

## Ildefonso Sánchez del Río Pisón De la Bóveda a la Lámina (1924-1972)

Pepa Cassinello

En el año 1922 el joven ingeniero Ildefonso Sánchez del Río Pisón (1898-1980) se incorporó a la escena profesional. En 1924 fue nombrado ingeniero municipal del Ayuntamiento de Oviedo, cargo que ostentaría hasta el año 1940 (Sáenz Ridruejo 2011). En estos años realizó algunas de sus más ingeniosas cubiertas de hormigón armado, entre las que destacan sus famosos paraguas, el IV Depósito de aguas de Oviedo, y el Mercado de Pola de Siero.

Tal y como el propio Ildefonso Sánchez del Río Pisón manifestó en 1960 (Sánchez del Río 1960), tras 33 años de ejercicio de su profesión, uno de sus máximos deseos fue proyectar y construir grandes cubiertas de hormigón armado, involucrándose así en la aventura formal y tecnológica iniciada pocos años antes de su incorporación al mundo profesional. Sin embargo, aunque también manifestó, que en un principio no se había dedicado a construir cubiertas laminares, por considerar complejo su cálculo, posteriormente, durante sus últimos años, proyectó y construyó algunas innovadoras cubiertas laminares de hormigón armado, como el paraguas invertido de Pola de Siero, de 40 metros de diámetro y 3,5 cm de espesor, y la que sin duda fue su gran obra, el Palacio de Deportes de Oviedo, cuya luz de vano alcanzó 100m (1961-1975).

A este respecto es importante tener presente que en la década de los años 20, cuando Ildefonso Sánchez del Río Pisón proyectó sus primeras cubiertas de hormigón armado, fue precisamente cuando nacieron las *Thin Concrete Shells*, que en un principio

fueron proyectadas y construidas por un reducido número de ingenieros relacionados, y en su mayoría formados, por la empresa alemana Dyckerhoff and Widman, que fue la indudable protagonista del inicio de la «Aventura Laminar de la Arquitectura Moderna». Entre muchos de ellos se encontraban; Franz Dischinger su ingeniero jefe y autor de la reconocida como primera estructura laminar (Jena 1925), (Kurrer 2008) Wilhelm Flügge (1904-1990), que en 1934 publicó el primer texto sobre la teoría de las estructuras laminares *Statik und Dynamik der Schalen*, que fue traducido al inglés en 1960 bajo el título *Stresses in Shell*, y que durante más de veinte años fue referencia obligada para el diseño estructural de las Thin Concrete Shells. Desde el inicio de la década de los años 30, Eduardo Torroja se incorporó al desarrollo, no solo del método científico de ensayos sobre modelos reducidos, sino también al del hormigón armado y pretensado, así como al proyecto y construcción de innovadoras e icónicas estructuras laminares, convirtiéndose en uno de sus más relevantes protagonistas (Cassinello 2008). Pero la complejidad de los sistemas primitivos de cálculo y la falta de experiencia proyectual y constructiva de aquellos momentos, ponen de manifiesto la enorme dificultad que existía para acceder al incipiente conocimiento técnico de las recién nacidas estructuras laminares, no solo para Sánchez del Río, sino para la mayor parte de los ingenieros y arquitectos ávidos de este conocimiento. Por esta razón, en 1924, Sánchez del Río Pisón buscó su propio e innovador método para pro-

yectar, dimensionar y construir grandes cubiertas de hormigón armado, basándose en experiencias anteriores a la aparición de las *Thin Concrete Shells* (Cassinello 2010).

## EL MÉTODO Y LA FORMA

Uno de los primeros encargos que Ildefonso Sánchez del Río Pisón recibió del Ayuntamiento Oviedo, durante la década de los años veinte, fue diseñar un prototipo de lavadero público, que sería construido en diferentes localidades, y que tenía que estar cubierto para proteger a las lavanderas de las frecuentes lluvias de la zona. Como propuesta innovadora y necesariamente económica, Ildefonso Sánchez del Río proyectó un lavadero de planta circular cubierto por un paraguas de hormigón armado situado en su centro.

En el proyecto de esta pequeña cubierta, Ildefonso Sánchez del Río Pisón encontró su específico método de diseño, el mismo que aplicó en la mayor parte de las cubiertas que proyectó y construyó durante más de 30 años. El método consistía en seleccionar una «forma geométrica» adecuada que fuera susceptible de ser generada por una superficie formada por dos elementos; un entramado espacial de nervaduras (lineales o curvas), que eran ejecutadas en hormigón armado, y unos elementos autoportantes apoyados en ellas, que contarán con gran rigidez y poco peso, para poder optimizar su funcionamiento estructural, proceso de ejecución y coste. En todas sus cubiertas el entramado de nervaduras fue ejecutado, en efecto, con hormigón armado in situ, mientras que en la ejecución de los elementos utilizó soluciones muy diferentes, desde piezas prefabricadas de Uralita, losas de hormigón armado in situ, y patentes propias de piezas cerámicas, que fueron fabricadas en su empresa Río Cerámica (González 2011).

