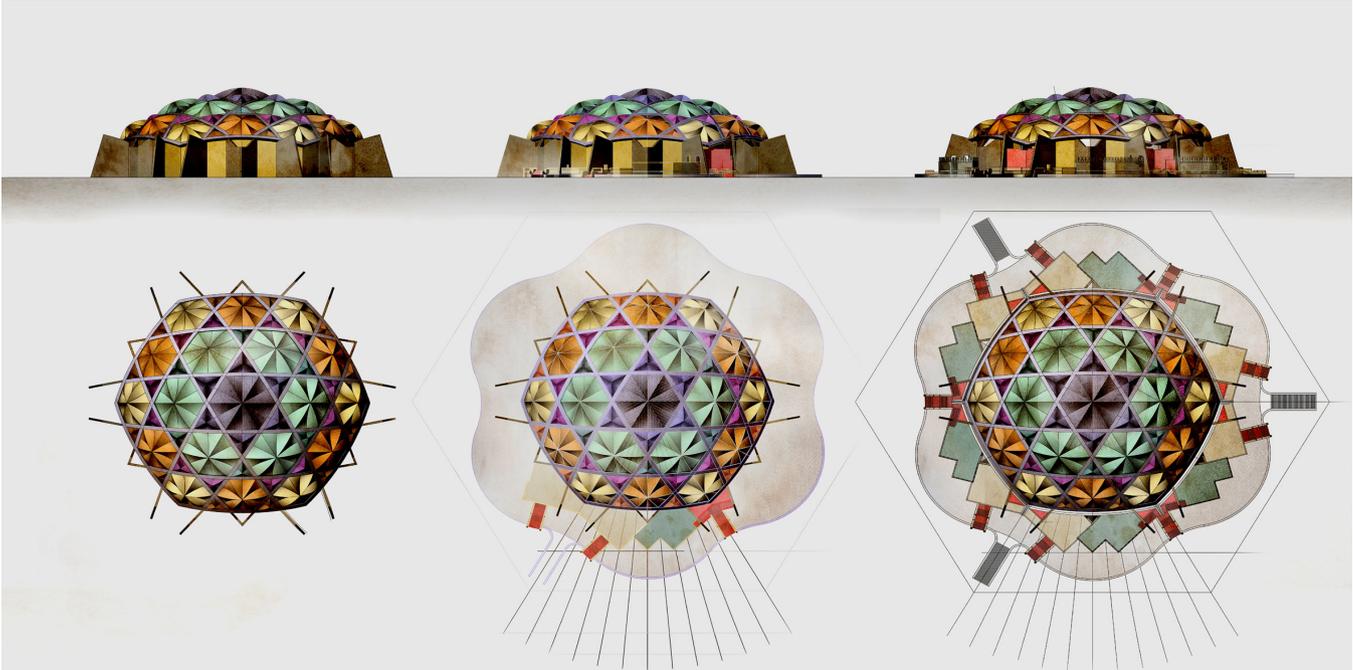
De cualquier modo creo que mientras no fijes la forma de la zona a cubrir por las marquesinas poco puede avanzarse en ellas.

Por ello espero que me envíes lo que sobre ello decidas, lo antes posible.

La respuesta de Candela:

[...] Tus planos llegaron cuando yo ya había empezado a trabajar en lo mismo, siguiendo tu sugerencia, y ya había aprendido alguno de los misterios

[FIG. 08]. RECONSTITUCIÓN GRÁFICA DE LA CÚPULA DE LAS INSTALACIONES DEPORTIVAS DE KUWAIT, PERSPECTIVA AXONOMÉTRICA Y ALZADOS. PROPUESTA DE FÉLIX CANDELA. [IMÁGENES DEL AUTOR].



del sistema [...] Tampoco me gusta hacer demasiadas cupulitas y prefiero que estas sean más grandes, aunque presenten algún problema estructural, en el cual podrías, quizás, entrar tú con tus fabricantes españoles. Pero tendrían que ser con tubo de aluminio, porque le tienen un miedo tremendo a la corrosión del hierro.

