



Cubiertas móviles

JOSEP I. DE LLORENS DURÁN

DR. ARQUITECTO

ALFONS SOLDEVILLA BARBOSA

DR. ARQUITECTO

La construcción convencional suele plantear soluciones fijas para la mayor parte de los elementos básicos. Los requerimientos funcionales de algunos programas pueden adaptarse mejor a soluciones cambiantes. Para ello pueden optar por la solución de la cubierta móvil, que no se halla muy difundida y se describe en el presente artículo.

The functional requirements of some programs can adapt better to changing environments.

This issue is addressed in this paper by presenting a new deployable roof solution.

La construcción convencional suele plantear soluciones fijas para la mayor parte de los elementos básicos que la desarrollan tales como los forjados, muros, estructuras o cubierta.

Sin embargo, los requerimientos funcionales de algunos programas pueden adaptarse mejor a soluciones cambiantes, como es el caso de las piscinas situadas en los climas de nuestro país. Necesitan climatización fija en invierno e intermitente en primavera y otoño, mientras que en verano suelen ser más adecuadas si se hallan abiertas al exterior.

Para ello pueden optar por la solución de la cubierta móvil, que no se halla muy difundida y se describe a continuación.

TIPOLOGÍA

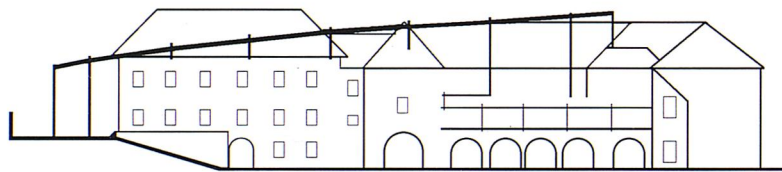
El Instituto de Estructuras Ligeras de Stuttgart estableció en 1972 una tipología de cubiertas móviles en general para usos diversos (IL, 1972). La clasificaba en los tres grupos siguientes:

- Membranas desplegadas sobre estructuras fijas, como la del festival de verano de Ljubljana.
- Membranas desplegadas conjuntamente con la estructura de soporte.
- Cubiertas rígidas desplazables.

Se describen a continuación las cubiertas del teatro del festival de verano de Ljubljana, el aparcamiento Novedades de Barcelona y las piscinas de la Asociación de Empleados de "La Caixa", el Club de Natación Sant Andreu y la piscina Municipal de Montjuic.



Sede del Festival de Verano de Ljubljana



Sección longitudinal



Detalle estructural

TEATRO AL AIRE LIBRE PARA LOS FESTIVALES DE VERANO DE LJUBLJANA, ESLOVENIA

Situación: Trg Franóske Revolucije, Ljubljana

Dimensiones: 55×36 m

Proyecto: M. Marincek

Constructor: Metalna, Maribor

Realización: 1964

El teatro de los festivales de verano de Ljubljana se encuentra en el conjunto de origen medieval Krizanke, reconstruido en el siglo XVI, restaurado en el XVIII y convertido en escenario por J. Plecnik en 1956. El 1963 M. Marincek proyectó la cubierta desplegable que la empresa Metalna de Maribor construyó en 1964. Se trata de un rectángulo de $55 \times 36 = 1.980 \text{ m}^2$. La estructura fija está formada por dos filas de mástiles de acero.

Están colocados a lo largo de los lados mayores con intervalos regulares de 7,80 m. Al llegar a los extremos se reduce esta separación.

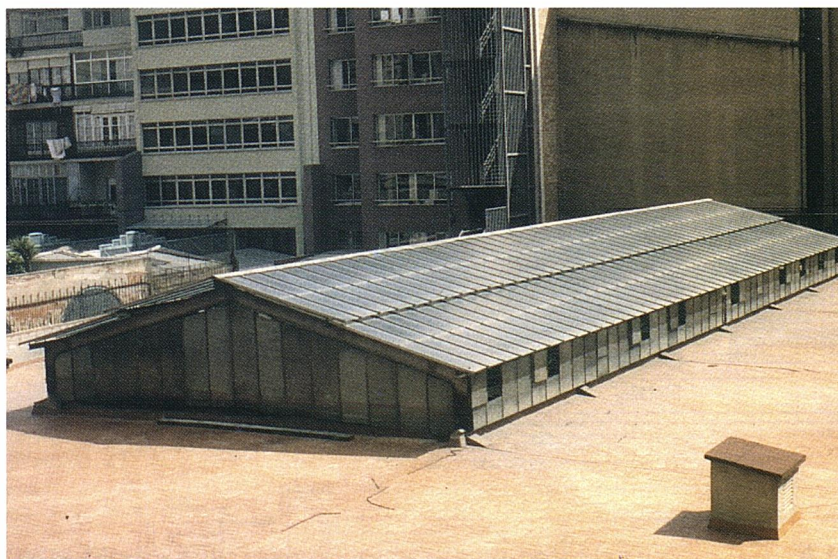
La cubierta es muy ligera (5 kp/m^2), de fibra sintética con revestimiento protector. Las operaciones de apertura o cierre duran 5 minutos y están accionadas por motores eléctricos de 0,5 kw.

La estructura que aguanta directamente a la cubierta también se desplaza con ella. La forman 10 barras longitudinales de 55 m de longitud separadas 4 m. Se deslizan mediante poleas a lo largo de 9 cables-guía transversales sostenidos por los mástiles fijos y atirantados hacia el exterior. La flecha de los cables transversales es de 40 cm, o sea poco más del 1% de la luz de 36 m. De esta manera, se consigue reducir la altura total a costa de aumentar considerablemente el atirantamiento necesario hasta 30 T. Los tirantes del lado sur se anclan en la antigua muralla que rodea el conjunto y los del lado norte aprovechan las esquinas y encuentros del edificio existente. Constituye una intervención de gran tamaño sobre un edificio del patrimonio histórico, realizada hace 30 años y que todavía se encuentra en servicio. Modifica el carácter arquitectónico del claustro posterior, puesto que lo convierte en teatro, cubriendo la totalidad de la planta con una membrana opaca o sea que interrumpe la vista hacia el cielo y la iluminación natural. Se trata sin embargo de una intervención ligera porque respeta el aspecto del edificio original, situándose a la altura de la cubierta, evitando así la alteración de la fachada.

Además, solamente afecta al edificio y entorno existentes en las bases de apoyo de los mástiles y los puntos de anclaje de los tirantes. Desmontando la estructura, se volvería al estado inicial.



Interior



Exterior



Detalle

CLARABOYA MÓVIL DEL APARCAMIENTO NOVEDADES, BARCELONA

Situación: c/Caspe nº 13, Barcelona

Dimensiones: 28,60×11 m.

Constructor: BASSO & WEISSE,
Instalaciones de transporte mecánico.

La cubierta móvil existente más antigua de Barcelona es la del aparcamiento Novedades (antes frontón) situado en el centro de la ciudad.

Se trata de una claraboya de cristal sobre armaduras de hierro que ilumina la planta baja edificada del interior de manzana.

Mide 28,60×11 m. Está partida por la mitad en dirección transversal con objeto de que cada parte pueda deslizarse sobre carriles para facilitar la operación de apertura.

Una reparación reciente de la terraza ha eliminado las vías y por lo tanto la posibilidad de abrir la claraboya. Sin embargo, todavía pueden apreciarse algunos detalles de la instalación.



Vista interior



Vista exterior



Detalle

CUBIERTA MÓVIL PARA LA PISCINA DE LA ASOCIACIÓN DE EMPLEADOS DE "LA CAIXA", BARCELONA

Situación: Teodor Roviralta, 65 Barcelona.

Dimensiones: 37x25,60 m.