En base a este método, Ildefonso Sánchez del Río Pisón, proyectó su primera cubierta de hormigón armado a modo de paraguas. Partiendo de la geometría de un cono muy rebajado, ubicó su apoyo en un pilar central dotando de capitel de transición del que parten, de manera radial, un conjunto de nervaduras de canto, arriostadas entre sí por un anillo que acortando su vuelo efectivo, optimiza el funcionamiento estructural del conjunto. Sobre estas nervaduras radiales, ejecutadas in situ con hormigón armado, apoya grandes piezas curvas de Uralita de 1 cm de espesor,

colocadas a modo de tejas solapadas y sujetas con tornillos. Se trata de un esqueleto estructural de elementos lineales de hormigón armado, cuyas secciones resistentes se optimizan, no solo por la específica disposición de nervaduras y zunchos, sino por el hecho de estar cubierto por delgadas piezas de escaso peso propio, que semejan la tela de un paraguas. Su forma ondulada y fuertemente nervada aporta rigidez al conjunto garantizando su estabilidad.

El pilar se dimensiona con sección hexagonal para darle continuidad con el capitel de transición del que parten las nervaduras, ya que de haber sido cilíndrico también lo hubiera tenido que serlo el pilar, hecho que en aquellos momentos hubiera elevado, en mayor o menor medida, el coste de su encofrado. Las piezas prefabricadas de Uralita, sin duda fueron fabricadas específicamente para el prototipo de paraguas diseñado por Sánchez del Río, ya que estas se adaptan a su específica geometría, que demanda, en este caso, tres tipos de piezas diferentes, que van disminuyendo de tamaño a medida que su posición se acerca al centro del paraguas. Pese a tratarse de piezas de fabricación especial, la ejecución in situ de estos elementos laminares curvos con hormigón armado, hubiera supuesto un artesanal y laborioso encofrado, que sin duda hubiera restado racionalidad al proceso de construcción del prototipo, y elevado su coste. Este prototipo de lavadero cubierto dotado de marquesina a modo de paraguas de hormigón armado, se construyó en varias localidades asturianas, durante los años veinte y treinta, entre ellas en Olloniego y Oviedo (Paraguas de la Corredoria) (Fig. 1).

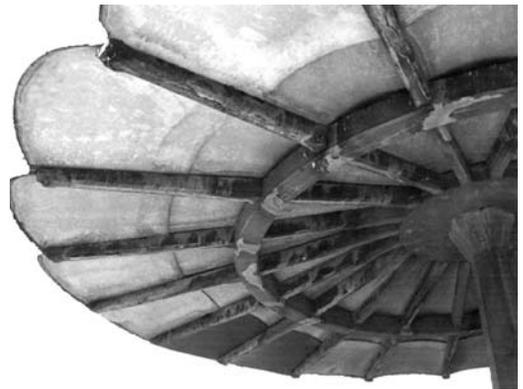


Figura 1  
Paraguas de La Corredoria. Oviedo (Cassinello 2011)

El diámetro de los primeros paraguas de hormigón armado fue de 8 metros, pero posteriormente construyó otros de mayor tamaño, manteniendo el mismo esqueleto estructural, en el que tan solo añadía un nuevo zuncho circular concéntrico, como es el caso del famoso paraguas de la Leche de Oviedo, de diámetro 15,00 metros, que cuenta con dos zunchos concéntricos (Sánchez del Río 1931). Este paraguas fue proyectado para cobijar a las vendedoras de leche. Actualmente la plaza donde se ubica este paraguas es conocida como «La Plaza del Paraguas» (Revuelta 2011).

Sánchez del Río construyó también paraguas de diferentes geometrías, asimétricos e invertidos, generando una amplia gama de diferentes maneras de cubrir espacios arquitectónicos con este tipo de elementos. Entre ellos destaca el paraguas asimétrico que proyectó como cubierta del Quiosco de Música de Ciaño (Langreo). En este caso, por tratarse de un pequeño elemento singular, Sánchez del Río proyecta un paraguas muy diferente a sus anteriores prototipos. Se trata de un ingenioso paraguas excéntrico, de planta semejante a una concha de peregrino, colgado de un pilar circular de sección variable, con un pequeño capitel circular, del que parten 10 nervaduras en disposición simétrica respecto de la línea de máximo vuelo, existiendo 5 longitudes diferentes de nervaduras. La manera en la que equilibra el vuelo de 7,00 m es aligerando el peso propio de la superficie en su