Ya te mandaré algún plano, cuando tenga la cosa más adelantada, puesto que estos días los he dedicado a hacer números, tratando de descubrir los trucos que tú te sabrás de memoria.

Aunque no he hecho nada del estadio, en principio he pensado en una planta como la que tú sugieres, con el perímetro circular y la pista oval, como la del estadio de la Ciudad Universitaria en México. De manera que, si se te ocurre algo para la cubierta, tus ideas serán bienvenidas [...]

Candela vuelve a escribir:

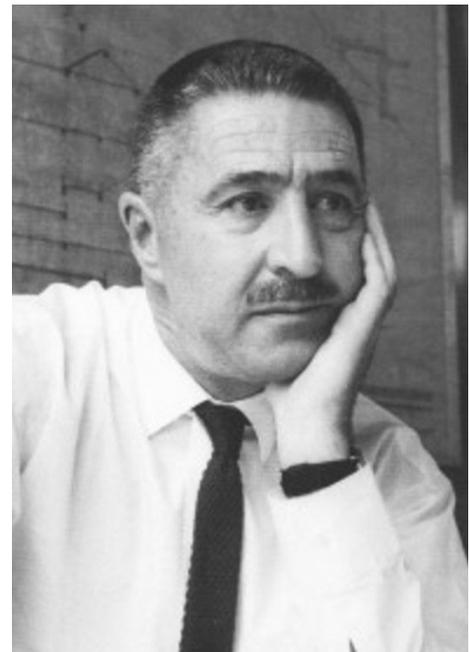
[...] Aproveché tus ideas para la cúpula del Palacio, modificando un poco las medidas como ya te dije. Pero lo hemos proyectado de hormigón, en lo que se refiere a los arcos principales. Quedan las cupulitas en las que quizás pudieras hacer algo, si es que ocurre el milagro de que ganemos [...].

La contestación de Piñero:

[...] Quiero, Félix, que termines el proyecto con absoluta libertad y con las ideas que consideres más adecuadas; lo que yo te he enviado, sólo debe ser un desbroce inicial en determinada dirección, tú debes: modificar, adaptar o eliminarlo totalmente si llegas a la conclusión de que así es adecuado. Lo importante es que ganes el concurso y a ello es a lo único que hay que tender. Ya te dije que hacía o repetía cualquier cosa y en ello cualquier interés personal por mi parte queda totalmente eliminado de antemano.

Realmente estamos (como dice Dorothy) muy lejos; yo poco puedo hacer. Estoy seguro que tú sabes ya muy bien en qué dirección yo me muevo con soltura; lo único que te pido es que me utilices con absoluta libertad y confianza (en esta ocasión o en cualquier otra). Tú tienes que ganar y

[FIG. 09]. RECONSTITUCIÓN GRÁFICA DE LA CÚPULA PARA LAS INSTALACIONES DEPORTIVAS DE KUWAIT, PLANTAS Y ALZADOS. ESQUEMAS. PROPUESTA DE FÉLIX CANDELA. [IMÁGENES DEL AUTOR].



EL ARQUITECTO ESPAÑOL FÉLIX CANDELA, 1910-1997.

[FIG. 10]. RECONSTITUCIÓN GRÁFICA, PERSPECTIVA AXONOMÉTRICA. ESTRUCTURA FORMADA POR ARCOS ESFÉRICOS Y CERRAMIENTO MEDIANTE FRAGMENTOS DE PARABOLOIDES HIPERBÓLICOS. PROPUESTA DE FÉLIX CANDELA. [IMÁGENES DEL AUTOR].



EL ARQUITECTO ESPAÑOL EMILIO PÉREZ PIÑERO, 1935-1972.

situarte en el indiscutible primer puesto, que gracias al enorme esfuerzo que vienes desarrollando desde hace muchos años, te tienes ganado.

[...] Como te decía en mi carta anterior te estaba preparando unas maquetas de las cuales te envío ahora unas fotos.