Promotor: Asociación de empleados de "La Caixa"

Proyecto y construcción: ACM, Auxiliar de Construcciones Metálicas.

La Asociación de Empleados de "La Caixa" cuenta con unas instalaciones deportivas en la parte norte de la ciudad. Incluyen una piscina a la que se añadió, cuando ya estaba realizada, una cubierta móvil.

Es una bóveda telescópica subdividida en 8 sectores. Los de los extremos son fijos y los 6 centrales se desplazan unos sobre otros de forma simétrica, es decir, que hay 3 que se desplazan en cada dirección.

Como el edificio existente admite solamente cargas verticales, se ha proyectado una estructura que no transmite empujes a base de arcos atirantados. Para evitar que los tirantes obstruyan el movimiento, solamente se colocan en el arco frontal de cada módulo.

El arco que queda sin atirantar se apoya sobre el siguiente, que si lo está, por lo que se requiere un carril de rodadura en la cumbre central.

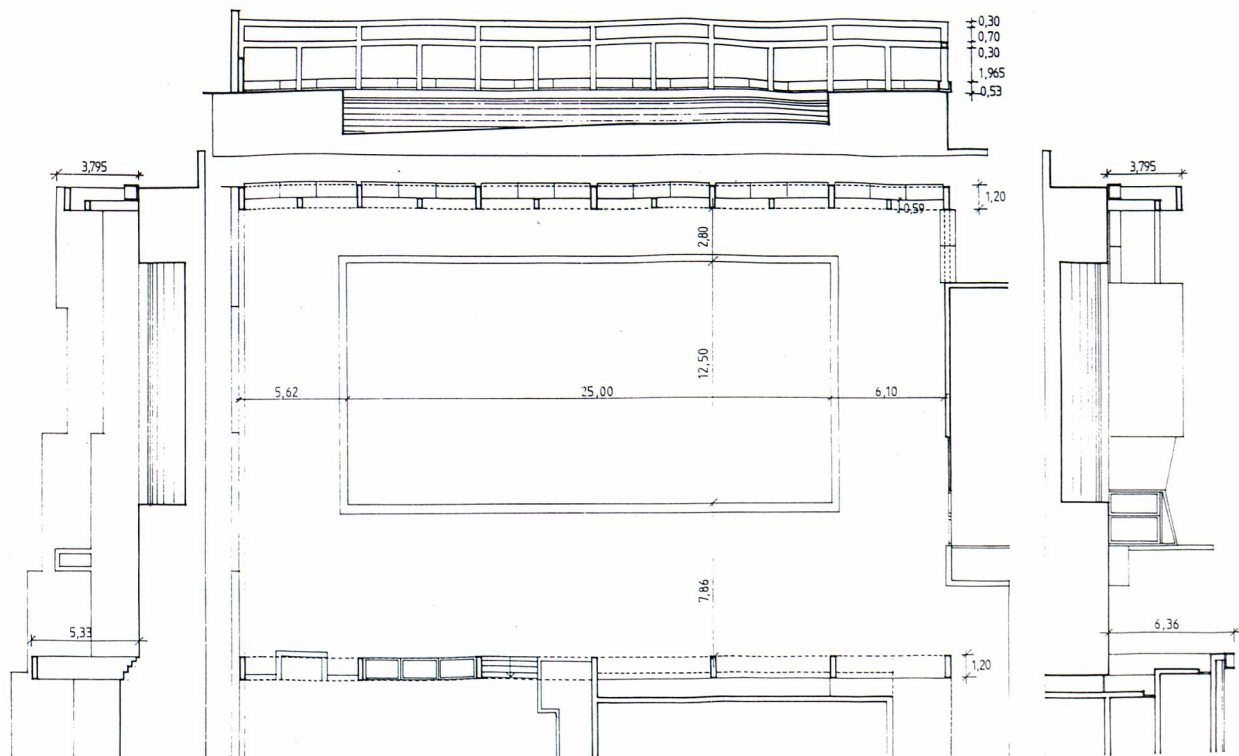
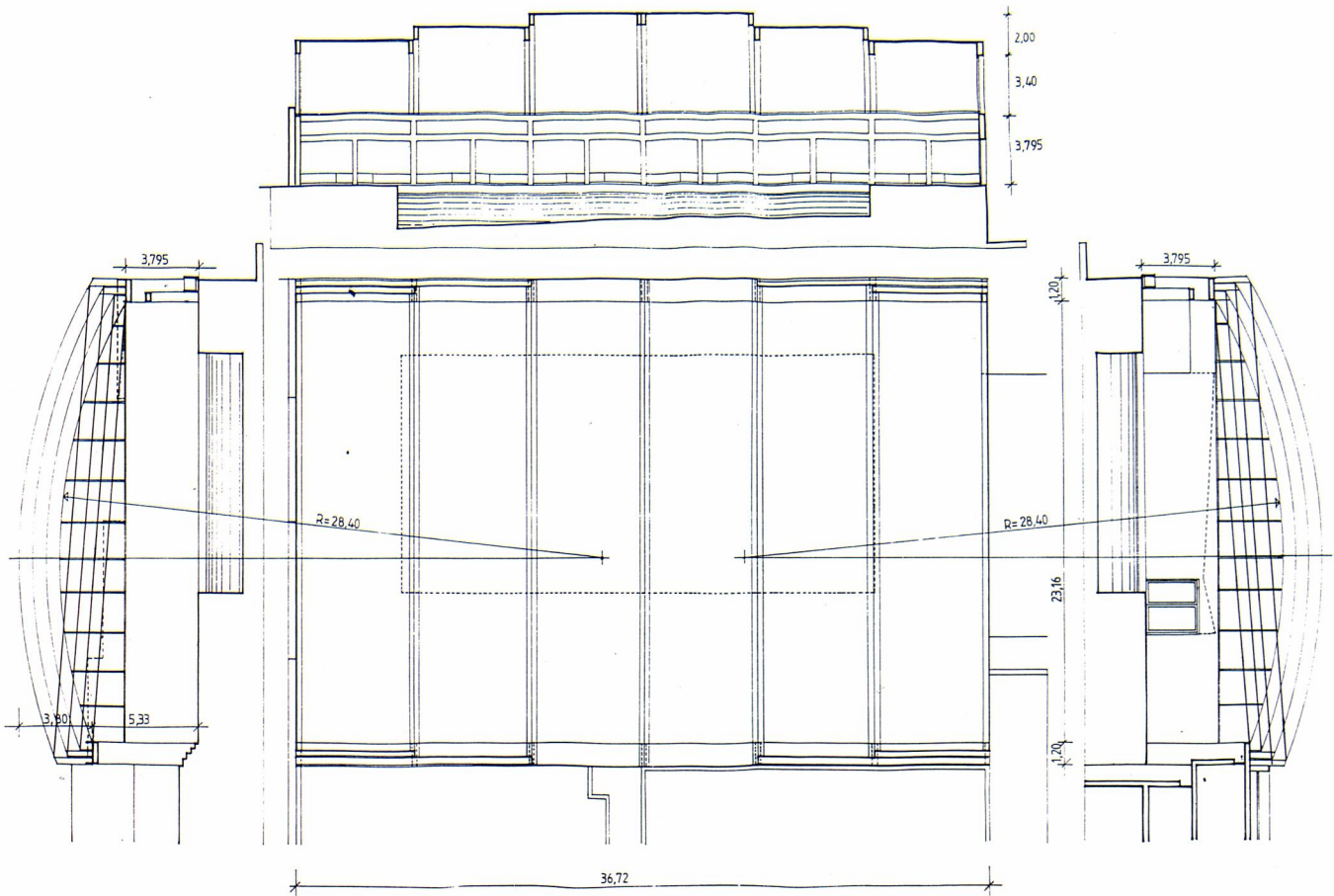
El material de cubierta es policarbonato celular de 16 mm de espesor que se fija mediante juntas que lo mantienen flotante sobre los perfiles con objeto de tolerar los movimientos térmicos.

