

El proceso constructivo de los teatros del “Canal” del arquitecto Juan Navarro Baldeweg

The building system of the theatres of “Canal” designed by architect Juan Navarro Baldeweg

Alfonso del Águila García*, Matteo Borsetti**, Joara Cronemberger**, Iker Gómez Iborra**, Raúl González Bravo**

RESUMEN

El artículo que se presenta estudia y valora el sistema constructivo, y su desarrollo, de las obras de los Teatros del Canal, obra del Catedrático de Proyectos de la Escuela de Arquitectura de Madrid, Prof. Navarro Baldeweg, que se están llevando a cabo en Madrid, siendo la Promotora y Propietaria el Canal de Isabel II de la Comunidad Autónoma de Madrid. Se trata de un conjunto de tres edificios, dos teatros y un centro coreográfico, cada uno con soluciones constructivas diferenciadas. Este artículo es el resultado del trabajo llevado a cabo durante el Curso 2006-07 en el Seminario de “Industrialización de la Construcción”, que bajo la dirección del Catedrático Prof. del Águila se desarrolla dentro del Programa de Doctorado del Departamento de “Construcción y Tecnología Arquitectónicas” de la Universidad Politécnica de Madrid. El trabajo comprende dos partes bien diferenciadas: La primera de introducción, prólogo (redactado por el Prof. Navarro) y una descripción general de los edificios; la segunda, desarrollando las diferentes partes constructivas del mismo, desde los distintos tipos de estructuras utilizados, pasando por las fachadas “colgadas” a modo de telones, a los aspectos múltiples de interior, desde la acústica, al mobiliario especial y a los acabados y todo ello no puramente descriptivo, sino también de una manera crítica para que sirva como una consecuencia con valor didáctica para los alumnos-autores.

146-105

Palabras clave: teatro, losas postesadas, fachadas suspendidas, estructuras mixtas, encofrados trepadores.

SUMMARY

This present article studies and criticizes the building system and the development of the theater and dance complex of Canal (Teatros del Canal, Madrid), designed by Juan Navarro Baldeweg, Principal Professor of Architectural Design at Madrid School of Architecture Polytechnic University. These theaters are being built in the center of Madrid city. The owner and developer of this complex is Canal de Isabel II (the water supply company of Madrid regional Government). The project consist in a three building complex, two theatres and a choreographic centre, put together by a back service block, each of them with it's own different building solutions. This article is the result of the work done during the term 2006-07 of the Seminar of “Industrialization of Building Process” that, under the direction of the Principal Professor Alfonso del Águila, takes place within the Ph. D. Program of the Department of Construction and Architectural Technology set in Madrid School of Architecture Polytechnic University. The work includes two different parts: the first one, which introduces is a prologue written by Prof. Navarro and a general description of the building. The second part describes its different construction areas, ranging from the different structural solutions, the hung façades pretending to be theatre curtains, some aspects of the interior design, as acoustics, special furniture and finishes, not in a mere descriptive way, but also from a critical manner with the intention to be a consequence with didactical value for the students/authors.

Key words: theatre, poststressed concrete slabs, composite structures, climbing forms.

* Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónica de la ETSAM. Universidad Politécnica de Madrid (Madrid, España)

** Arquitectos. Programa de Doctorado. Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónica de la ETSAM. Universidad Politécnica de Madrid (Madrid, España)

Persona de contacto/Corresponding author: alfonso.delaguila@upm.es ([Alfonso del Águila García](mailto:alfonso.delaguila@upm.es))

1. INTRODUCCIÓN

Para solucionar la carencia en Madrid de un espacio funcional, moderno y cómodo, que acogiese en la Comunidad Autónoma la actividad teatral propia, en junio del año 2000, con el patrocinio del Canal de Isabel II, se convocó un concurso restringido para el proyecto del “Centro de las Artes Escénicas de la Comunidad, Teatro del Canal”.

Su ubicación sería en el céntrico barrio madrileño de Chamberí, capital de España, muy bien comunicado.

La convocatoria se resolvió, por unanimidad, a favor de la propuesta del arquitecto Juan Navarro Baldeweg, que contaría con “MC2 Estudio de Ingeniería” para llevar a cabo el audaz proyecto estructural necesario para desarrollar su diseño arquitectónico.

El Teatro es un conjunto formado por tres edificios: dos teatros y un centro coreográfico, siendo sus estructuras variadas (h.a.; h.p.; metálicas; mixtas).

Los edificios se caracterizan por tener una estructura colgada de las zonas superiores mediante pantallas y losas en voladizo de h.p. de hasta 18 m.

En el año 2002, se adjudicaron las obras a una UTE formada por Dragados y OHL.

El origen de este trabajo surge en el “SEMINARIO DE INDUSTRIALIZACIÓN”, que se desarrolla dentro del Programa de Doctorado del Departamento de “Construcción y Tecnología Arquitectónicas” de la Universidad Politécnica de Madrid.

Su profesor responsable, catedrático Alfonso del Águila, planteó en el curso 2006-07 unas nuevas líneas de docencia ligadas a la investigación, pero íntimamente vinculadas al estudio in situ de obras arquitectónicas relevantes, que estuviesen en construcción para observar su proceso evolutivo.

El Equipo formado en el Seminario ha sido un grupo de cuatro arquitectos-doctorandos procedentes de tres países, que sin conocerse previamente han colaborado espléndidamente, integrándose de tal modo en el reparto de tareas.

El repertorio gráfico obtenido es enorme, así como la calidad de los diseños de detalles y perspectivas excelente. Solamente lo más seleccionado se ha incorporado en este artículo.

También hemos llevado a cabo numerosas reuniones de debate.

Todo ello ha dado lugar al trabajo que se desarrolla en las páginas siguientes.

Los apartados técnicos vienen precedidos por una descripción amplia de los edificios, pues así se entienden mejor.

La estructura tiene una solución diferente en cada uno de los edificios, siendo lo más destacable el empleo de hormigón postesado para resolver los grandes vuelos. Aquí la participación de MC2 ha sido decisiva.

Otro punto que se destaca es el proceso de desapeo de las grandes losas empleadas, así como la ejecución de la rampa volada exterior creada entre el Centro Coreográfico y el Teatro principal.

Las diferentes fachadas presentan tipologías muy variadas, desde los ya habituales muros-cortina y ventiladas, hasta las “suspendidas” que dan a las calles principales, que presentan un aspecto innovador constructivo y una plasmación de la idea de “telón”, que desea el arquitecto Juan Navarro.

Todo ello se describe en el apartado 5. ENVOLVENTES.