Te envío también unos dibujos sin escala de tres posibles soluciones de marquesinas para cubrir un espacio de corona circular-elíptica [...]

[...] Cualquier solución que elijas, de un modo o de otro, ya a una escala y con una flecha y una subdivisión determinada puedo dibujártela rápidamente y hacerte la maqueta, si me la envías [...].

Esto se resume muy sencillamente "que cuentas conmigo incondicionalmente".

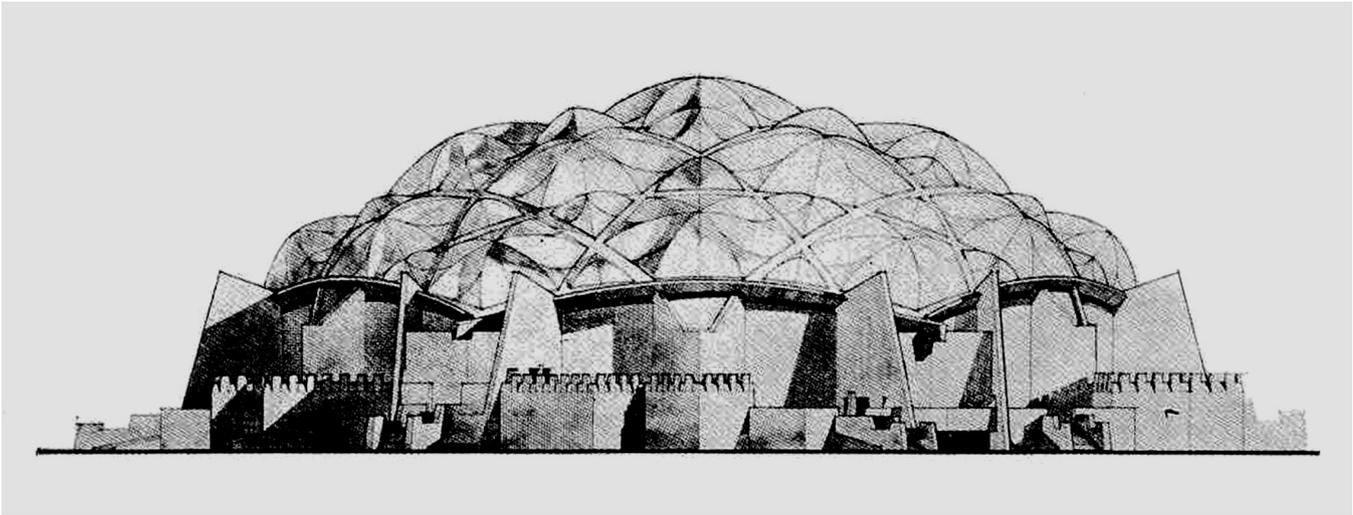
La contestación de Candela, fechada en el día 4 de agosto de 1970, siete meses después de la anterior carta:

[...] Se me olvidaba decirte que, siguiendo tu insinuación, he encontrado la manera de conservar constantes los ángulos de encuentro ( $90^\circ$  o  $60^\circ$ ) de unos arcos con otros en la esfera. Lo único que tienes que hacer es radiar todos los círculos desde el polo Sur. La prueba es muy sencilla, casi obvia. ¿A ver si la encuentras?

La correspondencia posterior entre ambos arquitectos se centra en la asociación que formarían Piñero y Candela con oficina en Madrid.

### La propuesta de Félix Candela

Al igual que sucedía con sus anteriores cúpulas, el Palacio de los Deportes de Kuwait que propone Candela está constituido por una estructura principal de arcos esféricos que salvan grandes luces, y un cerramiento de paraboloides hiperbólicos [Fig. 09].



Sin embargo, la solución geométrica que adopta Candela —así como los materiales y técnicas constructivas empleadas— difieren en gran medida del Palacio de los Deportes para las Olimpiadas de México.