Las maniobras de cierre y apertura están motorizados con dispositivos de tracción eléctricos que viajan con la cubierta.

El arrastre se realiza mediante cremallera. Está sincronizado para conseguir el avance simultáneo y paralelo a ambos lados de la cubierta. Al acabar el recorrido, se encuentran topes automáticos y finales de carrera de presión.



Planta y sección de la piscina antes de construir la cubierta
Planta y sección de la cubierta. Anteproyecto





Club de Natación Sant Andreu
(Foto Hisao Suzuki)

PISCINA DEL C. N. SANT ANDREU, BARCELONA

Situación: c/Dublín, Barcelona

Dimensiones: 60×36 m

Promotor: Club de Natación Sant Andreu

Proyecto y dirección: Chico, Marco & Theilaker, arquitectos

Constructor: Agme SA, Deco SA & Maperglas SA.

Coste: 110.000 pts./m² de las que 30.000 corresponden a la cubierta

Repercusión estructural cubierta: 30 kp/m²

Realización: 1992

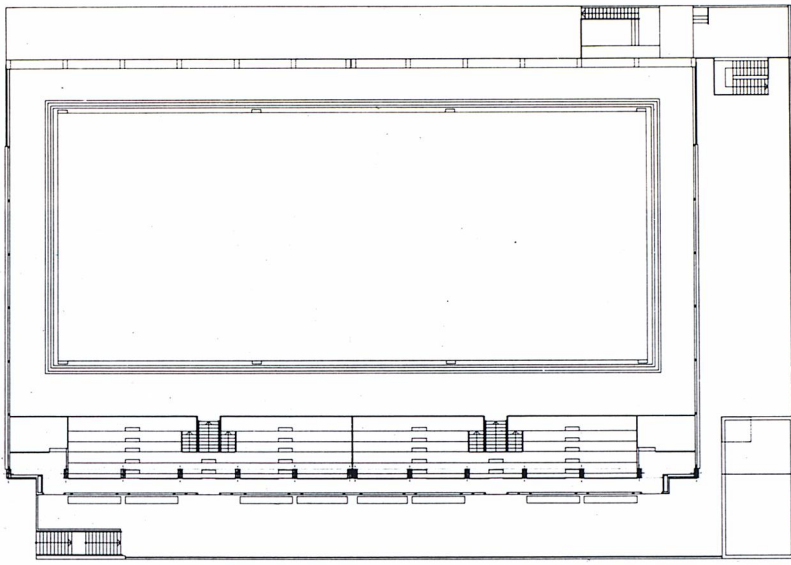
La piscina del club de Natación Sant Andreu tiene más de 8.000 socios. Es una instalación de uso intensivo para baño, recreo, enseñanza, entrenamiento y competición. Esta dotada para ello de una cubierta móvil muy versátil que se abre cuando las condiciones del ambiente lo requieren y permite el uso continuado de la piscina durante todo el año sin interrupción.

La estructura se basa en la sucesión de 6 tramos de 10 m de bóveda cilíndrica delimitados por arcos rebajados de 35 m de luz. Circulan a lo largo de sus arniques sobre ruedas y guías rectas de 60 m de longitud que contienen los empujes, alojan los mecanismos de rodadura y reciben las aguas de la cubierta. Los cuatro tramos centrales se desplazan hacia los extremos, superponiéndose a estos, dejando una superficie descubierta de 1.400 m², o sea, el 67% de la superficie total de 2.100 m². Los arcos son perfiles IPE 360 curvados y arriostrados para obtener suficiente rigidez durante el desplazamiento. La cubierta es de policarbonato celular blanco opal de 16 mm de espesor. Transmite luminosidad al espacio interior y capta la radiación solar.

El mecanismo de tracción está compuesto por dos motores eléctricos de 3CV que viajan con los tramos centrales a lo largo de la cremallera colocada sobre la guía superior, encima de las gradas. Los tramos centrales empujan al abrir o arrastran al cerrar a los tramos intermedios. La circulación se realiza sobre 6 ruedas por tramo y guías tubulares a una velocidad de 13 metros por minuto con aceleración y frenado al principio y final. La duración total de la maniobra es de 3 minutos y la lluvia y el viento superior a 10 km/h desencadenan el cierre automático para cubrir la piscina y evitar la succión.

La facilidad con la que se realiza la maniobra de apertura y cierre, parcial o total permite regular la temperatura interior en los períodos de primavera y otoño contrarrestando el efecto invernadero.

La limpieza de la cubierta se efectúa directamente sin la intervención de medios auxiliares con periodicidad anual.