zona de mayor vuelo, razón por la cual ejecuta entre sus nervaduras un forjado unidireccional de bovedillas cerámicas, y sin embargo, en la zona de menor vuelo (2,50m), la ejecuta mediante losa maciza de hormigón armado, a la que añade una masa pesada en su borde trasero, con el fin de que sirva de contrapeso (Fig. 2). El pilar circular emerge del extradós para colgar de él la cubierta, operación que se realiza mediante la colocación de un aro de acero fundido alrededor del pilar, al cual se sueldan los tirantes. Esta peculiar y pequeña cubierta, proyectada con indudable ingenio, concilia el lenguaje resistente con su concepción espacial formal, percibiéndose en el paisaje como un rastro de la incipiente Modernidad española.

Pero fue en sus proyectos de depósitos de agua en los que Sánchez del Río inició su particular camino hacia la conquista de la construcción de cubiertas de hormigón armado de grandes luces.

El IV Depósito de aguas de Oviedo (1926-1928), de 10.00 m<sup>3</sup> de capacidad, fue en efecto donde Sánchez del Río, aplicando el mismo método proyectual que en sus primeras cubiertas «paraguas», definió un tipo innovador de esqueleto estructural de cubierta espacial de hormigón armado, económicamente competitivo frente a las alternativas existentes en aquellos momentos, debido a que lo desarrolló intrínsecamente unido a la racionalización de su proceso de construcción. El método de diseño consistía, tal y como ya he referido anteriormente, en la adecuada



Figura 2  
Paraguas del Quiosco de Música de Ciaño (Cassinello 2011)

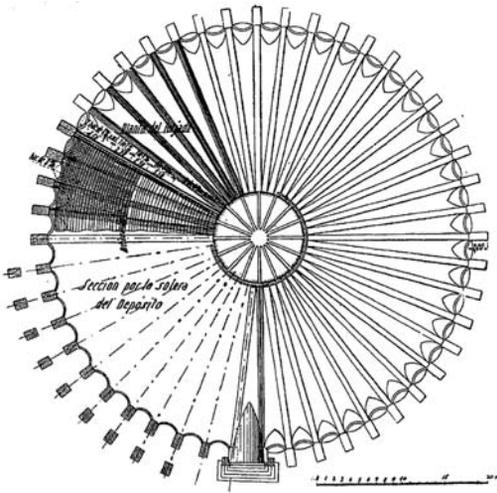


Figura 3  
Planta del IV Depósito de Oviedo (Cassinello 2011)

elección de la forma geométrica de la cubierta espacial, que debía permitir su generación mediante un esqueleto de potentes nervaduras autoportantes. (Ribera 1936)

La cubierta del IV Depósito de Aguas de Oviedo se levanta sobre una planta circular de 50 metros de diámetro. Su forma geométrica es tórica, y en su centro se levanta un cilindro de 10 metros de diámetro, a modo de linterna, cubierto por una pequeña cúpula esférica nervada, que alberga la cámara de llaves (Fig 3). En la parte superior del cilindro central se ejecuta el anillo resistente, que trabajando a compresión simple, alberga el arranque de los 48 nervios radiales de la cubierta tórica, que cuentan así con una luz libre de vano de 20 metros, y que apoyan en su otro extremo en los contrafuertes pétreos dispuesto en todo el borde del depósito. Cada nervadura tiene un ancho de 60 cm, de tal manera que el total del ancho de los 48 nervios, coincide prácticamente con la longitud del perímetro exterior del anillo resistente. De esta manera, la superficie tórica, en casi su 50%, esta formada por el ancho de los 48 nervios, y los espacios triangulares, que quedan entre ellos, se cubren con pequeños plementos, ejecutados como finas losas de hormigón armado, cuyo lado mayor alcanza tan solo 2,60 metros. Esta específica geometría y configuración constructiva generan una cubierta

fuertemente nervada, de sencillo proceso de construcción y cálculo estructural. En efecto, tal y como explicó Sanchez del Río, dotó a los nervios de la forma geométrica del antifunicular de su carga, una parábola cúbica que resolvió utilizando métodos gráficos. (Sánchez del Río 1928)