Tal como escribe Félix Candela:

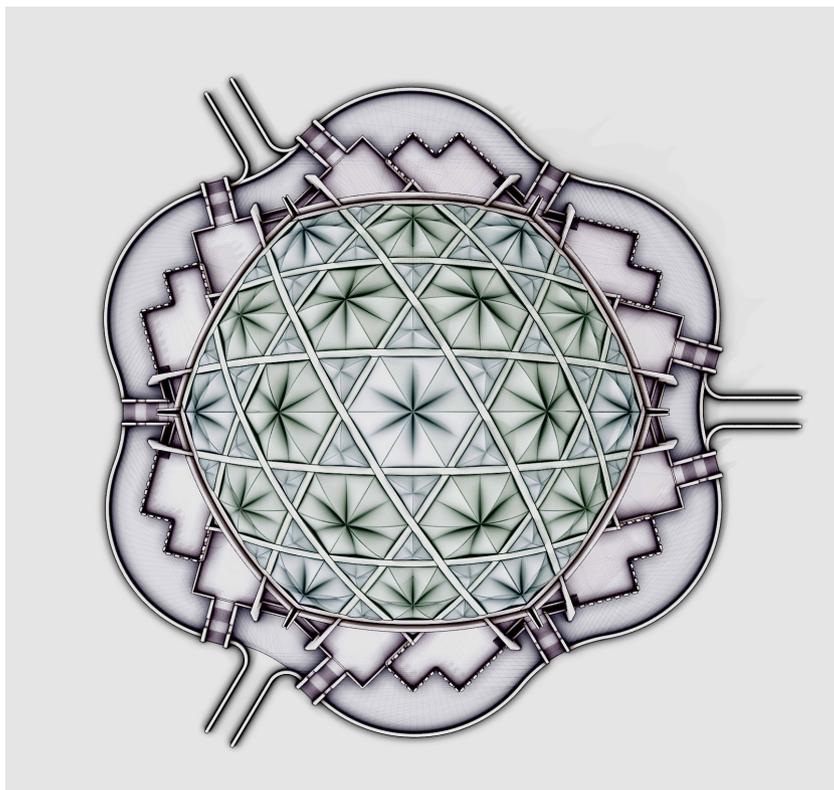
El elemento dominante (...) es la estructura de la cubierta [Fig. 10]. Una cúpula formada por tres sistemas de arcos de hormigón, huecos, siguiendo círculos máximos de la esfera y dando lugar a una sucesión de aberturas triangulares y hexagonales. Las aberturas se cubrirán por bóvedas prefabricadas, formadas por combinaciones de paraboloides hiperbólicos —actuando como membranas— y construidas con elementos en los que está incluido el aislamiento (14).

Conviene incidir en el aspecto de que la estructura de los arcos está realizada con hormigón, no se trata de una estructura metálica, como ha aparecido publicado en artículos acerca de este proyecto. La decisión de Candela de realizar la estructura con hormigón viene condicionada tras la ejecución del Palacio de los Deportes de México, en la que sí empleó una estructura metálica. Candela no quedó satisfecho con el diseño estructural de su primera y única cúpula construida de grandes dimensiones, ya que fue necesario calcular cada barra y nudo de manera independiente, algo que se oponía a lo que para él era una estructura bien diseñada [Fig. 11].

Para solventar este problema Candela tomó dos vías diferentes en sus cúpulas posteriores: cambiar el material estructural por hormigón y aumentar el tamaño de la subdivisión de la esfera generada por los arcos.

Para la segunda propuesta de las instalaciones deportivas de la universidad Brown, Candela aumentó el tamaño de las subdivisiones cuadradas en la esfera, evitando así el excesivo número de nudos y barras de diferentes dimensiones que se originaban. La propuesta para Kuwait plantea una geometría completamente diferente, basada en una retícula de hexágonos y triángulos con la que Pérez Piñero ya había experimentado [fig. 12].

[FIG. 11]. ALZADO DE LA CÚPULA. PROPUESTA DE FÉLIX CANDELA. REVISTA NACIONAL DE ARQUITECTURA, 1969. PÁG. 27.