Planta



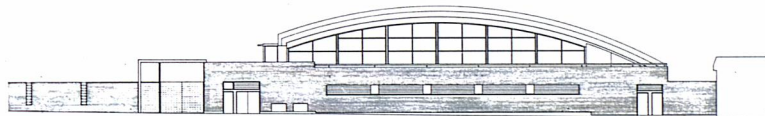
5

PLANTA GRADERUS

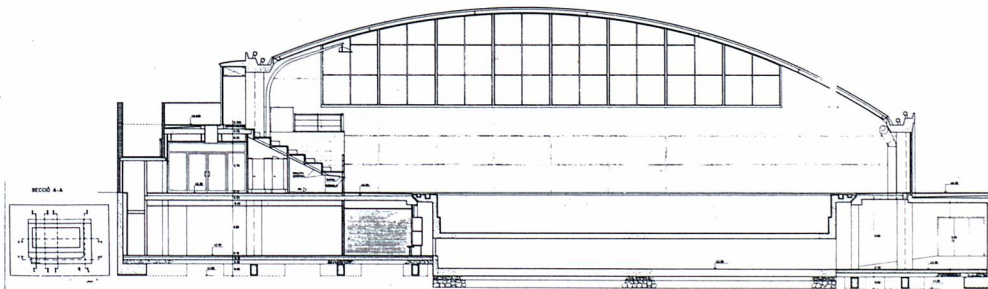


ALCAT DEST

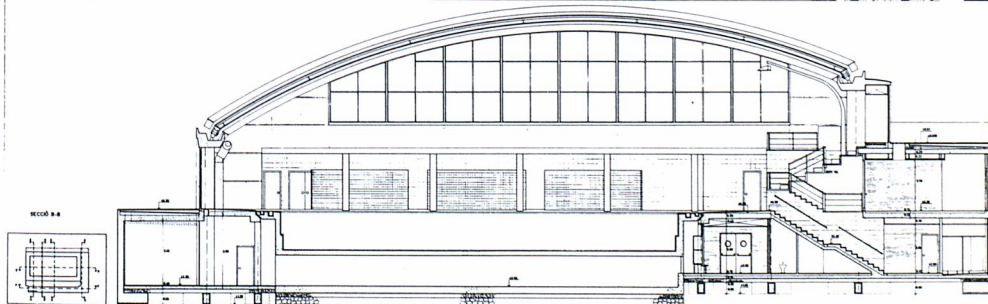
Alzados



ALCAT SID



SECCO A-A



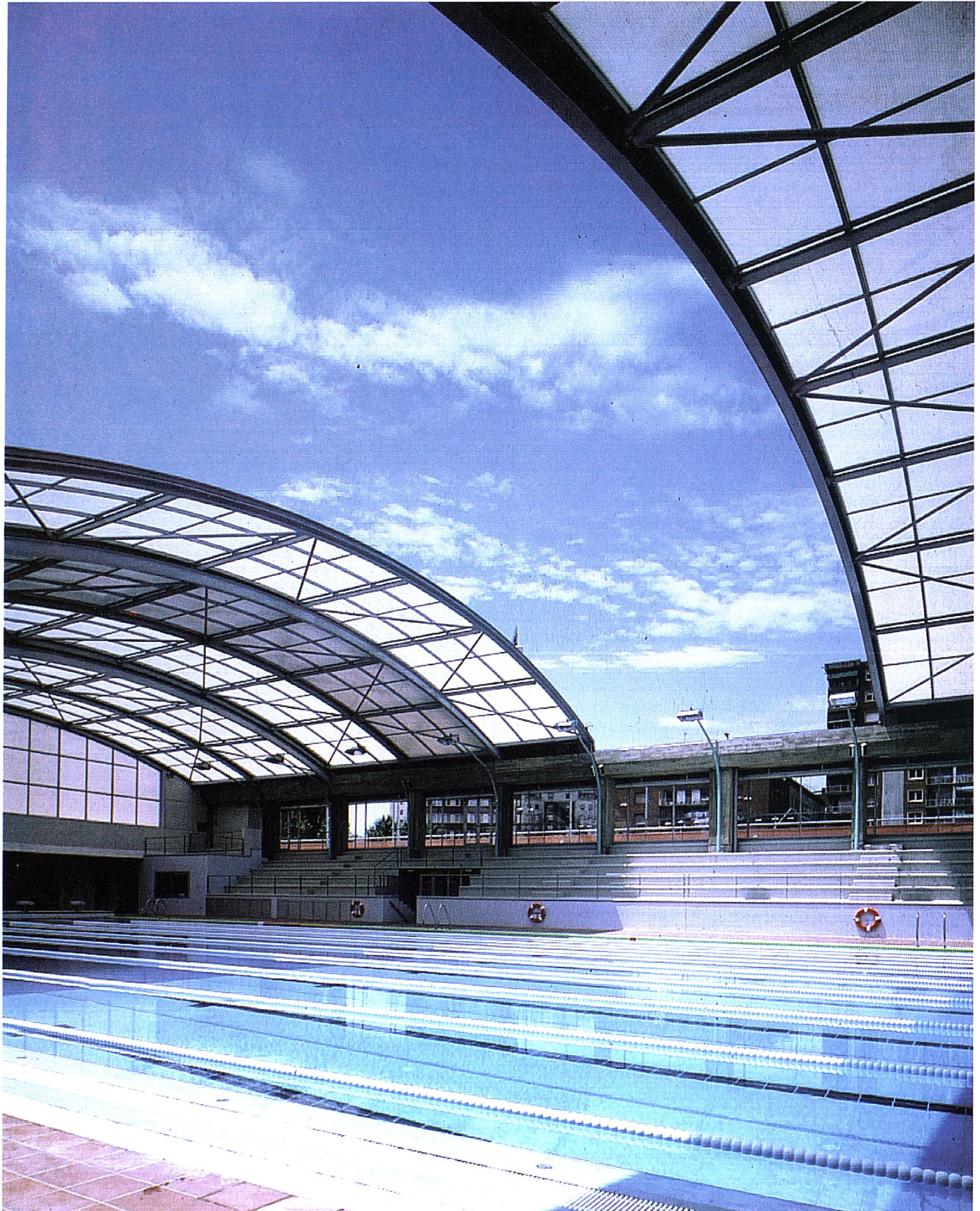
SECCO B-B

Secciones

2



Movimiento de apertura
(Foto Hisao Suzuki)





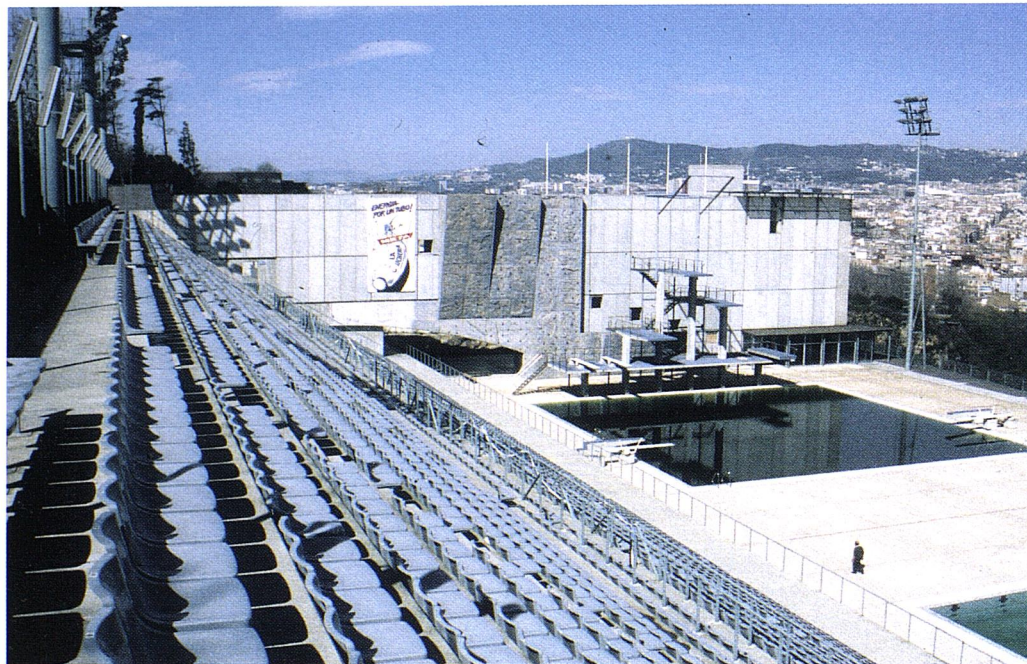
Interior
(Foto Hisao Suzuki)



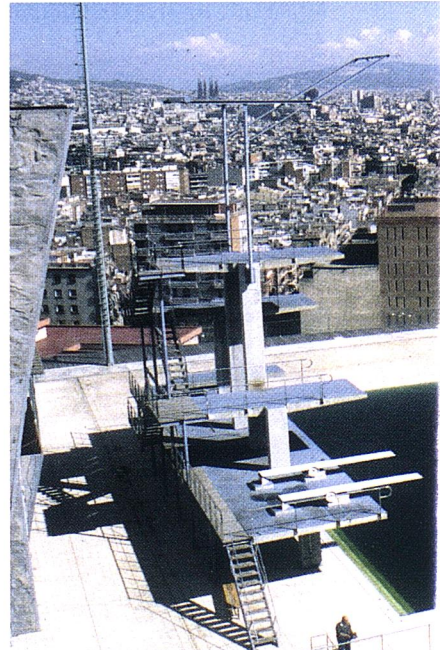
Detalle
(Foto Hisao Suzuki)



Piscina Municipal de Montjuïc



La piscina de salto es un balcón-mirador sobre la



CUBIERTA MÓVIL PARA LA PISCINA MUNICIPAL DE MONTJUIC, BARCELONA

Situación: Avenida de Miramar, Barcelona.

Dimensiones: 33x44 m.

Promotor: Area de Deportes del Ayuntamiento de Barcelona.

Coordinador: Xavier Segura Grau, Arquitecto.

Proyecto: Llorens & Soldevila, Drs. Arqts. con M.C.Riera y A. Soldevila, colaboradores.

Presentación

La piscina de saltos de Montjuïc, junto con la de water-polo, son instalaciones deportivas al aire libre que se utilizan solamente durante la temporada de verano.

Por ello, el Area de Deportes del Ayuntamiento de Barcelona se ha planteado la posibilidad de construir una cubierta móvil que ampliaría el período de utilización.