Cada una de las 48 nervaduras en arco cuentan con un espesor de 15 cm en su clave y 20 cm en sus arranques, incrementándose considerablemente el espesor en el arranque del contrafuerte pétreo, donde adquiere una sección prismática, que se ejecuta con su cara extrema inclinada, de manera que resulte perpendicular a la dirección de la resultante. Los arcos se articularon en su clave, y las losas de hormigón armado que cubren los espacios existentes entre las nervaduras, se realizaron colgadas de estas, apareciendo así el canto de las nervaduras en el extradós, cuya continuidad espacial permitía la racionalización de la ejecución de la cubierta, mediante la utilización de un encofrado continuo. El borde del depósito queda definido por la secuencia continua de los contrafuertes pétreos, que sobresalen del perímetro del vaso del depósito propiamente dicho, que es coronado por unas viseras de hormigón armado a modo de lunetos cilíndricos, que cubren las pequeñas ventanas de iluminación natural y ventilación. Un elemento de borde, que cada vez cobraría mayor importancia en la composición formal y estructural de sus cubiertas (Fig. 4)

El esqueleto estructural del conjunto de la cubierta se percibe desde el exterior de manera rotunda y clara, no solo por la secuencia circular de sus potentes contrafuertes pétreos, sino también a través de la manifiesta presencia de las nervaduras de canto invertido. Una ingeniosa cubierta de 20 metros de luz de vano libre, dimensionada fundamentalmente, frente al equilibrio de las fuerzas actuantes, y ejecutada, a la manera medieval, mediante la construcción secuencial de dos sectores opuestos para garantizar la estabilidad del conjunto durante su construcción, sin necesidad de apuntalamientos. Para ello, Sánchez del Río diseñó una cimbra giratoria alrededor de la cámara de llaves, sistema que utilizó para la construcción de diferentes depósitos, como el de Pola de Siero (Fig 5). En la construcción de estos depósitos se utilizaron dos cimbras móviles, colocadas en todo momento de forma diametralmente opuestas. El conjunto de ambas cimbras cubría una superficie de de



Figura 4  
Planta del IV Depósito de Oviedo (Cassinello 2011)

un doceavo del total de la cubierta, razón por la cual se concluyó su construcción en doce secuencias. (Sánchez del Río 1942)

#### DE LA BÓVEDA A LA LÁMINA

Desde el inicio de la década de los años cuarenta, tras la finalización de la Guerra Civil española en 1939, el diseño del esqueleto estructural de las cu-

biertas de Ildefonso Sánchez del Río empezó a cambiar. La potente imagen del conjunto de nervaduras de canto invertido, que caracterizaban el extradós de sus depósitos de agua, fue sustituida por superficies de extradós continuo, en las que las nervaduras quedaban generalmente embutidas en el canto, o manifiestas en los pliegues u ondulaciones del intradós.

Se trataba de superficies mixtas ejecutadas con piezas cerámicas aligeradas y hormigón armado. En un principio, utilizó piezas aligeradas realizadas con hormigón, a modo de bovedillas, que se integraban en los diferentes tipos de forjados de piso y plementos de cubiertas abovedadas, quedando embutidas las nervaduras de hormigón armado en el canto total del forjado o de la cubierta. Con este nuevo sistema nervado, pero de canto uniforme, construyó forjados de vanos libres de hasta 20 metros de luz, así como cubiertas de cañón de directriz parabólica de 25 metros de luz, con un canto de 20 cm. Este cambio presentaba las ventajas constructivas de minimizar la necesidad de encofrados, así como de aportar aislamiento térmico y acústico, debido a la cámara de aire contenida en las piezas prefabricadas. Poco tiempo después, debido a su mayor ligereza, características físicas específicas, y tradición española, Sánchez del Río sustituyó estas piezas prefabricadas de hormigón armado por piezas cerámicas, que representaban un más fácil manejo en obra, así como una perfecta ad-

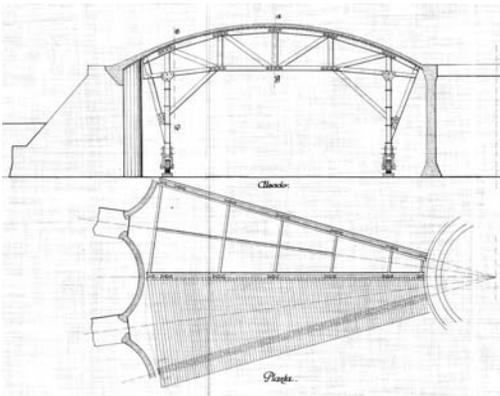


Figura 5  
Cimbra giratoria. Depósito de Pola de Siero 1928 (Cassinello 2011)

herencia con el hormigón armado vertido in situ, garantizando la adecuada transmisión de esfuerzos.