[FIG. 12]. RECONSTITUCIÓN GRÁFICA, PLANTA FUGADA. MALLA HEXAGONAL. PROPUESTA DE FÉLIX CANDELA. IMÁGENES DEL AUTOR.

Miguel Seguí recoge otra carta de Piñero a Candela fechada en 1968: ...los planos que te envío corresponden a dos cúpulas cuya directriz es en ambas casquete esférico... la triangulación, que se ajusta a una retícula hexagonal (sin introducir pentágonos) se consigue con círculos máximos. Esto, unido a la gran flecha que tiene el casquete, hace que la variación de dimensiones entre las piezas hexagonales sea notable. Para lograr que las dimensiones de los hexágonos fuera más uniforme, habría que recurrir a disminuir la flecha o hacer una subdivisión a base de círculos menores... (Pérez Piñero, 1968) (15).

En esta ocasión el consejo de Piñero tiene más repercusión en los proyectos de Candela, ya que para la propuesta de Kuwait sigue la primera configuración de hexágonos con una variación notable en la dimensión de su tamaño, y para el proyecto del velódromo de Anoeta —que comenzará Piñero— se homogeniza la malla hexagonal.

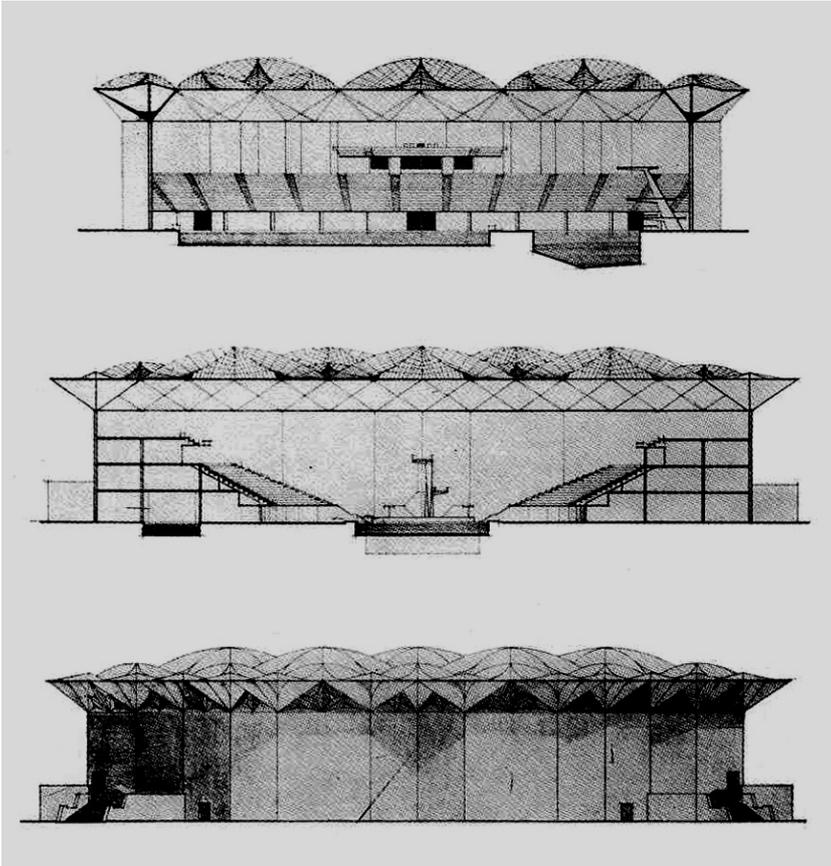
Al intersectarse los planos contenedores de los arcos en el centro de la esfera, todos ellos tendrán la misma curvatura aunque sean de diferente longitud, y permitirán cumplir las especificaciones que Candela hacía en la memoria: que los arcos puedan “hacerse con un solo molde (...) una estructura realista, fácil de calcular y construir” (16).