Las exigencias básicas que presenta este proyecto son el emplazamiento singular, la volumetría interior, el movimiento estacional, la estructura existente, el acondicionamiento térmico, la estanqueidad y la durabilidad.

El primer estudio se realizó en base a una cubierta textil, que se preveía barata, ligera y fácil de manipular. Sin embargo, al desarrollar

el proyecto, aparecieron los problemas formales de relación con el edificio existente, aislamiento térmico, condensaciones, iluminación natural, mantenimiento y durabilidad.

Por ello, se ha optado por una solución rígida de estructura metálica y placas de policarbonato cuyas prestaciones son más adecuadas a los requerimientos mencionados.

Características del proyecto

El emplazamiento es singular porque se encuentra situado sobre una plataforma mirador que se ve desde un sector muy amplio de la ciudad. La cubierta que se proyecta, no solamente interfiere con las visuales desde la piscina, sino que aparece, además, sobre la ladera de la montaña como un elemento destacado. Por ello, la franja inferior de los cerramientos verticales se realizará con cristal transparente, que no obstaculiza las visuales hacia la piscina o la ciudad. En cambio, para el resto de cerramiento incluida la cubierta, se prevén placas de policarbonato translúcidas, que permiten el paso de la luz, suavizando así la presencia del volumen necesario para contener los trampolines y el saltador.

Del emplazamiento se deriva además la situación expuesta al viento debido a la altura, la proximidad de la cumbre y la ausencia de edificación próxima.

La volumetría interior del edificio está condicionada por la altura de los trampolines. Para cubrirlos, se adopta un perfil longitudinal



Vista de las instalaciones de la ciudad



dividido en dos partes. La primera es sensiblemente horizontal, tiene 6 m de altura y abarca dos crujías sobre la playa este y el final de la piscina. La segunda abarca cuatro crujías más, cubre el resto de la piscina y los trampolines. Está arqueada de manera que el punto más alto queda a 4 m por encima del trampolín de 10 m y el más bajo se entrega sobre la cubierta horizontal de la parte anterior. De este modo se reduce el volumen interior a acondicionar que se obtendría si se mantuviese constante la altura máxima y se obtiene además un perfil que sigue a distancia la trayectoria del saltador. Para el movimiento estacional, se ha previsto la colocación de dos guías longitudinales. Se hallan a 2,5 m del suelo para disminuir la altura total de la parte móvil y delimitar el cerramiento perimetral transparente de la parte inferior, sin disminuir el campo visual de los espectadores sentados en la gradería durante el verano, ni la de los usuarios de la piscina durante el invierno, cuando se encuentran en el interior.

La estructura móvil está formada por 9 pórticos articulados sobre ruedas. Están ensamblados para formar tres unidades separadas por juntas de estanqueidad.

La primera unidad coincide con la mencionada al describir la volumetría interior. La segunda es más ancha y más alta, de manera que puede solaparse durante el desplazamiento con el tramo anterior. La tercera unidad se queda fija adosada al edificio existente, resolviendo la entrega del recinto con el muro del final a través de un canalón.

El edificio existente condiciona el tipo de estructura, que ha de ser ligera y coincidente con los ejes de los soportes de hormigón de las plantas inferiores.

Para conseguir el acondicionamiento térmico se utilizan placas de policarbonato celular y la estanqueidad se resuelve con canalones, juntas de goma y sellado ocasional.

La exposición a la intemperie cercana al mar y los vapores clorados de la piscina requieren materiales estables como el policarbonato o protegido, como el acero galvanizado en caliente por inmersión

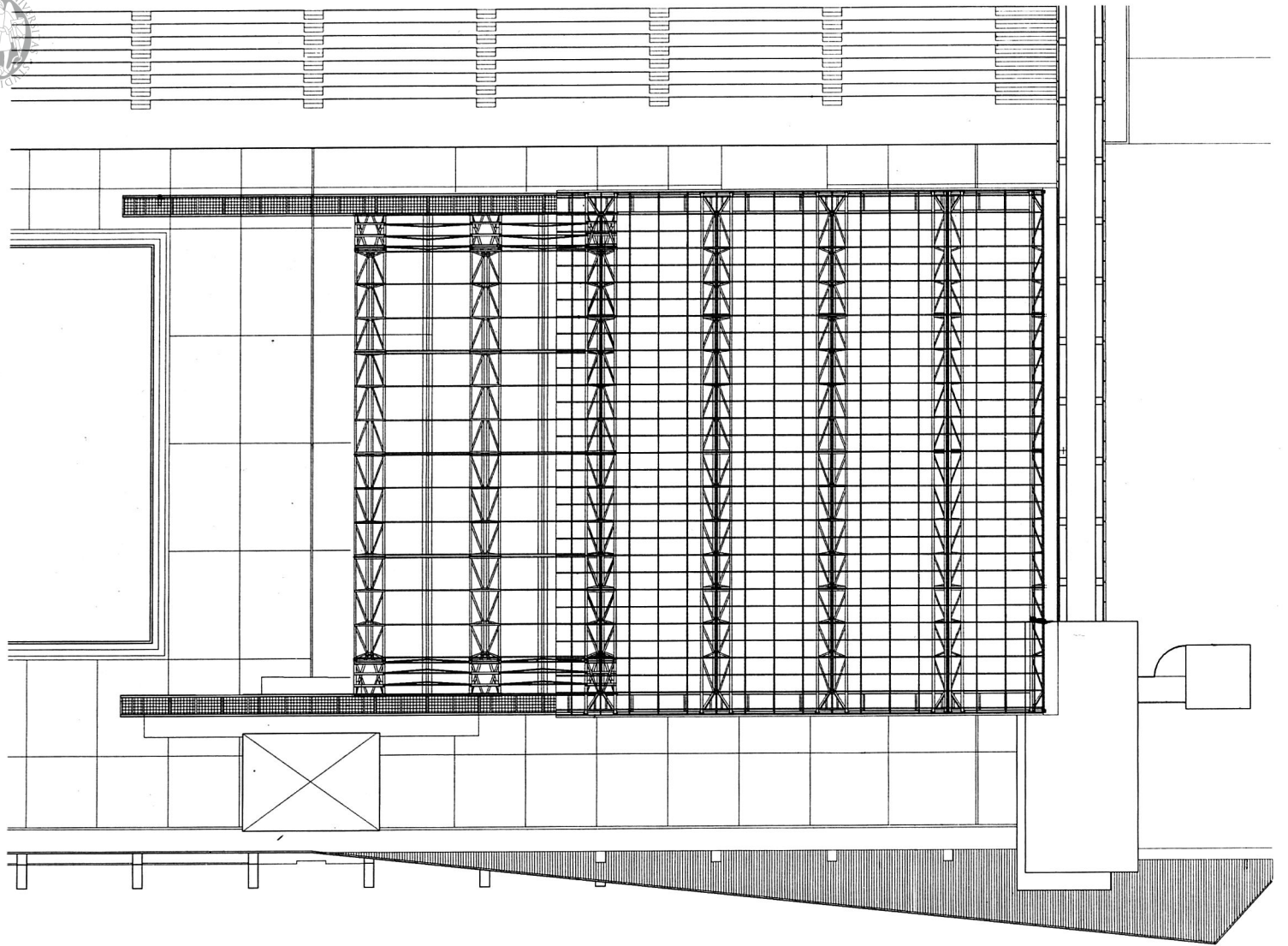
Descripción constructiva

Estructura de tubos, perfiles y chapas de acero A42b soldados en taller a tope con preparación de bordes y electrodo básico, galvanizada en caliente por inmersión, pintada y atornillada en obra.

