



FUNDACIÓN EDUARDO TORROJA

ACTAS / PROCEEDINGS

International Conference on Construction Research
Eduardo Torroja

Architecture, Engineering and Concrete
AEC



JØRN UTZON: ESTRUCTURAS

Jaime J. FERRER FORÉS

Dr. Arquitecto. Universitat Politècnica de Catalunya. jaime.jose.ferrer@upc.edu

ABSTRACT

The paper aims to examine the work of the Danish architect Jørn Utzon (Copenhagen, 1918 - 2008) focusing in particular on the poetics of construction he developed throughout his career. With an approach to Utzon's projects, that includes a selection of his most significant projects, the paper proposes an overall overview with references to his structural logic, revealing the key aspects of his unique poetic universe. Utzon filtered the shell structures of Candela and Torroja, Saarinen and Nervi and detailing derived from vernacular buildings and constructive tradition as sources of inspiration. The challenge of rationalising the construction of the shells of the Opera House from prefabricated segments demonstrated the potential of prefabrication. For Utzon, "Sydney was a testing-place" and at the end of the 1960s, with the "additive architecture", opened a new period characterised by the synthesis of geometry, modulation and standardised production.

RESUMEN

Esta presentación pretende analizar la obra del arquitecto danés Jørn Utzon (Copenhague, 1918 - 2008) centrándose en particular en la poética de la construcción que desarrolló a lo largo de su carrera. Con una aproximación a la obra de Utzon, que incluye una selección de sus proyectos más importantes, esta presentación analiza su trayectoria centrándose en su lógica estructural, revelando los aspectos clave de su universo poético. Utzon estudió las estructuras de Candela y Torroja, Saarinen y Nervi y los detalles de edificios vernáculos y la tradición constructiva como fuentes de inspiración. El desafío de racionalizar la construcción de las cubiertas de la Ópera de Sídney a partir de segmentos prefabricados demostró el potencial de la prefabricación. Para Utzon, "Sydney fue un lugar de prueba" y al final de la década de 1960, con la "arquitectura aditiva", abrió un nuevo período caracterizado por la síntesis de geometría, modulación y producción estandarizada.

Palabras clave: Jørn Utzon, estructura, hormigón, prefabricación, arquitectura aditiva, Sydney Opera House, Iglesia de Bagsværd.

1. INTRODUCCIÓN

La trayectoria del arquitecto danés Jørn Utzon (1918-2008) parte de dos convicciones esenciales, la construcción y el paisaje, sobre los que construye, con la tradición material del maestro constructor, una arquitectura que fluye desde la lógica interna de la construcción a la poesía arcaica de las formas esenciales. Sus proyectos se conciben desde la sección, entendiendo los edificios como parte del territorio, con la característica ambición moderna de relacionar la arquitectura con el sitio. Este optimismo topográfico y la audacia estructural están presentes en su obra maestra, la Ópera de Sydney, una sucesión de enormes cáscaras que descansan sobre una plataforma. La Ópera de Sydney concluye una década que cuenta con hitos tan significativos como el Pabellón Langelinie de 1953 o el teatro de Zúrich de 1964, caracterizado por la oposición entre las formas masivas de las plataformas y los gestos líricos de las cubiertas flotantes.



Figura 1: Jørn Utzon. Croquis de nubes en el paisaje [Platformas and plateaux: ideas of a Danish Architect, Zodiac 10, 1962]

Jørn Utzon es un maestro constructor de

obras donde la lógica estructural rige la expresión formal. Las nubes concebidas en sus bocetos ejemplifican elocuentemente el esplendor de las formas generadas por la lógica estructural. El logro técnico, económico y estético de sus cubiertas y plataformas plegadas tiene fundamentos técnicos; pero estos fundamentos, lejos de ser exclusivamente matemáticos o estructurales, pertenecen a la asociación con el ingeniero Ove Arup. Las cubiertas articuladas de Utzon en Sídney no sólo logran cubrir grandes distancias, también poseen un refinamiento espacial, cromático y rítmico que atestigua la sensibilidad artística de la asociación de Ove Arup y Jørn Utzon.