Esto no sería posible si los planos contenedores de los arcos se intersectaran en el polo sur de la esfera, como sugirió Pérez Piñero en sus primeras cartas, al generarse arcos con diferentes curvaturas y tamaños.

(13) Piñero escribía frecuentemente la palabra exágono sin ‘h’.

(14) CANDELA, Félix. 1969. “Proyecto de centro de deportes en Kuwait” *Revista Nacional de Arquitectura*, pp. 26-31. Madrid.

(15) PÉREZ PIÑERO, Emilio. Carta a Félix Candela. 26/11/1968.



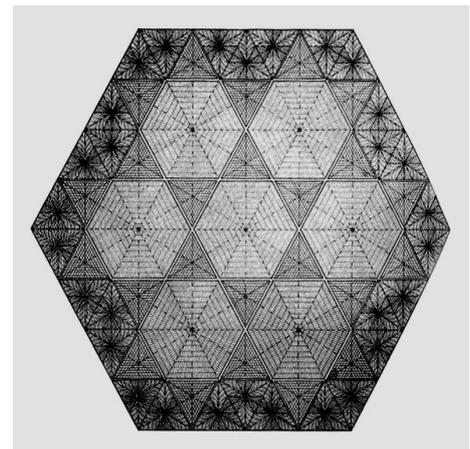
[FIG. 14]. ALZADO Y SECCIONES DE LA PISCINA. PROPUESTA DE FÉLIX CANDELA. REVISTA NACIONAL DE ARQUITECTURA, 1969. PÁG. 28.

El concurso para el Centro de Deportes de Kuwait presenta junto a la gran cúpula, una estructura plana para cubrir la piscina del recinto. La cubierta para la piscina estaría formada por los mismos módulos de cerramiento parabólico-hiperbólicos que empleó en la cúpula del Palacio de los Deportes, con la diferencia de que fueron desplegados sobre una cubierta plana en lugar de una cúpula [Fig. 13].

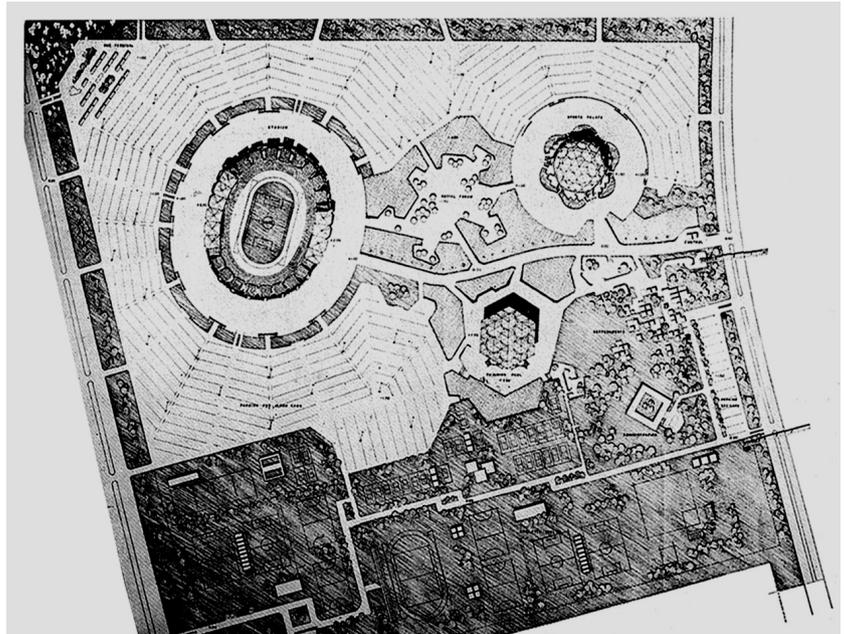
La cubierta está formada por una estructura plana de tubos de acero soportada en las columnas de los muros perimetrales. El bastidor da lugar a una malla triangular, sobre la que se disponen bóvedas hexagonales y triangulares prefabricadas, idénticas al palacio de deportes (17).