A partir de este momento, el diseño de nuevas patentes de piezas cerámicas ligeras se convirtió en uno de los principales objetivos de Sánchez del Río, porque de la forma geométrica y características de esa pequeña pieza dependían, en gran medida, las posibilidades de evolucionar sus tipos de forjados, y fundamentalmente, sus cubiertas abovedadas. No conforme con ocuparse del diseño de estas piezas cerámicas, en el año 1942 Sánchez del Río montó su propia fábrica, "Río Cerámica", para poder producir sus patentes. Convertido en diseñador y fabricante, fue libre para marcar su propio camino de evolución y desarrolló, que en referencia a las cubiertas abovedadas tenía un claro objetivo, el de convertirse en estructuras laminares de grandes luces, aligeradas con piezas cerámicas. (Sánchez del Río 1959).

Tras una incansable búsqueda del método y la forma de construir cubiertas ligeras de grandes luces, Ildefonso Sánchez del Río, al igual que hiciera muchos años antes Freyssinet en sus Hangares de Orly (1923), y tal y como estaban haciendo gran parte de los más destacados maestros de las estructuras laminares, como Pier Luigi Nervi o Eduardo Torroja, introdujo la «ondulación» en la superficie de sus cubiertas, geometría que le dio la clave para dotarlas de mayor rigidez de forma frente a pandeo, permitiéndole incrementar su luz de vano. Unido a este importante cambio de «forma geométrica», Sánchez del Río desarrolló nuevas piezas aligeradas cerámicas (dovela-onda) (Fig.6), y diseñó un nuevo sistema de

construcción para sus cubiertas onduladas (Sánchez del Río 1960). Las proyectó, fundamentalmente, como cañones cilíndricos de directrices generalmente parabólicas. Estos cañones cilíndricos estaban formados por la secuencia continua de «arcos onda», que generaban la superficie ondulada total de la cubierta. Cada «arco onda», al igual que un arco de dovelas de piedra, estaba formado por, las que él denominó, «dovelas onda», que eran fabricadas en el suelo, a pie de obra, con pequeñas piezas cerámicas, y posteriormente izadas mediante grúa a su posición definitiva sobre las cimbras de la cubierta. Sistema constructivo muy similar al utilizado años antes por Pier Luigi Nervi en la mayor parte de sus cubiertas laminares, como en la Sala de Exposiciones del Hall de Turín. Nervi (1948-1949), con la diferencia fundamental, no solo de su específica geometría, sino de que las piezas diseñadas por Nervi estaban ejecutadas con hormigón armado, y no con piezas cerámicas aligeradas.

Unas de las primeras cubiertas onduladas construidas por Sánchez del Río fueron la del el Garaje Renault en Oviedo de 22 metros de luz de vano libre, y las de F.E..F.A.S.A en Miranda de Ebro, que alcanzaron 30 metros de luz de vano y longitudes de 72 y 120 metros. Durante la prolifera construcción de este tipo de cubiertas onduladas, Sánchez del Río realizó, fue incrementando paulatinamente la luz de vano de sus arcos-onda, y al final de este primer periodo alcanzaron los 35 metros, en la nave construida para Río Cerámica en Madrid (Fig. 38), así como en el Almacén de Azúcar en Palencia.

La culminación de las cubiertas onduladas de Sánchez del Río fue sin duda la del Palacio de Deportes de Oviedo (1961-1975) (Fig. 7). Se trata de una cubierta cilíndrica de cañón corrido, que esta formada por tres láminas de directriz parabólica, onduladas y biarticuladas. La lámina central esta formada por 8 arcos-onda de 7 metros de ancho y 100 metros de luz, que cubre la gran sala de deportes y las tribunas, y las dos láminas laterales, y simétricas, que están formadas por 2 arcos-onda de 7 metros de ancho y 90 metros de luz, articuladas en sus arranques y continuas en su clave (Calavera 2011). La cubierta cubre una planta sensiblemente cuadrada de 100 × 100 metros de lado, sin apoyos intermedios, dotada de luz natural a través de los lucernarios verticales generados entre la lámina central y las dos laterales, debido a sus diferentes alturas.

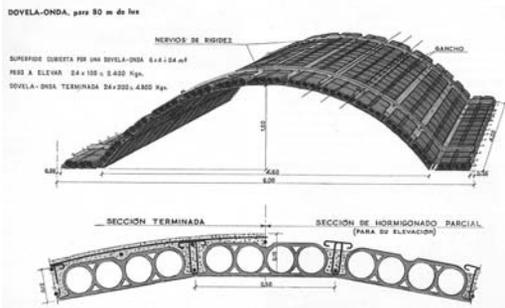


Figura 6  
Dovela-Onda para Arcos-Onda de 80 metros de luz (Cassinello 2011)



Figura 7  
Palacio de los Deportes de Oviedo. (Cassinello 2011)