2. EXPLORACIÓN Y REFERENCIAS

Su obra audaz e innovadora combina arquitectura moderna, inteligencia paisajística y talento plástico. En sus proyectos formativos, Utzon combinó la diversidad de culturas humanas absorbidas durante sus viajes con la sensibilidad nórdica por la naturaleza y el paisaje que extrajo de algunos de los maestros modernos como Erik Gunnar Asplund o Alvar Aalto. La arquitectura de Utzon demuestra una fascinación por la arquitectura del mundo antiguo. Sus obras condensan culturas ancestrales aprehendidas en sus viajes y revelan una profunda comprensión poética de la cultura constructiva. Los elementos arquetípicos como las plataformas y las cubiertas flotantes tienen evidentemente precedentes históricos. Utzon afirma: "nunca he copiado estas cosas, pero he permitido que estos pensamientos y elementos influyan en mi forma de trabajar" [1].

Utzon también percibe metáforas poéticas en la naturaleza, como fuentes de inspiración creativa y como referencia para la analogía estructural. La capacidad de Utzon para abstraerse de la naturaleza también se expresó claramente en su silla que proyecta en 1946 en la que capta con la curvatura, la manifestación sensitiva del orden interno de la naturaleza. El enfoque de Utzon es extremadamente sensible y hábil para asimilar estructuras formales ya existentes en una síntesis personal. Un aspecto particularmente característico de su trabajo es la aparición repetida de ciertos elementos, como la plataforma y la imagen de las nubes, que se convierte en un motivo recurrente. Estas imágenes metafóricas jugaron un papel importante en el particular método de trabajo de Utzon. Utzon filtra las formas naturales, las estructuras y los detalles derivados de los edificios vernáculos y la tradición constructiva como fuentes de inspiración.

3. ESTEREOTÓMICO Y TECTÓNICO

Los proyectos de Utzon se inspiran en una profunda comprensión intuitiva de las fuerzas estructurales, apoyadas en las técnicas estereotómica y tectónica y en sus procedimientos materiales: la articulación tectónica de las distintas partes que se conjugan constituyendo un conjunto y la estereotómica, el sistema estructural continuo de la masa que trabaja a compresión y configura una arquitectura masiva, pesada y anclada al suelo mediante una gran continuidad constructiva [2]. Una plataforma coronada por una sucesión de cubiertas se convierte en la propuesta que obtiene el primer premio del concurso internacional para la Ópera de Sídney (1957). La naturaleza masiva de la plataforma y el

valor iconográfico de las vigorosas cubiertas blancas se convirtieron en símbolo de todo un continente. Las cubiertas que Utzon levanta junto al puerto de Sídney se convierten en un extraordinario logro estético, pero es también el resultado de un enorme esfuerzo para combinar todos los aspectos técnicos y formales del edificio.

Su creatividad formal demuestra un profundo entendimiento poético y enfatiza con honestidad material el uso auténtico de materiales y acabados. Su intuición como constructor y su sensibilidad en relación a los materiales se ilustran con la topografía vernácula de las casas Kingo (1956) construidas en Helsingor, y la sensibilidad táctil de su mampostería de ladrillo. La apreciación de la integridad del material y la lógica constructiva caracterizan su obra que condensa el uso auténtico de los materiales a través de las exploraciones táctiles como las que construye en Can Lis, su refugio estival en Mallorca (1971-73) [3].

4. PLATAFORMAS

La plataforma es un rasgo distintivo de la arquitectura de Utzon, y el contraste entre la plataforma estereotómica y masiva y la curvatura libre de la cubierta también es característico de su talento. La Ópera de Sídney es una obra arquitectónica de valor universal excepcional y un logro de la ingeniería y la innovación tecnológica.



Figura 2: Jørn Utzon. Croquis de una plataforma [Platformas and plateaux: ideas of a Danish Architect, Zodiac 10, 1962]

Utzon visitó la arquitectura de los Templos Mayas en la Península de Yucatán durante un viaje de estudio a México en 1949. La experiencia titulada "Plataformas y mesetas: ideas de un arquitecto danés" fue publicada en la revista Zodiac [4].

La escala monumental de la plataforma elevada se convierte en un promontorio artificial en la continuidad con el paisaje portuario. Con una altura de 25 metros sobre el nivel del mar, la enorme plataforma se convierte en Sídney en una evocación del terreno natural y actúa como un aspecto ceremonial del sitio, como un altar mayor de las artes y la cultura.