De estas fachadas y de la cubierta de la “zona dorsal” se acompañan unas perspectivas constructivas aclaratorias hechas por el equipo.

La última parte se dedica, en 6. MATERIALES, a la descripción de la construcción de interiores y de los acabados.

En esta fase se encuentran las obras a día de hoy (diciembre, 2007)

Finalmente, aparece una ficha completa del Equipo Técnico y los Créditos.

2. PRÓLOGO DE JUAN NAVARRO BALDEWEG

Muchas solicitudes concurren en este proyecto. Por un lado, la naturaleza intrínseca de su programa hace referencia a la creación de un espacio de ilusión, a un mundo de fantasía, es decir, a lo imaginario como sustancia del proyecto. En segundo lugar, la excepcionalidad de la función característica de un edificio que apela a ese mundo imaginario y que se sitúa en una zona urbana algo desdibujada y descuidada que solicita una respuesta fuerte, rica formalmente, con vitalidad intrínseca que haga brillar y anime la encrucijada de las calles Bravo Murillo y Cea Bermúdez. En tercer lugar, la actividad teatral exige integración y segregación simultáneamente. La vida ciudadana

debe sentirse atraída por ella y a la vez ha de existir una separación, una discontinuidad para defender el núcleo de lo virtual que es ajeno, por naturaleza, a la realidad ciudadana circundante.

Esta última demanda doble y divergente se traduce en una integración y continuidad de la calle en el nivel de las plantas bajas y en la segregación por elevación del resto del programa a lo alto situando sobre la primera planta de vestíbulos las salas de los teatros y las aulas de Danza. Las plantas bajas con los grandes vestíbulos, la tienda y la cafetería son transparentes y visibles desde la calle incorporando su actividad a la ciudad e invitando a la participación. Las zonas verdes próximas del Canal dejan también su huella en el proyecto, a nivel de la calle, con superficies de césped que se adentran en el solar hasta el perímetro rehundido y libre del cristal que encierra vestíbulos o cafetería y con este gesto se trata de incorporar el edificio a las zonas verdes próximas.

Sobre esa planta baja, que es umbral entre edificio y calle, se crea un animado juego de volúmenes que se percibe como un despliegue zigzagueante de formas en el aire que promueve experiencias contrastantes de lo cóncavo y lo convexo, semejante al de unas banderas movidas por el viento. El conjunto se experimenta en percepciones complementarias: vaciándose o hinchándose y mostrando u ocultando el interior a la vista desde la calle.

La piel que envuelve esos volúmenes flotantes es como de papel, captando la luz y reflejándola con brillos atenuados. Todo esto corresponde a una idea tectónica deliberada, inteligible como "máscara" que es idónea al carácter del teatro o la danza y que se traduce en el valor protagonista de la pura apariencia y en el juego vivo de las formas. La piel que se despliega en el espacio consiste en una superficie de cristal en parte opaco y en parte translúcido y transparente.

Los cristales opacos son de color negro, rojo y plata, con una apariencia mate, aterciopelada, por tratamiento de su superficie matizando su color y el brillo superficial. El color se trata como una sustancia básica constructiva, algo que parece cortado con tijeras, o tallado directamente a partir de masas crudas. El tratamiento de esa sustancia cromática recuerda los recortables de Matisse en los que la pintura adquiere una naturaleza escultórica.

Las cajas escénicas de ambos teatros en el interior son como el hueso del fruto, y

la celda íntima que se fija dentro de estos volúmenes textiles inflados. Son estas cajas también las que sirven de soporte principal organizando, a partir de ellas, la estructura física del edificio.

Las entradas al teatro frontal y experimental se encuentran en una cota superior (+6.00), como ya se ha mencionado, y se accede a ellos por escaleras rodantes. La cafetería se abre a la calle y a una terraza al aire libre que se dispone en el patio que se encuentra en la esquina Suroeste, enlazándose al carácter doméstico y tranquilo de la zona de viviendas interiores de la manzana.

La entrada a las zonas de servicios teatrales y la zona de la carga y descarga se hace desde la calle Bravo Murillo y Cea Bermúdez, junto a las medianerías. En el fondo del Sur, y a lo largo de todo el solar, se hacen todas las comunicaciones entre escenarios y cajas escénicas. Una rendija de luz a lo largo de las medianeras en el límite Sur ilumina estos espacios de comunicación conectando entre sí los escenarios y los camerinos. Esta infiltración cenital de la luz natural evita así espacios sórdidos en esos lugares alejados del público.

Las salas de Danza se disponen en torno al lado occidental del solar. Un patio propio que otorga luz natural en abundancia a las salas sin mermar sus condiciones de privacidad. Una gran rampa conecta las distintas plantas integrándolas en un vestíbulo que cierra por un lado la gran hendidura de entrada principal desde la calle a los teatros. Los planos muestran la conexión establecida entre estas aulas y salas de Danza y los escenarios de los dos teatros sin que exista, como puede verse, conflicto de esta circulación privada y la pública.

(Texto del Arquitecto autor del proyecto: JUAN NAVARRO BALDEWEG)

3. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

3.1. Emplazamiento

El edificio se encuentra en el centro de Madrid, en barrio de Chamberí, en sus dos fachadas exteriores, norte y este respectivamente, con dos de las principales arterias de la ciudad, las calles Cea Bermúdez y Bravo Murillo. Hacia el este y el sur el edificio se adosa a los edificios colindantes, presentando fachadas interiores a patios de manzana.

El solar posee una superficie de 8.746,14 m², ocupando la construcción casi el 90% de su superficie, lo que ha dejado muy poco espacio libre para la instalación de casetas, grúas

Accesos

El acceso rodado para carga y descarga y acceso de servicios teatrales se realiza desde la calle Bravo Murillo, a través de la medianera con el edificio de viviendas preexistente en el límite sur del solar. Se han instalado dos monta-camiones que permiten elevar éstos hasta la última planta para poder llevar todo tipo de equipamiento escénico hasta las salas de ensayo situadas en las últimas plantas.

El acceso al aparcamiento subterráneo se sitúa en la medianera oeste. En un principio se había planteado un aparcamiento público, aunque finalmente se ha descartado y será de uso exclusivo para personal vinculado al Teatro. Ese acceso rodado configura un patio interior al que se abren parte de las salas del Centro Coreográfico.

El acceso peatonal principal tiene lugar a través del espacio público abierto hacia la calle Cea Bermúdez, entre el Centro Coreográfico y el Teatro principal, desde el que se accede a la cafetería, patio y otros espacios de libre acceso en planta baja.