El perímetro de la cubierta se forma mediante la clásica estructura de paraguas invertidos popularizada por Félix Candela, que sirve a su vez como vertedero para las aguas de lluvia [Fig. 14].

El material empleado para los módulos de cerramiento es hormigón prefabricado —tal como especifica Candela en la memoria del proyecto—, al igual que sucedía con la cúpula. La gran diferencia entre la cubierta para la piscina y la estructura plana radica en el material empleado para la estructura principal. La cúpula está formada por arcos esféricos de hormigón huecos y postesados, mientras que la cubierta plana se genera a partir de tubos de acero.



[FIG. 13]. PLANTA DE CUBIERTAS DE LA PISCINA. PROPUESTA DE FÉLIX CANDELA. REVISTA NACIONAL DE ARQUITECTURA, 1969. PÁG. 28.



[FIG. 15]. MAQUETA DEL CONJUNTO. PROPUESTA DE FÉLIX CANDELA. MARZO 1970, REVISTA ARCHITECTURAL DESIGN, PÁG. 131.

La decisión se debe a la vinculación entre la geometría y el sistema constructivo que Candela defendía en su arquitectura. Todos los hexágonos y triángulos son idénticos y regulares al desarrollarse sobre un plano, mientras que en la cúpula se deforman para adaptarse a la curvatura de la cúpula. Como consecuencia, si la cúpula se realizara con una estructura de tubos metálicos, los nudos y barras serían de diferentes dimensiones, siendo necesario realizar su cálculo uno a uno, como ya pasó con el Palacio de los Deportes de México.

Al ser la cúpula el fragmento de una esfera y compartir los arcos el centro de la misma, todos los arcos tienen la misma curvatura, pudiendo realizarse como prefabricados usando los mismos moldes.

En el caso de la cubierta plana, se eliminan las variables de curvatura, y todas las barras tienen la misma longitud. La dimensión de los hexágonos se corresponde con seis triángulos equiláteros, por lo que todas las barras metálicas tendrían la misma longitud, lo que simplifica notablemente el cálculo estructural y proceso constructivo.

El 'stadium' queda fuera de la homogeneización con la que Candela dota a las dos instalaciones deportivas, aunque sigue manteniendo la lógica constructiva del conjunto. Así se realiza mediante "idénticas unidades de plataformas" (18), simplificando su construcción [Fig. 15].