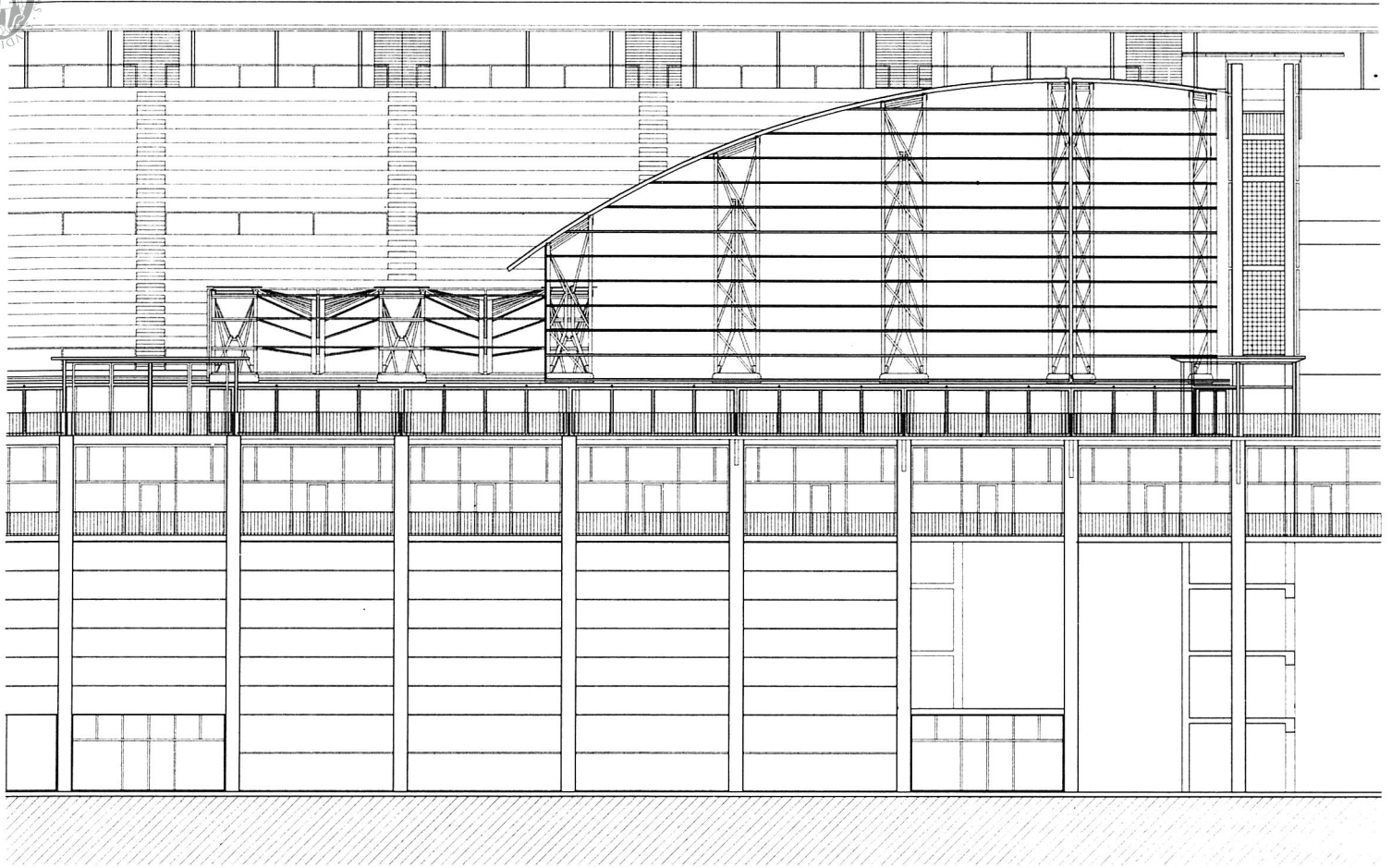
Cerramiento perimetral de puertas correderas de aluminio y cristal doble securizado hasta 2,5 m de altura.

Cubierta de placas de policarbonato celular blanco opal de 16 mm de espesor atornilladas sobre perfiles de neopreno y tubos rectangulares conectados a la estructura mediante separadores.

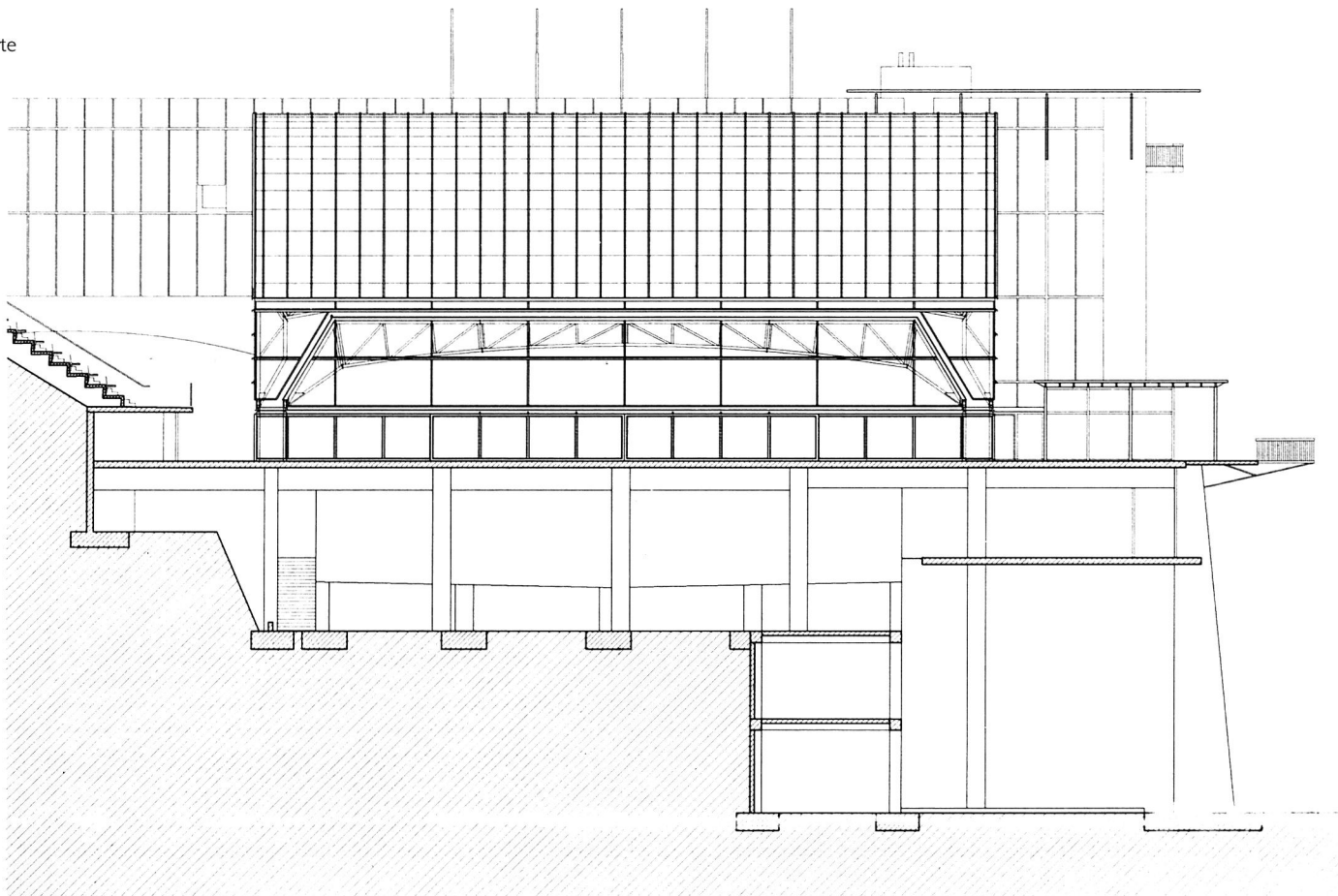
Se estima un plazo de ejecución de las obras de 12 a 18 meses incluyendo el refuerzo de la estructura existente, la cubierta móvil, la reforma de los cerramientos y la instalación del acondicionamiento térmico del agua y del espacio interior.