Se ha planteado un segundo acceso peatonal entre ambos teatros, para ser utilizado cuando la afluencia de público así lo requiera.

y otros medios auxiliares y para el acopio de los materiales de la obra. Esto, unido a la compleja accesibilidad debida al denso tráfico que presentan las dos calles que le dan acceso, ha obligado a continuas variaciones estratégicas durante la ejecución.

3.2. Descripción del Proyecto

El proyecto plantea la creación de un nuevo espacio colectivo abierto a la ciudad, hacia la Calle Cea Bermúdez, de manera que en esta planta se ubiquen los vestíbulos de acceso a los teatros y los usos más públicos como pueden ser la tienda o la cafetería, que se ofrecen como zonas de libre acceso desde la calle, integrando así el espacio exterior al interior del edificio.

En las plantas superiores, que vuelan sobre dicho espacio abierto, se albergan los usos principales del programa de necesidades.

El edificio está compuesto por tres piezas o volúmenes principales claramente diferenciados, tanto compositiva como funcionalmente, que se corresponden a los tres usos principales a los que se dedicará una vez terminado.

Como primer uso tendríamos el Teatro Principal, un espacio escénico con la configuración tradicional de los teatros clásicos con una gran sala de ensayo en la parte superior del mismo.

Como segundo uso está el Teatro Configurable, un gran espacio con múltiples configuraciones posibles que permiten distintos tipos de representaciones y, por último, el Centro Coreográfico, destinado a la enseñanza y práctica de la Danza.

La superficie construida total es de 35.200 m², con una superficie útil de 29.400 m².

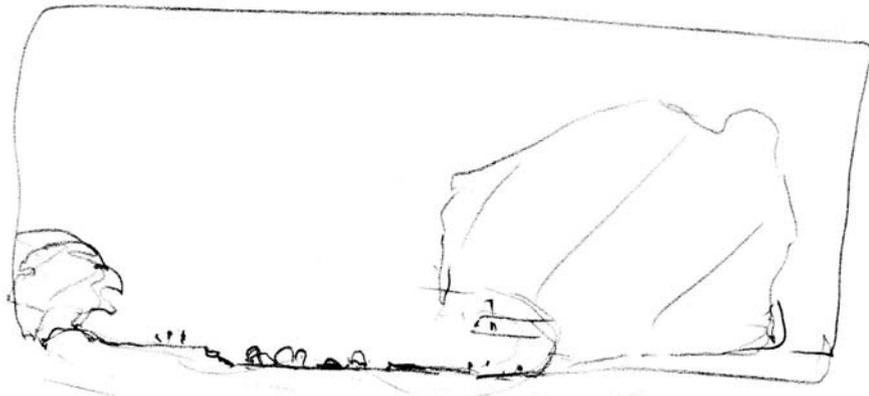


Figura 1. Sección transversal. Croquis.

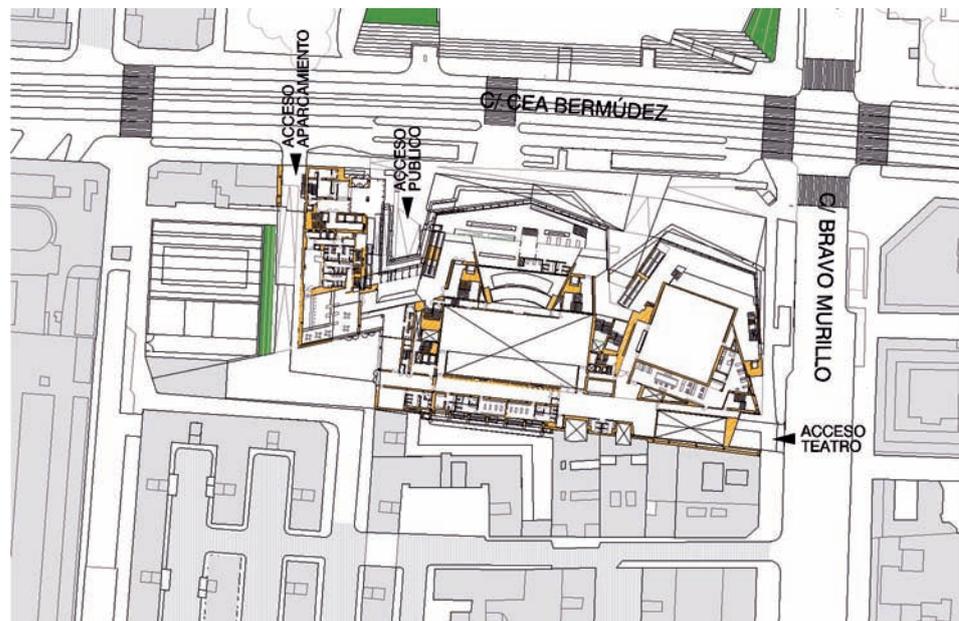


Figura 2. Plano de situación.



Figura 3. El edificio.

PROGRAMA DEL EDIFICIO

TEATRO PRINCIPAL

Escenario
 Embocadura: 14 x 9 m.
 Fondo: 20 m.
 Foso de orquesta: 83 músicos.
Sala
 Configuración: Frontal
 Aforo: 900 espectadores.
Cabinas de control

TEATRO CONFIGURABLE

Escenario
 Embocadura: 12 x 9 m.
 Fondo: 10 m.
Sala
 Configuraciones posibles: Frontal, Central en sala, Central grande, Central rectangular en cruz, Central escenario, Central sala, Central escenario reducido, Central con escenario, Salón de baile, Rectangular y Frontón
 Aforo: de 490 espectadores hasta 674 en versión central
Cabinas de control

CENTRO COREOGRÁFICO

Oficinas y biblioteca
 Área Técnica
 Salas y aulas

BLOQUE DE SERVICIOS PARA SALAS

Camerinos
 Sastrería
 Peluquería
 Sala de Ensayos
 Talleres
 Almacenes
 Carga/descarga y Unidades Móviles
 Aparcamiento privado para 40 vehículos

SERVICIOS PARA PERSONAL Y FUNCIONAMIENTO

Oficinas administrativas
 Oficinas técnicas
 Oficinas de compañías
 Cantina
 Vestuarios y servicios para personal