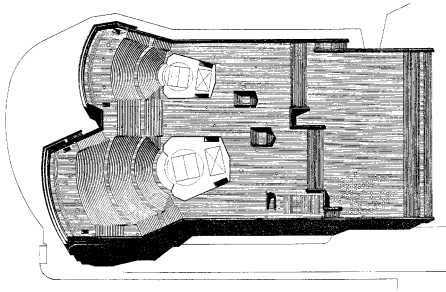


Figura 3: Jørn Utzon. Planta de la plataforma de la Ópera de Sídney, 1956-1963 [Zodiac 10, 1962]

Como los templos mayas permitieron a los fieles escapar de la jungla, la plataforma y la sucesión de escalones de la Ópera le dan al público la sensación de ascensión para alcanzar las magníficas vistas del paisaje portuario y experimentar las bóvedas que emergen del podio. El público asciende la gran escalinata para ver el espectáculo de la bahía de Sídney a través de una sucesión de niveles interconectados, escaleras y terrazas.

El proyecto se desarrolló en la oficina de Utzon en Hellebæk y se basó en la aportación de ingeniería de Ove Arup & Partners en Londres. La plataforma se estructuró con una losa de gran luz basada en la losa plegada diseñada por Marcel Breuer, Bernard Zehrffuss y Pier Luigi Nervi en el edificio de la Unesco de 1953 en París [2].

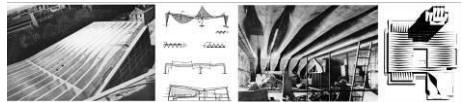


Figura 4: Marcel Breuer, Bernard Zehrffuss y Pier Luigi Nervi. Sede de la Unesco en París, 1953. Jørn Utzon. Estructura de la plataforma de la Ópera de Sídney y del proyecto en Hojstrup. [Zodiac 10, 1962]

Se requirió un logro de ingeniería significativo para la construcción del podio y para la escalera ceremonial de casi 100 metros de luz estructural y dos pisos de alto, que conduce desde el porche de acceso a los vestíbulos de los auditorios. El desafío de reducir el número de pilares en el vestíbulo que proporciona acceso cubierto a los lugares de actuación se desarrolló a través de una forma escultórica y eficiente basada en una estructura pretensada compuesta por vigas de hormigón nervadas que cubren una luz de 50 metros y cuyo perfil expresa la distribución de fuerzas. Además, la estructura de hormigón nervada forma un sistema ideal de drenaje. Las losas de granito de la plataforma se colocan en juntas abiertas para permitir el drenaje de toda la plataforma.

La construcción de la plataforma resume el fruto de una colaboración entre la

arquitectura y la ingeniería, en un esfuerzo intenso por integrar todos los aspectos técnicos y formales del edificio.

5. CUBIERTAS

La solución estructural para las cubiertas fue un gran desafío para Jørn Utzon y Ove Arup & Partners, que intentaron conservar la integridad del diseño del concurso [5]. En el concurso, las cáscaras de las cubiertas se concibieron como una delgada lámina de hormigón de una sola capa aunque no existía ninguna experiencia previa para la construcción de una cáscara de esta magnitud. Durante la construcción del podio, las cáscaras todavía estaban en estudio.



Figura 5: Jørn Utzon. Croquis del estudio de la solución estructural de la cubierta de la Ópera de Sidney, 1956-1963 [Zodiac 10, 1962]

La oficina de Ove Arup & Partners en Londres realizó intensas investigaciones de ingeniería y cálculos para desarrollar una solución de diseño para las cáscaras de las cubiertas. Estudiaron las posibilidades de la estructura durante tres años, comenzando con el esquema parabólico, hasta el modelo parabólico con doble capa, pasando a los esquemas

elipsoides y luego a las propuestas de costillas de arco circular con estructura metálica. Sin embargo, los esquemas se descartaron debido a las dificultades de su ejecución.

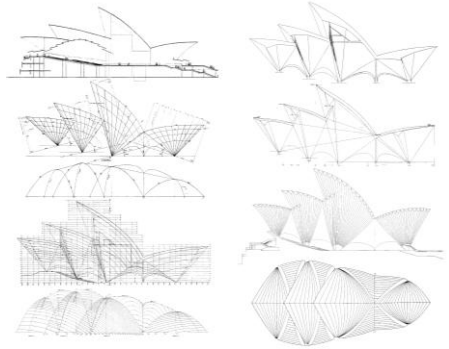


Figura 6: Jørn Utzon. Evolución de la estructura de la cubierta de la Ópera de Sidney, 1956-1963 [Zodiac 10, 1962]