Los arcos-onda arrancan sobre la cabeza de los contrafuertes de hormigón armado, a una cota de unos 3 metros sobre el nivel del suelo, y su trazado parabólico es sensiblemente coincidente con el anti-funcular de las cargas. Los contrafuertes de hormigón armado adoptan la inclinación de la resultante, y sobre ellos, en su encuentro con el suelo, al igual que hizo en el Mercado de Pola de Siero (1929), Sánchez del Río incrementa el peso contribuyendo, de alguna manera, a centrar la resultante, mediante la inclusión de un pilar en el que apoya la marquesina de borde (Fig. 7). Esta marquesina no produce empujes por desarrollarse sobre un plano horizontal, y no forma parte del arco-onda, aunque cuenta con su mismo ancho de 7 metros, dándole continuidad visual a la modulada percepción del conjunto de la cubierta. Una original versión de la función estructural de los pináculos pétreos de las Catedrales Góticas. Por otra parte, este pilar que soporta el peso de la marquesina, cumple también la función de albergar la bajante de las aguas pluviales de la cubierta. Una interesante solución, realizada por Sánchez del Río, mediante un pilar circular de hormigón armado que es hueco, y en cuyo interior coloca un tubo de fibrocemento que conecta directamente con las arquetas de la red de saneamiento del edificio (Sánchez del Río 1977).

La cimentación esta formada por zapatas de hormigón armado, que fueron proyectadas de tal manera que la resultante de 250 t, de cada arco-onda, pasara por su centro de gravedad, y debido a la mala calidad del terreno de cimentación, que son arcillas blandas, fue necesaria la realización de un pilotaje, que se ejecutó hasta una profundidad de 20 metros, y con una

inclinación de 25°, para compensar la componente horizontal de la resultante (empuje). Estas específicas características del terreno, muy susceptible a sufrir asentamientos, fueron también las que hicieron a Sánchez del Río adoptar la solución de articular los arcos-onda en sus arranques y darle continuidad en su clave, dado que las articulaciones transmiten la carga resultante con menores perturbaciones. (Cassinello 2011)

La construcción del Palacio de los Deportes de Oviedo, al igual que la del resto de las cubiertas onduladas de Sánchez del Río, se inició con la ejecución de la cimentación, seguida de los contrafuertes y piezas «apoyo-onda» ejecutadas también en hormigón armado. Los esbeltos contrafuertes inclinados cobraron un especial protagonismo a través de las articulaciones ubicadas en los arranques de los arcos-ondas, dado que Sánchez del Río decidió dejarlos a la vista cubriéndolos con piezas de vidrio transparente (Manterola 2011). Una imagen que formó parte de las seleccionadas por Ildefonso Sánchez del Río y el arquitecto autor del proyecto, Florencio Muñoz Uribe, para difundir el nuevo espacio diseñado para Oviedo. Seguidamente se colocaban las cimbras de apoyo de los arcos-onda, y se iban izando y colocando sobre ellas las diferentes dovelas-onda de cada arco-onda, de manera similar a la que, muchos años antes, hiciera Pier Luigi Nervi (Nervi 1957) con sus piezas modulares de hormigón armado, prefabricadas también a pie de obra, sistema que utilizó en la cons-



Figura 8  
Apoyo onda. Palacio de los Deportes de Oviedo (Cassinello 2011)

trucción de la mayor parte de sus grandes cubiertas laminares onduladas, como la del Hall principal de Exposiciones de Turín (1948-1949). Es curioso observar como se optimiza el proceso de construcción, no solo a través del uso de las dovela-onda, que evitan el uso de laboriosos y costosos encofrados de madera, sino que además se optimiza la necesidad de contar con numerosos los medios auxiliares. Los contrafuertes de la cubierta, ahora convertidos en esbeltas tornapuntas de hormigón armado, sirven de base para colocar las escaleras de acceso para proceder al hormigonado y descimbrado de los arcos-onda.

### PARAGUAS LAMINARES

Los paraguas de hormigón armado de Ildefonso Sánchez del Río, nacieron en la década de los años veinte como estructuras de entramados de vigas, y en la década de los años setenta se convirtieron en esbeltas «estructuras laminares», superando no solo sus primitivos tamaños (de 8 a 16 metros), sino también el tamaño de todos los paraguas de hormigón armado anteriormente construidos, incluidos los realizados por Giorgio Baroni en Italia en la década de los años treinta, o los innumerables paraguas construidos por Félix Candela en México en las décadas de los años 50 y 60 con su empresa «Cubiertas Ala» (Cassinello 2010). Aunque es importante tener presente, que bajo la misma denominación de «paraguas», se trata de estructuras laminares muy diferentes en cuanto a su forma resistente se refiere. En efecto, los paraguas de Giorgi Baroni respondían a geometrías piramidales de base cuadrada, que a modo de arquetas estaban formadas por nervaduras en sus bordes y medios, la misma geometría referida por Aïmond, pero invertida, y los famosos paraguas de Félix Candela estaban formados por la macla espacial de cuatro fragmentos de paraboloides hiperbólicos. Ninguno de ellos sobrepasó el tamaño de 30 metros de diámetro, mientras que Sánchez del Río construyó uno de 40 metros en el Mercado de Pola de Siero, con tan solo 3,5 cm de espesor, superando también la esbeltez máxima alcanzada. Aunque con independencia del tamaño de sus paraguas laminares, es un hecho que Félix Candela fue el protagonista, a nivel internacional, del desarrollo de este tipo de cubiertas y de otros muchos tipos laminares, que generalmente generó mediante