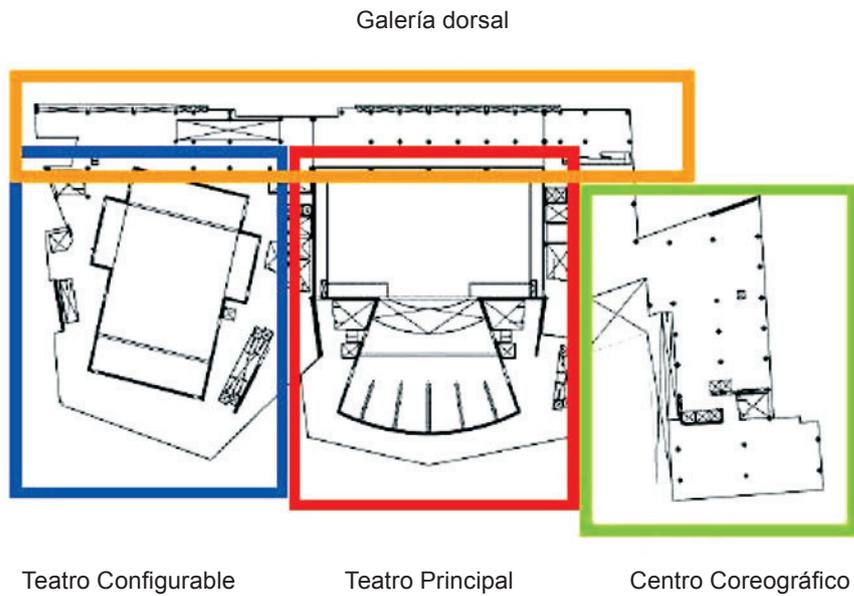


Figura 4. Los volúmenes de la edificación.

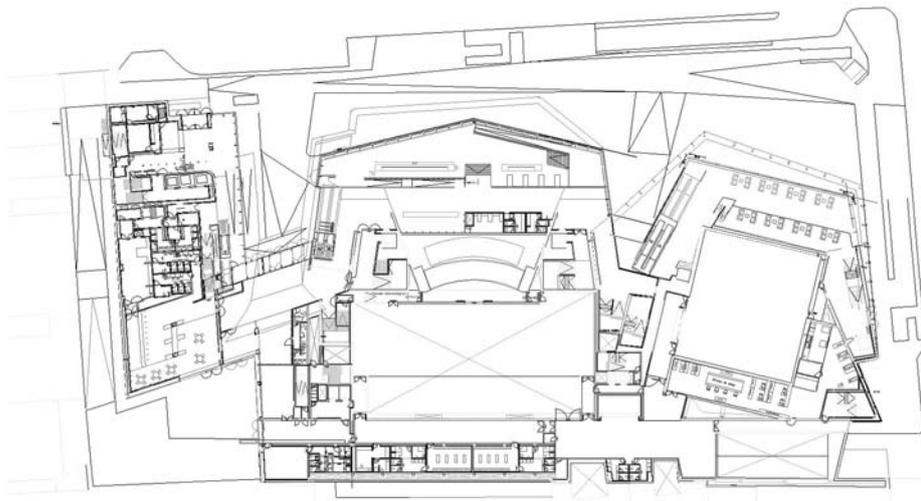


Figura 5. Planta baja. Acceso.

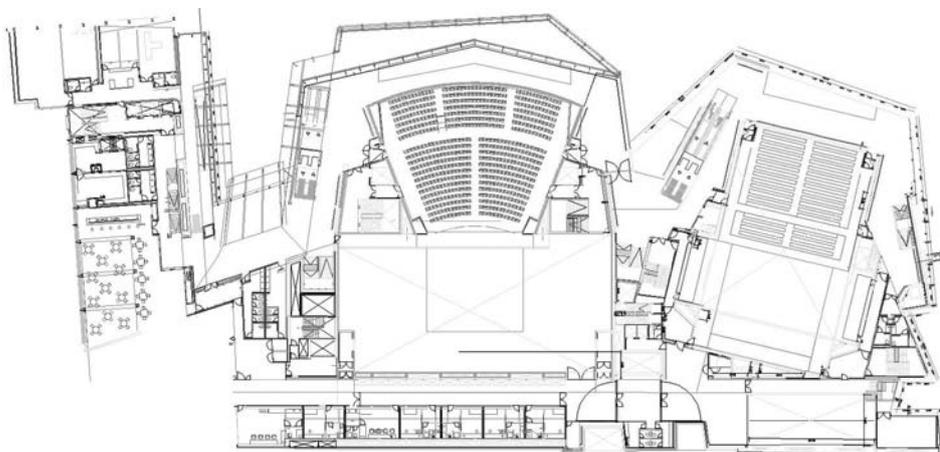


Figura 6. Planta primera. Foyer teatros.



Figura 7. Acceso del público.

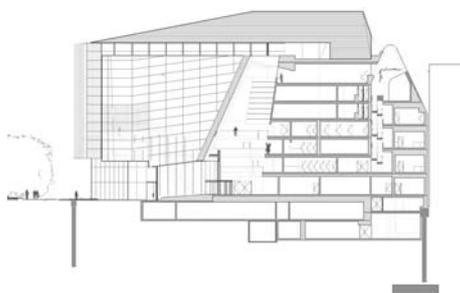


Figura 8. Sección transversal por vestíbulo.

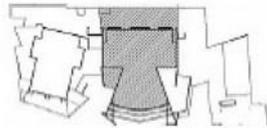
A los Teatros el público tiene acceso por escaleras andantes que salen del luminoso foyer del nivel de la entrada. Arriba es sorprendido por un sinuoso foyer de proporciones monumentales, de 15 metros de alto, donde materiales tan distintos como madera y vidrio son iluminados difusamente por la doble piel de la fachada y por la luz captada desde la cubierta, en un creativo juego que utiliza los parteluces superiores.

Este foyer surge de la alternancia de llenos y vacíos que se crea a partir del movimiento de la fachada con las exigencias funcionales del interior, como si hubiera sido esculpido en la materia bruta del vidrio, dejando a uno de los lados la inclinación necesaria a la arquitectura de cada una de las salas.

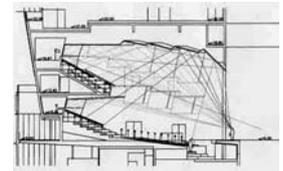
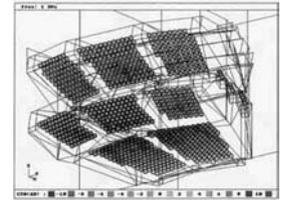
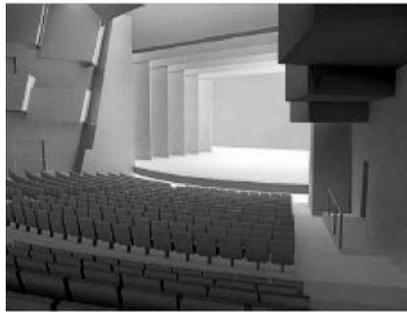
Desde la multicolor fachada de vidrio colgada, una referencia manifiesta a un collage de Matisse, hasta los interiores que ya en obra se notan suntuosos, la intención de integrar las otras bellas artes con la arquitectura es una marca importante del proyecto, lo que se hace de manera natural en una obra cuyo autor es también un talentoso artista plástico.