Pero en octubre de 1961, Utzon llegó a la solución esférica: todos los segmentos de la cubierta proceden de una sola esfera de 75 metros de diámetro. La geometría de la esfera confiere al edificio una gran coherencia y permite la prefabricación de la construcción y la racionalización de su ejecución. Utzon recuerda: "Después de tres años de intensa búsqueda de una geometría básica para el complejo de cáscaras, llegué en octubre de 1961 a la solución esférica que se muestra aquí. Yo llamo a esto mi 'clave para las cáscaras' porque resuelve todos los problemas de la construcción al crear el potencial de producción en masa, precisión de fabricación y erección simple con este sistema geométrico. Logro la armonía completa entre todas las formas en este complejo fantástico" [6]. Sin embargo, Pier Luigi Nervi escribe críticamente

sobre las cáscaras de Sídney: “an eloquent example of the most straightforward anti-functionalism from the point of view of statics as well as construction” [7].

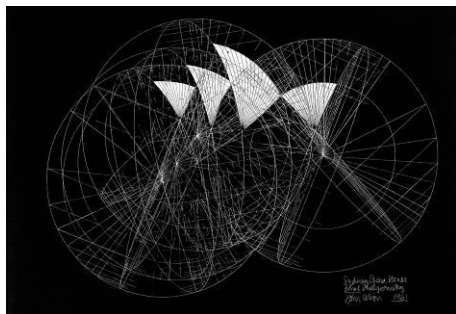


Figura 7: Jørn Utzon. Croquis del modelo esférico de la estructura de la Ópera de Sídney, 1956-1963 [Zodiac 10, 1962]

La intensa colaboración entre arquitectos e ingenieros propició la solución definitiva de la geometría esférica, que permite beneficiarse de la prefabricación y la construcción industrial y combinar técnicas innovadoras para su ejecución. La solución esférica a la geometría de las cubiertas, presentada en el Yellow Book de 1962, muestra cómo los segmentos que comparten un radio común se pueden dividir en componentes prefabricados y luego montados en obra.

Cada módulo de la cubierta se compone de segmentos prefabricados de nervaduras de hormigón que irradian desde un pedestal de hormigón y se elevan a una viga de coronación y se rigidizan mediante cables de acero postensados. Un arco de montaje y ensamblaje de acero, que se inventó especialmente para el proyecto, describe toda la forma esférica de la cubierta.

Además, la colocación precisa de las costillas prefabricadas exige el uso de nuevos métodos de construcción y tecnología informática. La parte inferior de las bóvedas del techo que muestra la construcción de las costillas de hormigón queda expuesta. En el intradós de las cáscaras, la estructura se convierte en su único ornamento. En el exterior, los paneles prefabricados con losetas cerámicas caracterizan las cáscaras.

Nervi no cree que ningún arquitecto deba estar especializado en conocimientos de ingeniería. “If one considers that the architect must be first of all a conceiver of ideas, and successively the coordinator of the work of various specialities, one sees easily that he must have a synthesizing mentality and know the limitations and possibilities of every branch of structural techniques... he must have sufficient static intuition to nourish and guide his inventive fantasy... it is enough to have general knowledge, and a bit of good sense, to conserve the moral authority that an architect must always have with his associates...to keep the mastery of his work.” [8] La Ópera de Sydney tardó 16 años en construirse y el proyecto de Utzon suscitó una colaboración creativa entre arquitectos, ingenieros, diseñadores industriales y fabricantes.

6 PREFABRICACIÓN

El desafío de racionalizar la construcción de las cáscaras de la Ópera de Sídney a partir de segmentos prefabricados demostró el potencial de la prefabricación.

Para Utzon, “Sídney fue un lugar de prueba” [3] y al final de la década de 1960, con la “arquitectura aditiva”, abrió

un nuevo período caracterizado por la síntesis de la geometría, la modulación y la producción estandarizada. Desarrolló la idea de diseñar kits de piezas para casas y edificios más grandes a través de un grupo de esquemas basados en el principio aditivo. Inspirados en los bazares islámicos, los esquemas se diseñaron para crecer mediante la adición de un kit de componentes que demostraron claramente el potencial de la arquitectura aditiva.