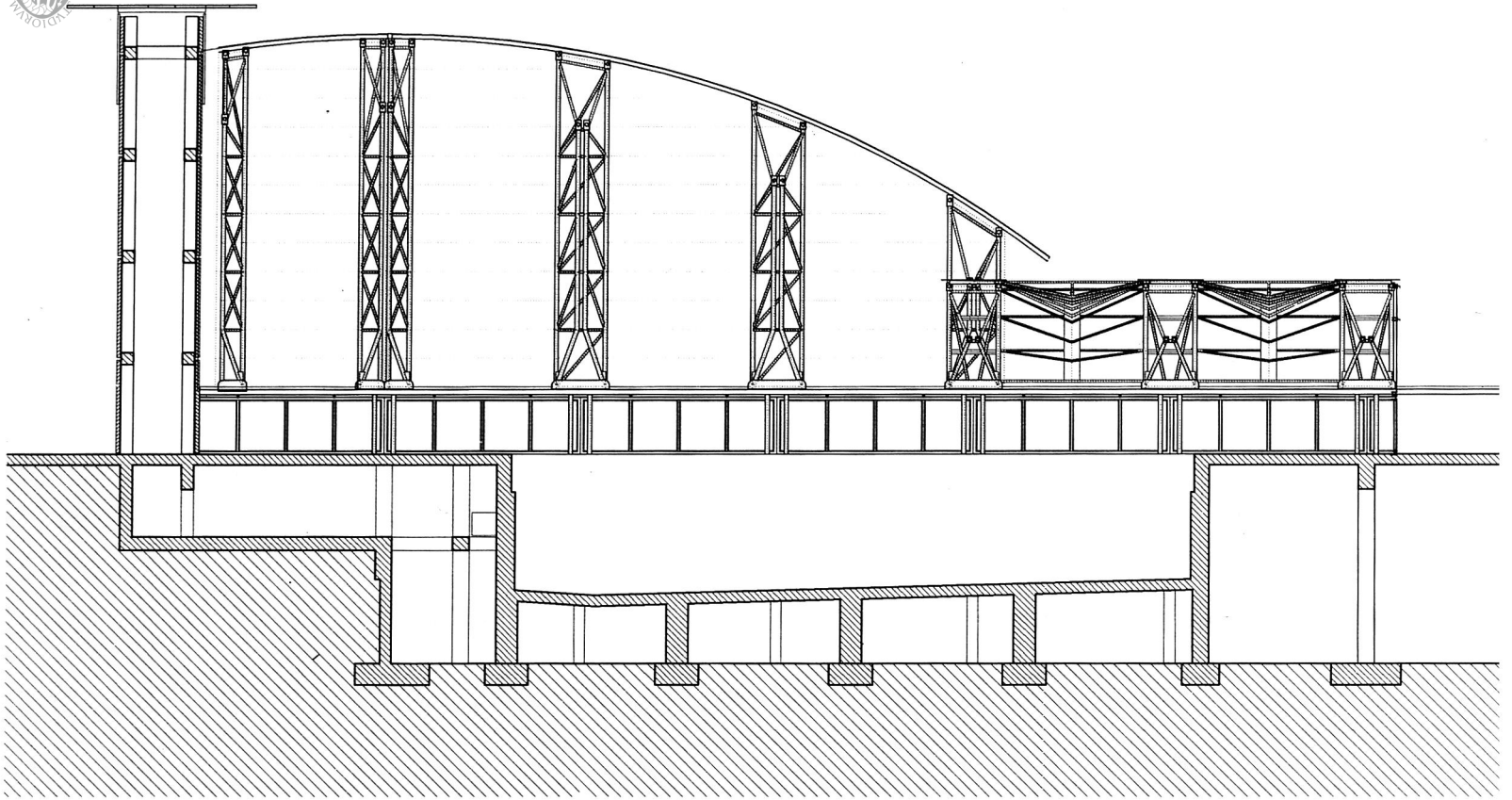
Proyecto de cubierta móvil para la piscina de salto de Montjuic
Planta