- Losas y pantallas de hormigón armado y pretensado
- Estructuras mixtas



Sala Principal
 (928 espectadores)



A la derecha de la entrada, primeramente se llega al Teatro Principal, que ocupa el volumen central de la edificación, atrás del recorte blanco que muestra y oculta tras la opacidad y transparencia de la impresionante fachada de vidrio.

Puede recibir hasta 928 espectadores cómodamente sentados en sus dos niveles. Las soluciones arquitectónicas de la sala, como el foso de orquesta dotado de plataforma móvil, y un escenario de 40,00 m de ancho y 20,00 m de fondo de escena le

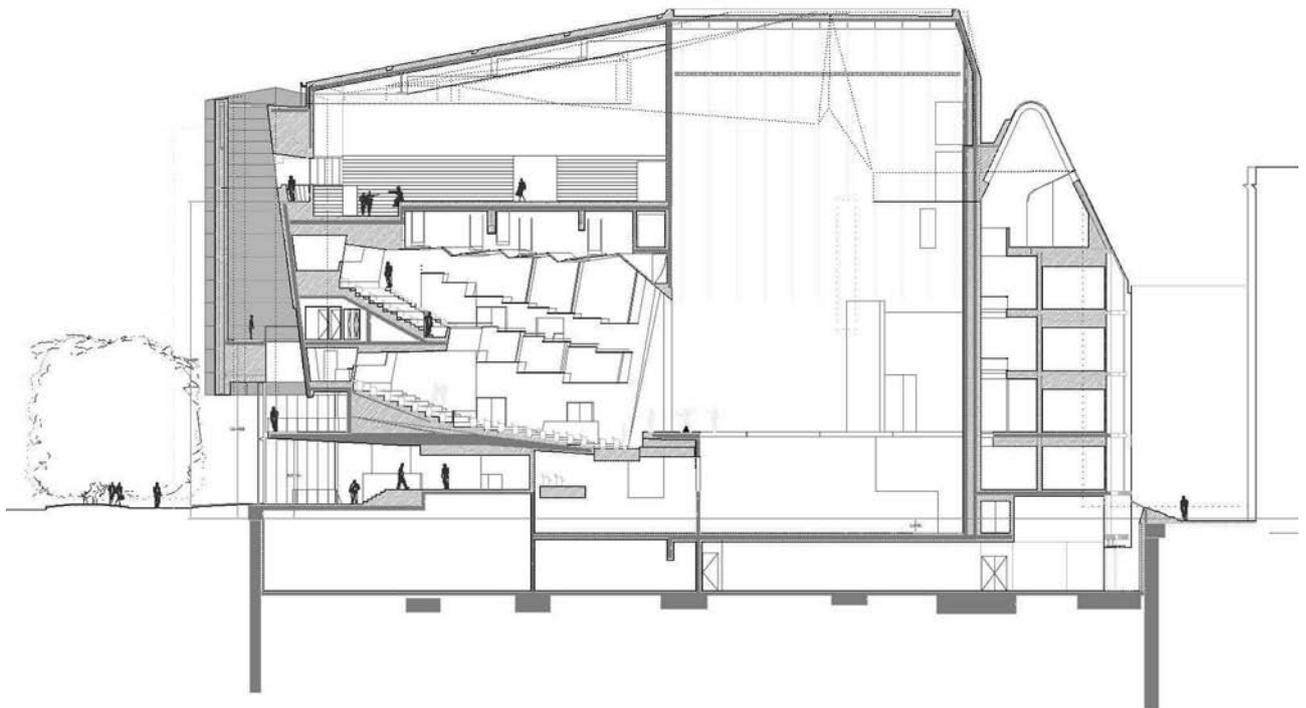
permitirán abrigar los más exigentes tipos de espectáculos.

Esta sala está equipada con generosas instalaciones para ensayos, con destaque para una sala de 700,00 m² de área enteramente sin obstáculos.

Aquí se destaca también una pasarela de circulación que es a la vez un importante ducto para instalaciones de climatización del edificio y de la circulación de aire de la doble piel exterior.

Figura 9. Detalles del Teatro Principal.

Figura 10. Sección transversal por Teatro Principal.



Sala Configurable
(450-694 espectadores)

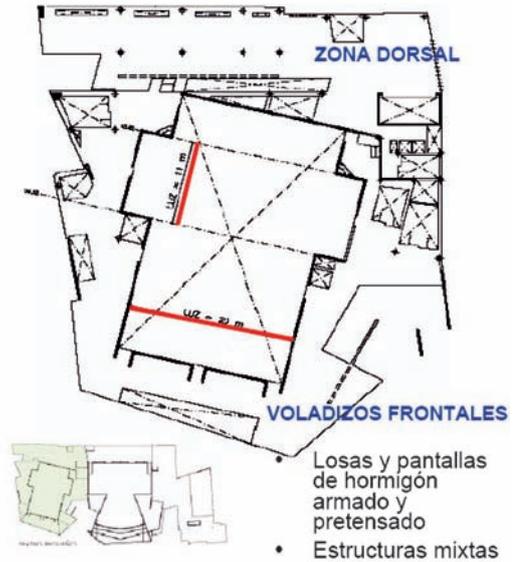


Figura 11. Detalles del Teatro Configurable.

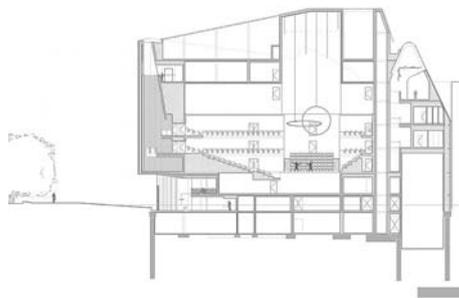


Figura 12. Sección transversal por Teatro Configurable.



Figura 13. Volumen del Centro Coreográfico y Aula.

Continuando el paseo por el foyer el espectador será conducido al Teatro Configurable, un espacio de gran versatilidad, cuya configuración se puede cambiar según las necesidades del espectáculo, a través del uso de gradas telescópicas, suelos e techos técnicos. Así que el teatro puede ser configurado para ser frontal, central en sala, central grande, rectangular en cruz, con escenario reducido, rectangular o salón de baile, variando el aforo de 490 hasta 674 personas sentadas cuando tiene mayor capacidad de público.