La arquitectura aditiva describe un sistema de elementos estandarizados que permite que cualquier edificio se construya sobre la base de la repetición de unidades arquitectónicas para lograr estructuras dinámicas abiertas. El trabajo de Utzon extrapola la producción en masa y la industrialización tectónica en proyectos a gran escala como en el centro de la ciudad de Farum o en la iglesia de Bagsværd. Utzon explicó las formas de la Iglesia de Bagsværd (1968-76) usando una imagen poética: "*me inspiro en las nubes y he creado un espacio que se desvanece hacia arriba*" [3]. En sus dibujos preliminares, una secuencia de nubes apreciada en Hawái se transforma en una sucesión de cubiertas que establecen un lugar de ceremonias. La iglesia tiene sus raíces tanto en el monasterio budista chino como en la tradición escandinava. La iglesia de Bagsværd es un recinto rectangular ordenado por una secuencia de patios, caracterizado por las bóvedas de hormigón armado derivadas de los techos acústicos de madera contrachapada de la Ópera de Sídney. La estructura de hormigón prefabricada se completa con una plementería de paneles prefabricados recubiertos de losetas cerámicas.



Figura 8: Pier Luigi Nervi. Elementos prefabricados del Palazzetto dello Sport, 1958-1959. Jørn Utzon. Prefabricación de los paneles de la cubierta de la Ópera de Sídney, 1956-1963

7 CONCLUSIÓN. NERVI Y UTZON

Los edificios de Nervi para las Olimpiadas de Roma de 1960 constituyen una importante referencia para Utzon. Los elementos triangulares del Palazzetto dello Sport guardan cierta semejanza con la solución de bóveda adoptada en Sídney.

El desarrollo de Nervi de la prefabricación estructural de piezas cambia el enfoque constructivo en hormigón armado. El trabajo de Nervi con piezas prefabricadas demostró que las cualidades monolíticas del hormigón no se alteraron al dividir la estructura en elementos prefabricados. El Palazzetto dello Sport en Roma, 1958-59 diseñado por Nervi con el arquitecto Annibale Jielozzi es una estructura vista. La cubierta está compuesta por secciones prefabricadas en forma de diamante, unidas por nervaduras de conexión de hormigón vertido in situ, creando una red que rigidiza la cubierta. Las costillas se juntan en secciones triangulares prefabricadas a contrafuertes ramificados en forma de Y exteriores y soportes verticales [9]. Las costillas triangulares del Palazzetto dello Sport guardan cierta semejanza con las costillas construidas

en Sídney [10]. Nervi concibe las estructuras directamente desde la lógica estructural y desde la relación entre la estructura y la forma. Nervi trata de alcanzar una adecuada solución estructural y lograr así el diseño más eficiente desde el punto de vista técnico y económico [11].

La competencia técnica de un ingeniero es el logro formal de un arquitecto. La esbelta elegancia de las cubiertas de Jørn Utzon analizadas en este artículo, la opulencia escultórica de sus plataformas masivas y la luz rítmica de sus interiores no sólo provienen de cálculos de ingeniería; aunque se basan en ellos, descansan más en la certeza de que el proyecto y la construcción son inseparables y en la convicción de que los materiales y las formas se eligen según los procedimientos materiales tectónicos y estereotómicos y en los planteamientos y fundamentos estructurales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Utzon, J., "Jørn Utzon on architecture. A conversation with Henrik Steen Møller". *Living architecture. Scandinavia Design*, vol. 8, 1989.
- [2] Frampton, K., *Estudios sobre Cultura tectónica. Poéticas de la construcción en la arquitectura de los siglos XIX y XX*, Madrid: Akal, 1999.
- [3] Ferrer Forés, J. J., *Jørn Utzon. Obras y Proyectos*, Barcelona: Gustavo Gili, 2006.
- [4] Utzon, Jorn, "Platforms and plateaus: ideas of a Danish architect", *Zodiac*, vol.10, 1962.
- [5] Fromonot, F., *Jørn Utzon: architetto della Sydney Opera House*, Milán: Electa, Documenti di architettura. 1998.
- [6] Giedion, S., "Jørn Utzon and the third generation", *Zodiac*, vol. 14, 1965.
- [7] AA. VV., "Pier Luigi Nervi", *Casabella*, vol. 226, 1959.
- [8] Nervi P. L., *Structures*. New York: F. W. Dodge Corp, 1956.
- [9] Huxtable A. L., *Pier Luigi Nervi.*, New York: George Braziller, 1960.
- [10] Joedicke, J., *Pier Luigi Nervi. Construcciones y proyectos*, Barcelona: Gustavo Gili, 1958.
- [11] AA. VV., "Pier Luigi Nervi", *Process architecture*, vol. 23, 1981.