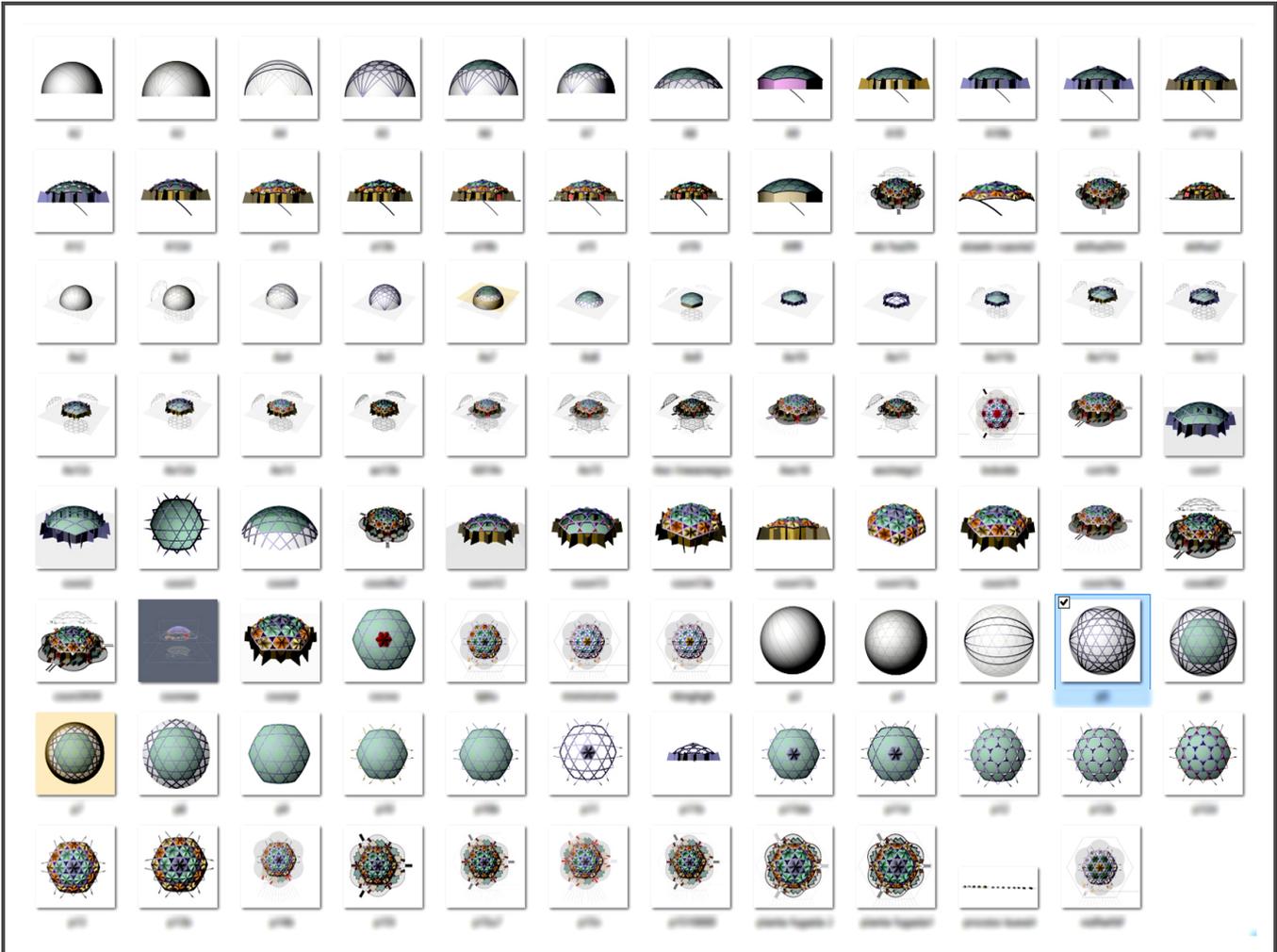
### Conclusiones

A pesar de no haber llegado a ejecutarse ninguna de las propuestas, el concurso para la Ciudad Deportiva de Kuwait supuso un acontecimiento de gran relevancia en la arquitectura de grandes instalaciones deportivas, así como en la trayectoria de los invitados al mismo. La participación y com-

(16) CANDELA, Félix. 1969. "Proyecto de centro de deportes en Kuwait" *Revista Nacional de Arquitectura*, pp. 26-31. Madrid.

(17) Ídem.

(18) Ídem.



petición directa entre cuatro de los estudios más relevantes de la época especializados en el diseño de estructuras fue un acontecimiento que rara vez había sucedido.

En el caso de Félix Candela, el proyecto sirvió como continuación a la nueva línea de grandes cúpulas con cerramiento parabólico-hiperbólico que había comenzado con el estadio Olímpico de México. La realización de la obra del Palacio de los Deportes de México, con su infinidad de diferentes nudos y barras, supuso una lección que Candela tendría en consideración. Más importante aún, afianzará la asociación con Emilio Pérez Piñero y tendrá su continuación en el proyecto para la cubierta del Velódromo de Anoeta, la última gran cúpula de Candela y Piñero.

En el caso de Frei Otto, las membranas diseñadas para cubrir las terrazas y el espacio a modo de 'oasis' son el antecedente directo del que será uno de sus proyectos más simbólicos, el estadio Olímpico de Munich. [Fig. 16]. ■

[FIG. 16]. ESQUEMAS DE LA GEOMETRÍA DE LA CÚPULA PROPUESTA POR FÉLIX CANDELA. IMÁGENES DEL AUTOR.