A la derecha de la entrada, en el volumen rojo de la fachada, está el Centro Coreográfico, otra de las importantes funciones de la edificación, dedicada al arte de la danza. Son aulas de diferentes alturas, salas de baile, estudios y camerinos distribuidos en siete niveles, y abiertos para el patio interior formado por la medianera oeste, confiriéndoles la necesaria intimidad y quietud requeridas a su buen funcionamiento.

El Centro Coreográfico funcionará con independencia de las actividades de los teatros, gracias a las eficientes circulaciones que se crearon, con destaque para la expresiva rampa de hormigón armado que interconecta exclusivamente sus pisos, cuyos detalles interiores son tan bien cuidados como los demás espacios del edificio.

Los tres volúmenes se unen en su parte posterior por una Galería Dorsal que engloba los usos auxiliares como administración, camerinos, controles y demás zonas de servicios, que no sólo unifica compositivamente los tres volúmenes principales, sino que también resuelve la comunicación interna entre los tres usos del Teatro.

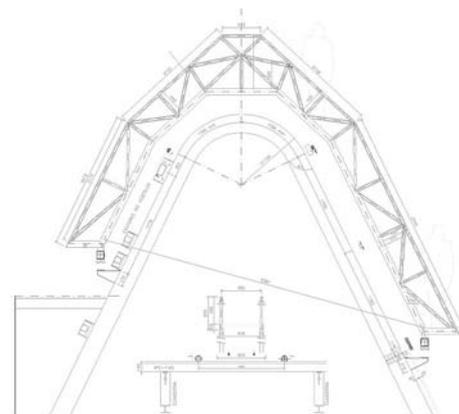


Figura 14. Detalle de la Galería Dorsal.



Características del terreno: $\sigma_{adm} = 0,30, 0,45$ MPa; $r_{fuste} = 0,06, 0,10$ MPa

Figura 15. Sistema estructural.

4. ESTRUCTURA

4.1. Sistema estructural

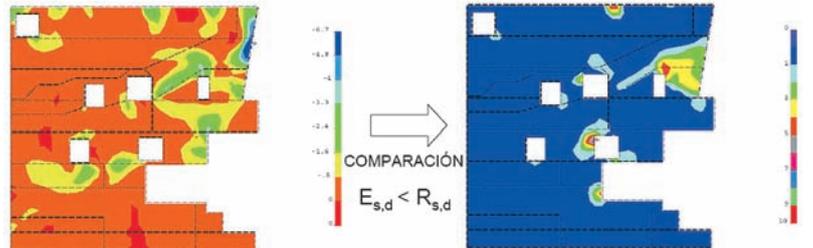
El cálculo estructural del conjunto se resuelve individualmente para cada una de las 3 partes que lo componen. La resolución bajo rasante es unitaria para los tres: estructura de hormigón armado; tanto para el pilotaje, como para el resto de la cimentación, como para la estructura de los sótanos hasta llegar a la cota de calle.

Sobre rasante, los teatros (el Principal y el Configurable) requieren del mayor aislamiento frente a las molestias de la calle. Es sensato conceder ese aislamiento al hormigón armado. Por otro lado, es necesario acoger y proteger a los espectadores, sin impedir torpemente el movimiento de los peatones por la calle. Son los volúmenes de los teatros quienes dejan libre la planta de acceso, volando sobre ella.

Para soportar las tracciones que se originan por el vuelo, y no permitir fisuraciones, se recurre al postesado del hormigón. Una vez conocido el material a emplear (hormigón armado postesado según necesidad) se debe prestar atención a la compleja transmisión de cargas en las 3 dimensiones que concurren en los teatros. La necesidad de monolitismo de los conjuntos, debido a los vuelos existentes; hace que haya una gran interacción de cargas en cada uno de los edificios. Esto hace que sea necesario el cálculo de cada estructura como un conjunto tridimensional.

Para llegar a una resolución del problema, se recurre al cálculo global de elementos finitos. La modelización de los teatros se formaliza a través de 26.200 elementos para el teatro principal (19.000 m²) y de 22.162 para el configurable (15.000 m²). Siendo éste el proceso más laborioso de todos y el más importante.

Los modelos, son sometidos a las cargas e hipótesis impuestas por la normativa, resultando unos esfuerzos que ayudan al predimensionado de los espesores de muros y losas. Tras varios cálculos, entre ellos el



Características del terreno: $\sigma_{adm} = 0,30, 0,45$ MPa; $r_{fuste} = 0,06, 0,10$ MPa

Figura 16. Comparación de Esfuerzos y Resistencias en una pantalla lateral del Teatro Principal.



Figura 17. Vistas aéreas de la estructura del Teatro Configurable.



Figura 18. Vista inferior de la gran losa volada del Teatro.



Figura 19. Primer plano del armado de los conectores de postesado en el canto de la losa del Teatro Principal.

Los sistemas estructurales empleados son:

Teatros

- Fundamentalmente pantallas y losas de hormigón armado y pretensado.
- En las zonas frontales inferiores y en la galería dorsal soportes de hormigón en las zonas bajo rasante y metálicos sobre rasante. Losas macizas de hormigón armado con perfiles metálicos descolgados.
- Celosías, vigas de alma llena y pórticos metálicos y mixtos de carácter autoportantes en las cubiertas de las salas, de las cajas escénicas y de la galería dorsal
- Costillas metálicas en ménsula y perfiles metálicos de cuelgue para la sustentación de la fachada acristalada.

Vistas aérea de la estructura del Teatro Configurable

Puede apreciarse la plataforma de hormigonado, así como las medidas anticaídas

Vista inferior de la gran losa volada del Teatro

16 m de luz aparente, Es necesario destacar cómo a pesar de la gran cantidad de armado en la estructura esta se encuentra con el recubrimiento suficiente. Lo que demuestra habilidad en el proceso de colocación de armaduras.

Centro Coreográfico

- Soportes de hormigón en las zonas bajo rasante y metálicos (y mixtos) sobre rasante. Las macizas de hormigón armado con perfiles metálicos (y mixtos) descolgados.

Primer plano del armado de los conectores de postesado en el canto de la losa del Teatro Principal (Fig. 19). Para la ejecución hay que tener en cuenta el empleo del postesado, siendo las conexiones fijas en la parte trasera y accionables en la frontal. Debido a los espesores reducidos de las pantallas, y sobre todo de las losas y sus cantos, es necesario reducir el tamaño de los conectores, aumentando el número de estos, repartiendo mejor las compresiones en el hormigón.