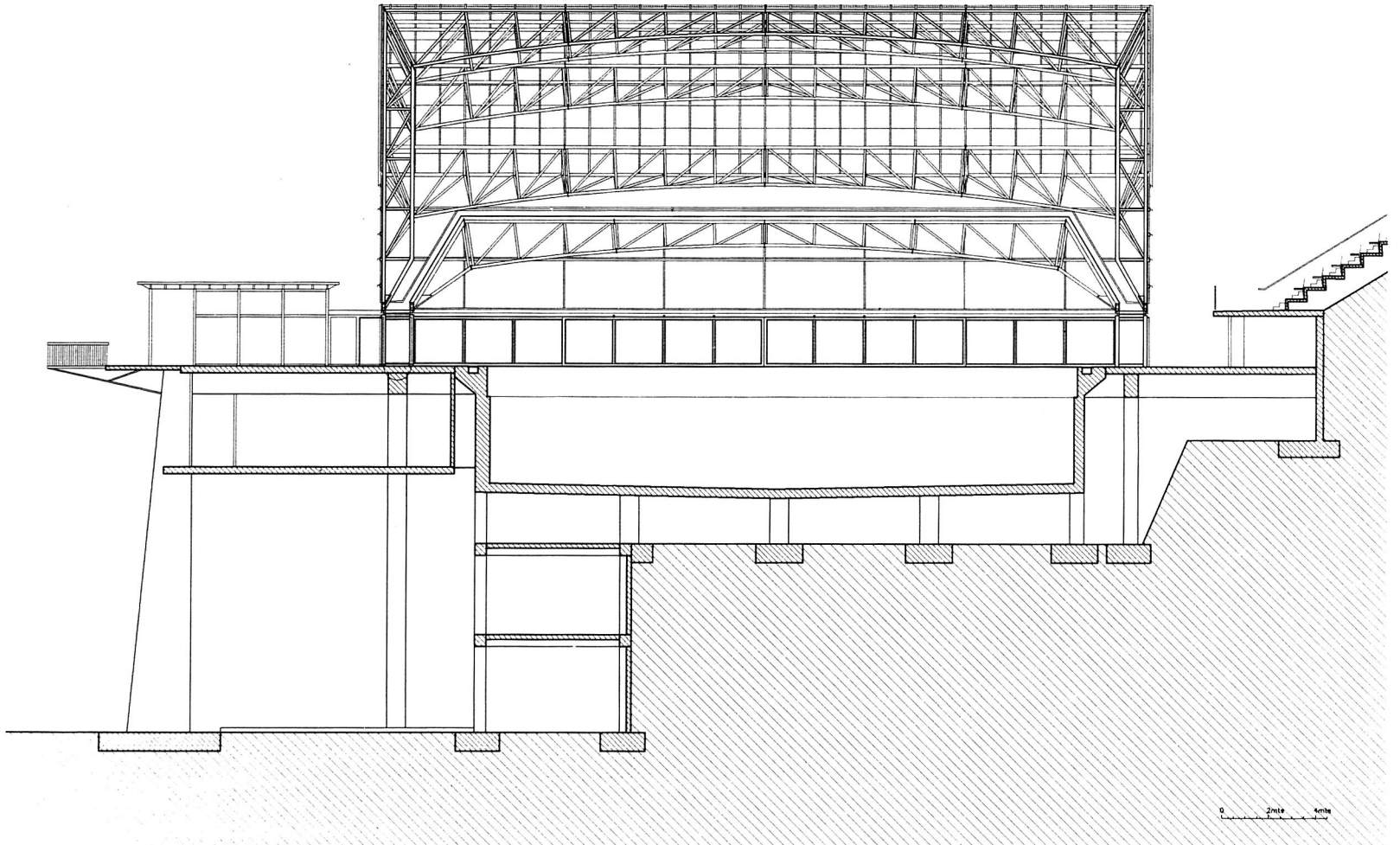
Alzado norte



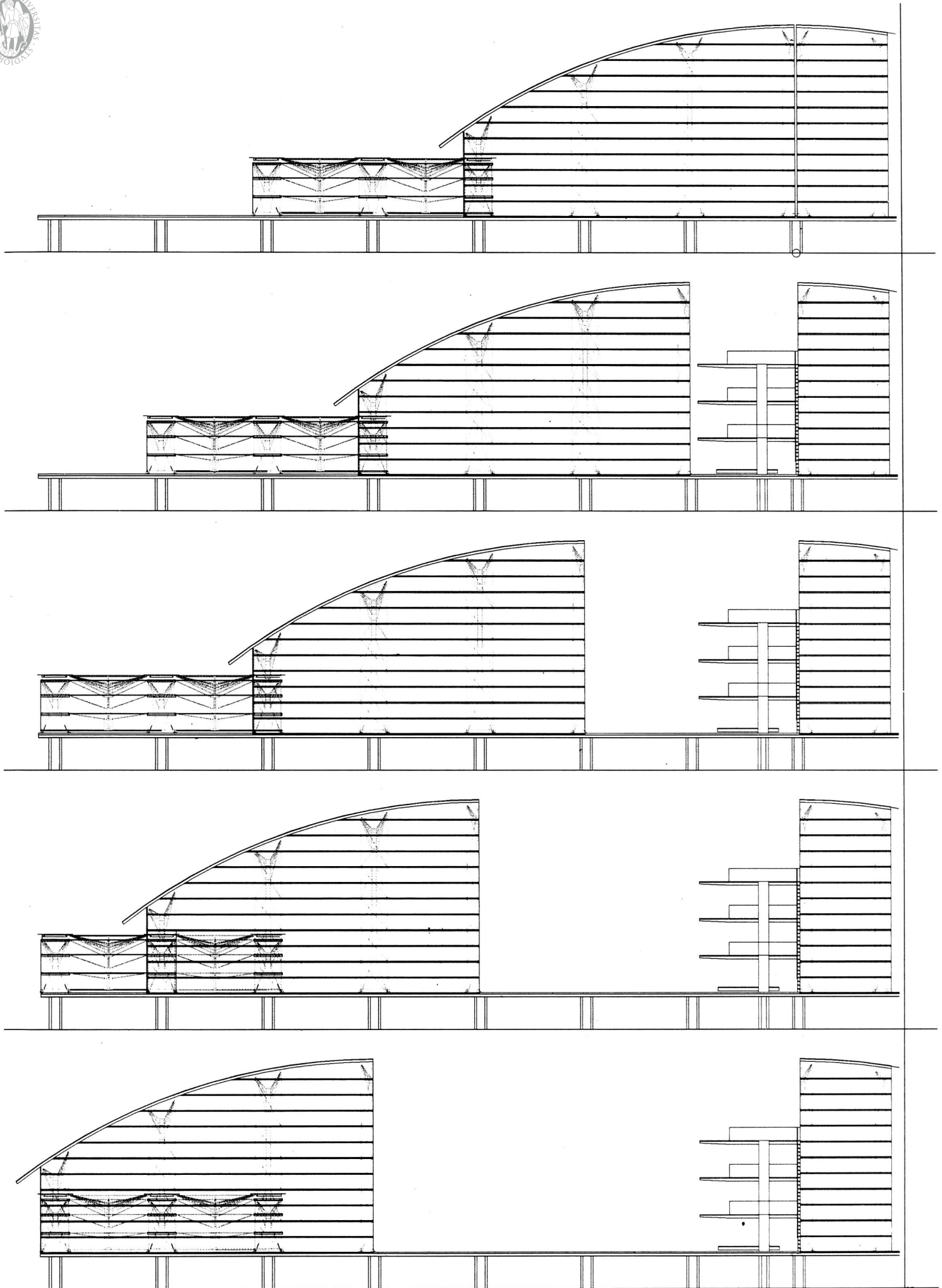
Alzado este



Sección longitudinal



Sección transversal



Movimiento de la cubierta

COLABORACIONES

Han colaborado en la fase de estudio previo:
COPREYC, FLUIDSA, FOLCRA, MAPERGLAS, ROLIPSA Y SCHÜCO.

Han colaborado en la redacción de este artículo:
ENRIC COMAS DE MENDOZA, Dr. Arquitecto
JOAN F. CHICO CONTIJOCH, Arquitecto
RAÚL DELGADO, Auxiliar de Construcciones Mecánicas
ESTHER FARRÉ SIMO, Aparcamiento Novedades
JOAN HOMS, Instalaciones de la Asociación del Personal de "La Caixa"
IBER, Camera
M. PERIZ COROMINAS, Maperglas S.L.

BIBLIOGRAFÍA

1. AVELLANEDA, J., ZAMORA, J. LL.: *SOLUCIONS CONSTRUCTIVES PER A L'ARQUITECTURA D'AVUI*. DEMARCACIÓ DE BARCELONA DEL COL·LEGI D'ARQUITECTES DE CATALUNYA, 1993
2. BULSON, P.S.: *RAPIDLY ASSEMBLED STRUCTURES*, PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE HELD AT SOUTHAMPTON, COMPUTATIONAL MECHANICS INSTITUTE, SOUTHAMPTON, 1991
3. ESCRIG, F.: *ARQUITECTURA TRANSFORMABLE*. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA DE SEVILLA, 1993
4. HERNÁNDEZ, C., ESCRIG, F.: *EL PABELLÓN DE VENEZUELA EN LA EXPO 92: UNA ESTRUCTURA DESPLEGABLE EN DURALUMINIO*. INFORMES DE LA CONSTRUCCIÓN, VOL. 45, Nº 429, pp. 61 - 69, 1994
5. HOBERMAN, CH: *THE ART AND SCIENCE OF FOLDING STRUCTURES: NEW GEOMETRIES OF CONTINUOUS MULTIDIMENSIONAL TRANSFORMATIONS*. SITES, Nº 24, pp. 34 - 53.
6. INSTITUT FOR LIGHTWEIGHT STRUCTURES: *IL 5 CONVERTIBLE ROOF*. UNIVERSITY OF STUTTGART, 1972.
7. LLORENS, SOLDEVILA: *NEW RETRATABLE ROOF ON EXISTING BUILDINGS. CASE STUDY: THE MONTJUÏC SWIMMING POOL IN BARCELONA*. MARAS 96: 2ND. INTERNATIONAL CONFERENCE ON MOBILE AND RAPIDLY ASSEMBLED STRUCTURES, 17 - 19/ 06, SEVILLA, 1996.
8. PARKE, G.A.R., HOWARD, C.M: *INTERNATIONAL CONFERENCE ON SPACE STRUCTURES 4*. TELFORD, THOMAS LONDON, 1993.
9. PUERTAS DEL RIO, L.: *SPACE FRAMES FOR DEPLOYABLE DOMES*. BULLETIN OF THE INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR SHELL AND SPATIAL STRUCTURES. VOL. 32, Nº 106, pp. 107 - 113, 1991.
10. VENTURA, X: *CUBREN LA PISCINA MUNICIPAL DE MONTJUÏC*. LA VANGUARDIA 27/10/95, p.38, 1995.