la utilización de paraboloides hiperbólicos, por las ventajas estructurales y constructivas que esta geometría reglada y de doble curvatura aporta la forma resistente de la lámina.

En el Mercado de Pola de Siero, Sánchez del Río proyectó, en el año 1971, un conjunto de varios paraguas de hormigón armado, de tamaños y geometrías diferentes, que construyó en 1972. La construcción de este proyecto se convirtió, de alguna manera, en el centro experimental de las primeras estructuras laminares construidas por Ildefonso Sánchez del Río utilizando tan solo hormigón armado.

El paraguas de mayor tamaño cuenta con un diámetro de 40 metros. Se trata de un paraguas invertido apoyado en un pilar central de diámetro 0,55 metros. Según los planos originales del proyecto inicial, consultados en el archivo familiar de Sánchez del Río, cada uno de los 8 nervaduras de hormigón armado parten del capitel central del pilar, que cuenta además con una cabeza de 4 metros de diámetro. Estas nervaduras son sección cuadrada variable. En su extremo en voladizo cuentan con una sección de 25 x 25 cm, y adquieren una sección de 55 x 55 cm al penetrar en la cabeza de 4 metros de diámetro del capitel del pilar, que esta embutida en la superficie laminar. En la sección media de estas nervaduras se cuelga una lámina de hormigón armado de tan solo 3,5 cm de espesor, que une cada dos nervaduras consecutivas, generándose así la superficie total de la cubierta laminar.

Otra de las diferencias fundamentales que existen entre los paraguas de Sánchez del Río y los de Félix Candela, es que cuentan con nervaduras de canto, mientras que Félix Candela las nervaduras están embutidas en el espesor de la lámina generando superficies espaciales continuas. Pero es importante resal-



Figura 9  
Extradós. Paraguas Octogonal de 40 m de diámetro (Cassinello 2011)

tar que no se trata únicamente de una diferente imagen, porque esta responde a toda una filosofía de diseño estructural diferente entre ambos autores. Tal y como ya hemos analizado, Sánchez del Río, al igual que en todas sus cubiertas, parte del diseño de las nervaduras, haciéndolas protagonistas indudables de la generación de la «forma». Como hemos visto, es de las nervaduras de las que cuelga los diferentes elementos laminares de hormigón armado que cierran la superficie. Las nervaduras fragmentan la superficie de las cubiertas laminares de Sánchez del Río, mientras que Félix Candela basó precisamente su método de diseño estructural en la eliminación de nervaduras y zunchos de canto, proyectando superficies continuas de doble curvatura. Lo que si es coincidente en ambos autores es el hecho de que cada paraguas es un módulo independiente, estable por sí mismo, sin la necesidad de ser arriostrado por los adyacentes.

La geometría de los paños laminares colgados responde a sectores circulares cuya curvatura permitió que el encofrado se ejecutara a tabla corrida según arcos muy rebajados, fáciles de colocar debido a la flexibilidad de la madera utilizada, aunque sin duda de menor facilidad de ejecución y replanteo que los encofrados de tablas de madera de los paraguas de hormigón armado construidos en la década de los años 50 por Félix Candela en México, ya que se trataba de la macla espacial de paraboloides hiperbólicos, que por ser superficies regladas permiten encofrados de tablas rectas siguiendo sus generatrices.

Las dos últimas obras de Sánchez del Río —El Palacio de los Deportes de Oviedo y Los Paraguas del Mercado de Pola de Siero— culminaron su máximo anhelo, «la construcción de cubiertas de hormigón armado de grandes luces». Con ellas consagró su prestigio internacional y reconocimiento, porque no solo su tamaño fue innovador, sino también, su aportación formal y tecnológica. La International Association for Shell Structures IASS no solo difundió su obra, al igual que hizo el Instituto de la Construcción y la Edificación desde el año 1935, sino que además, dada la indudable relevancia internacional de sus dos últimas estructuras laminares, la IASS seleccionó una imagen de cada una de ellas para ocupar las portadas de dos de su bulletines, que como práctica habitual, recogían fotografías de las innovaciones más destacables. La obra del Palacio de los Deportes de

Oviedo fue seleccionada para que ocupara la portada del número 37 de su bulletin (marzo 1969), y posteriormente seleccionó otra imagen del mayor de los paraguas del Mercado de Pola de Siero para su portada del bulletin nº 49.