Las grúas se sitúan en el centro de los dos teatros. Las pantallas de hormigón armado correspondiente a los teatros se realizan mediante encofrados de trepa, continuos a lo largo del perímetro. Esto permite avanzar con gran rapidez, la caja del escenario del teatro principal va consiguiendo el peso necesario para contrarrestar el de la losa en vuelo. También comienza el reparto de cargas entre los tensores activos necesarios. El Centro Coreográfico se ejecuta a través de pilares y vigas metálicas mixtas, y pantallas y losas de hormigón armado. Para garantizar la estabilidad al fuego, se recurre a pilares y vigas de acero tipo H-istar, garantizando en sección llena de hormigón, su estabilidad al fuego. El cálculo de este edificio es mucho más sencillo de realizar que el de los teatros, siendo lo más relevante constructivamente la realización de la rampa exenta. (la cual se describe más adelante). Dispuesto el encofrado de la losa del teatro principal, también las armaduras y los separadores; no se limpiaron alambres, ni se prepararon los paneles de encofrado para hormigón visto. La falta de decisión final hizo que tuvieran que ser acabados con mortero monocapa. La estructura de los forjados de bajocubierta se realizan por medio de cerchas metálicas.



Figura 20. Proceso de ejecución de la estructura.

de comportamiento frente al fuego, el de durabilidad de los materiales, fluencia del hormigón,...se rectifican los pocos errores cometidos en el dimensionado (habilidad de los calculistas de MC2).

Después, se somete el modelo a un proceso automático de armado de losas y pantallas, para, finalmente, realizar comprobaciones según modelos locales y sencillos pero muy efectivos en la comprobación manual, validándose el proceso de cálculo, para obtener los planos de armado y estructura.

El terreno, es el característico de Madrid, arenas de miga ocasionalmente limosa, y arenas tosquizas.

4.2. Proceso de ejecución de la estructura

Lo primero a realizar es la excavación siendo necesario considerar la existencia de edificios colindantes con cimentaciones poco profundas.

Para no generar nuevos asentamientos, se recurre a realizar pilotaje perimetral de la parcela con limitación muy restrictiva de movimientos horizontales.

Se necesita apuntalamiento o berma de apoyo. Una vez realizado dicho pilotaje, se excava hasta los más de 8 m de profundidad.

Para realizar la cimentación del conjunto interior, se recurre a una solución mixta de zapatas y losas de cantos comprendidos entre los 130-160 cm.

Desde esta fase, las juntas de dilatación se hacen presentes, separando las 3 partes que componen el conjunto entre sí. Sala Configurable, Teatro principal, y Centro Coreográfico.

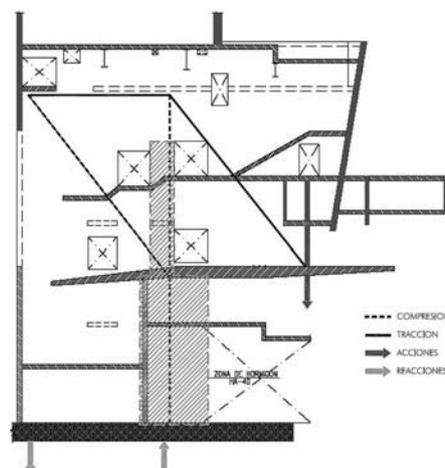


Figura 21. Juntas de dilatación del conjunto.

4.3. Desapeo de la estructura

Uno de los puntos singulares en el proceso constructivo, es el desapeo de las losas cuando éstas son autorresistentes. Empleando gatos hidráulicos de 6500 kN de capacidad máxima apoyados en columnas provisionales de acero; se realiza primero el pesaje de la losa, y la proporción de pantalla; alzando el conjunto ligeramen- te. Se pueden retirar ya encofrados y apeos, estos dos procesos se realizan de continuo desde la presentación de los gatos en su lugar de trabajo, durando una tarde y parte de la noche, se señalan y cuantifican además los desplazamientos verticales de un modo visible.

Durante la mañana siguiente se desciende la estructura; pudiendo al fin retirarse los gatos, su tiempo en obra, cercano a las 24 horas.

El Proceso de desapeo de los teatros se realizó siguiendo un protocolo en cuatro fases:



Figura 22. Fase 1: Pesaje de la estructura. Traspaso de la carga a los gatos.



Figura 23. Fase 2: Ligera elevación y retirada de chapas.

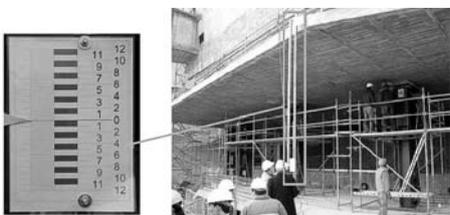


Figura 24. Fase 3: Descenso simultáneo por escalones de los gatos.



Figura 25. Fase 4: Retirada de apeos.

4.4. Rampa Centro Coreográfico

Otro punto a destacar es la gran rampa de carácter escultórico que surge doblemente en voladizo hacia la plaza creada entre el Centro Coreográfico y el Teatro Principal. Doble- mente en voladizo, porque se sostiene en el aire mediante vigas en ménsula de 4,50 m que salen desde los pórticos principales del Centro Coreográfico, y, a su vez, los tramos de rampa están también volados con respec- to a la parte central, de forma que la rampa queda completamente exenta.

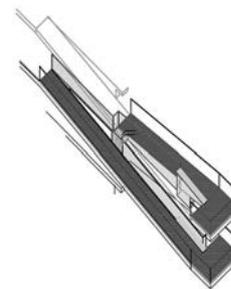


Figura 26 b. Vista axonométrica del interior de la rampa del Centro Coreográfico.



Figura 26 a. Foto del interior de la rampa del Centro Coreográfico.



Figura 27. Foto exterior de la rampa del Centro Coreográfico.

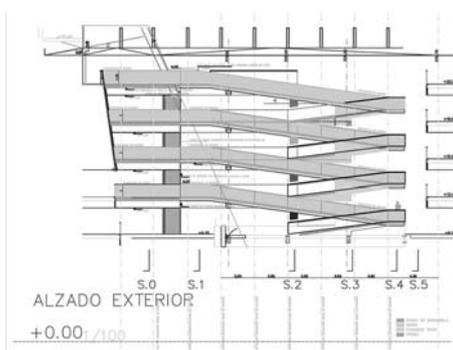


Figura 28. Alzado exterior de la rampa del Centro Coreográfico.

La rampa se puede ver aparente- mente suspendida en el aire desde el exterior del edificio a través de la fachada acristalada transparente que se ha dispuesto en las plazas que se crean entre las tres piezas del edificio, y que están colgadas mediante costillas metálicas de su parte superior.