### Lista de referencias

- Calavera, J. 2011. «El ingenio de Sánchez del Río Pisón». En Cassinello, Pepa y Bernardo Revuelta (eds.). *Ildefonso Sánchez del Río Pisón /El Ingenio de un legado*. Madrid: Fundación Juanelo Turriano.
- Cassinello, P. (dir.). 2008. *El espíritu impreso de una idea / the spirit of an idea in print*. Catálogo de la Exposición conmemorativa de los 60 años de la revista Informes de la Construcción del Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas CSIC, y Asociación de Miembros del Instituto Eduardo Torroja AMIET.
- Cassinello, P. 2010. «Félix Candela en el contexto internacional de la Aventura Laminar de la Arquitectura Moderna/ Thin concrete Shell». En Cassinello, P. (ed.). *Félix Candela. Centenario /Centenary 2010*, 61-109. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid y Fundación Juanelo Turriano.
- Cassinello, P. 2011. «Las cubiertas de Sánchez del Río». En Cassinello, Pepa y Bernardo Revuelta (eds.). *Ildefonso Sánchez del Río Pisón /El Ingenio de un legado*. Madrid: Fundación Juanelo Turriano.
- González, E. 2011. «Las patentes de Ildefonso Sánchez del Río». En Cassinello, Pepa y Bernardo Revuelta (eds.). *Ildefonso Sánchez del Río Pisón /El Ingenio de un legado*. Madrid: Fundación Juanelo Turriano.
- Joedicke, J. 1962. *Les Structures en Volles et Coques*, 14. París: Vicent Fréal et cie éditeurs.
- Manterola, J. 2011. «Ildefonso Sánchez del Río Pisón, Ingeniero». En Cassinello, Pepa y Bernardo Revuelta (eds.). *Ildefonso Sánchez del Río Pisón /El Ingenio de un legado*. Madrid: Fundación Juanelo Turriano.
- Nervi, P. L. 1957. *P. L. Nervi*. Teufen: Verlag Arthur Niggli.
- Kurrer, K. 2008. *The History of the Theory of Structures*, 547-554. Ernst and Sohn Verlag für Architektur und Technische.
- Revuelta, B. 2011. «Breve crónica de un ingeniero bohemio». En Cassinello, Pepa y Bernardo Revuelta (eds.). *Ildefonso Sánchez del Río Pisón /El Ingenio de un legado*. Madrid: Fundación Juanelo Turriano.
- Ribera, E. 1936. «Progresos Constructivos de la Ingeniería Española». *Revista Obras Públicas del Colegio de Ingenieros*.

- Sáenz Ridruejo, F. 2011. «Sanchez del Río y los ingenieros de la Generación del 27». En Cassinello, Pepa y Bernardo Revuelta (eds.). *Ildefonso Sánchez del Río Pisón /El Ingenio de un legado*. Madrid: Fundación Juanelo Turriano.
- Sánchez del Río, I. 1928. «IV Depósito de Aguas de Oviedo». *Revista Obras Públicas del Colegio de Ingenieros* 506.
- Sánchez del Río, I. 1931. «Paraguas de hormigón armado en Oviedo, o el ojo clínico del ingeniero». *Revista Obras Públicas del Colegio de Ingenieros*.
- Sánchez del Río, I. 1942. *El hormigón armado en las construcciones públicas urbanas. Las superficies nervadas de hormigón armado*, 103-124. Madrid: Instituto de Ingenieros Civiles. Madrid. Asociación de Ingenieros de Caminos
- Sánchez del Río, I. 1959. *Coloquio Internacional sobre métodos constructivos de bóvedas delgadas celebrada en el Instituto de la Construcción y del Cemento en mes de septiembre bajo la presidencia de Eduardo Torroja*. Madrid
- Sánchez del Río, I. 1960. «Estructuras Laminares Cerámicas». *Informes de la Construcción* 119. Madrid: Instituto de la Construcción y del Cemento. Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Sánchez del Río, I. 1977. «Palacio de los Deportes de Oviedo». *Informes de la Construcción* 287. Madrid: Instituto de la Construcción y del Cemento. Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Torroja, J. A. 2011. «Ildefonso Sánchez del Río, Ingeniero pionero». En Cassinello, Pepa y Bernardo Revuelta (eds.). *Ildefonso Sánchez del Río Pisón /El Ingenio de un legado*. Madrid: Fundación Juanelo Turriano.