5. ENVOLVENTES

5.1. Fachadas

En el edificio se han proyectado varios tipos de fachadas. Varias de las fachadas responden a tipologías bastante convencionales de muro-cortina o de fachadas ventiladas que el presente artículo no entra a detallar en profundidad.

La aportación más significativa del edificio en lo que a fachadas se refiere es el cerramiento hacia las calles Cea Bermúdez y Bravo Murillo de los tres volúmenes.

Estas fachadas, que pueden verse en la imagen del pie de página, han sido proyectadas para transmitir la idea de "telón", con los tres colores tradicionales de los telones de teatro: negro, gris y rojo.

Esta idea trata de formalizarse mediante una fachada suspendida de cubierta y utilizando un vidrio laminar, lacado al interior en los tres colores mencionados, y con una textura de pequeños resaltes piramidales, de manera que se perciba en la distancia como el terciopelo utilizado en el teatro.

Constructivamente, estas fachadas se resuelven de dos maneras diferentes. Los paños de fachada que hacen frente a las calles Cea Bermúdez y Bravo Murillo son opacas casi en su totalidad, salvo algún hueco acristalado buscando alguna vista específica desde el interior del teatro.

Estas fachadas opacas se realizan mediante un doble muro cortina, al exterior y al interior, con los vidrios descritos en el párrafo anterior, y aislamiento térmico en la cámara interior.

Los vidrios se fijan, tanto interior como exteriormente, a una perfilearía horizontal oculta, con la junta sellada, y a una perfilearía vertical vista, cerrada con un tapajuntas de sección triangular que enfatiza el efecto "telón" simulando los pliegues de tela al exterior y con unas tapetas en forma de U, de madera, al interior. La carpintería de estos muros-cortina ha sido desarrollada conjuntamente por la empresa Schüko y el Estudio Navarro Baldeweg, expresamente para este edificio.

Estructuralmente la fachada responde al concepto de telón, ya que ésta se suspende de la estructura de cubierta de los teatros mediante unos perfiles HEB a los que se fija la carpintería. Estos perfiles HEB están colgados de una viga de celosía de acero dispuesta en toda la longitud de las fachadas frontales, que a su vez se apoya en sus extremos en dos ménsulas de hormigón que son continuidad de las pantallas laterales que encierran los volúmenes de los teatros.



Figura 29. Imagen del vidrio de fachada y su sistema de fijación. Puede apreciarse la textura del mismo.



Figura 30. Imagen de la fachada del Teatro Principal, en primer plano, y el Centro Coreográfico, al fondo.

En el remate superior de la fachada se ha construido un lucernario acristalado bajo el que se disponen una serie de lamas para tamizar la luz directa formados por un bastidor de perfiles IPE de acero y una malla de perfiles de aluminio revestidos por paneles tipo composite de aluminio lacado, según se puede apreciar en la imagen de la izquierda.

De esta manera se logra que la luz cenital entre de manera controlada y bañe sutilmente los paramentos verticales. Igualmente oculta las luminarias que durante la noche iluminarán este espacio como si de la luz diurna se tratase.

En las fachadas laterales que encierran los pliegues entre los diferentes volúmenes se ha optado por un muro-cortina convencional con acristalamiento translúcido o transparente, ya que este cerramiento envuelve los espacios de estancia y circulación de público entre los diferentes usos del edificio y se ha optado por un entorno más luminoso que en los foyeres de los teatros.

De la misma manera se disponen zonas con acristalamiento transparente en las zonas donde se pretende enfatizar vistas significativas, dejando el vidrio translúcido para en resto de las zonas, preservando así la privacidad de dichos espacios. En la imagen inferior puede apreciarse este efecto.

El aislamiento térmico de estas fachadas se resuelve, en el caso de las fachadas laterales, mediante el acristalamiento del muro-cortina, doble con cámara de aire, de una manera convencional.

En el caso de las fachadas hacia la calle el concepto es totalmente diferente. Aunque constructivamente se planteen ambas hojas como muros-cortina, la función de éstos no es la de lograr una envolvente transparente o translúcida, sino meramente la de conseguir el efecto visual deseado mediante la textura proporcionada por los vidrios elegidos.

De ésta la tipología constructiva de muro-cortina se ha elegido por ser la más adecuada para conseguir una superficie lo más lisa posible tanto al interior como al exterior.

En la página 22 puede verse un alzado desplegado, con todas las fachadas exteriores hacia la vía pública, en el que puede apreciarse los distintos tipos de fachada en función del uso al que se destina cada volumen o de la orientación del mismo.

También puede apreciarse cómo la línea de cornisa no es horizontal, sino que es el resultado del encuentro de los diferentes faldones de cubierta con los planos de fachada, creando así un perfil irregular.



Figura 31. Caja de cristal.



Figura 32. Entramado estructural.

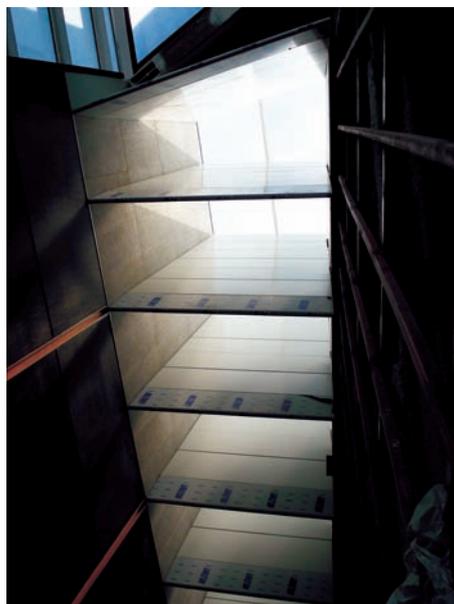


Figura 33. Lucernario.

Como puede verse en la primera imagen, tomada desde la primera planta del vestíbulo, según se accede al foyer del teatro principal, la fachada se continúa con un lucernario en cubierta enfatizando el concepto de "caja de cristal" que envuelve los espacios de circulación, jugando con las diferentes texturas del vidrio para permitir vistas determinadas vistas puntuales que se han considerado especialmente valiosas.

También se puede ver en dicha imagen cómo en el caso de las fachadas laterales, la carpintería del muro-cortina se fija a perfiles de acero HEB o conformados con platabandas, según los casos, dispuestos de forma inclinada. Estos perfiles están suspendidos de su parte superior, pero en este caso no de una viga de celosía, sino de ménsulas de acero ancladas lateralmente a las pantallas de hormigón.

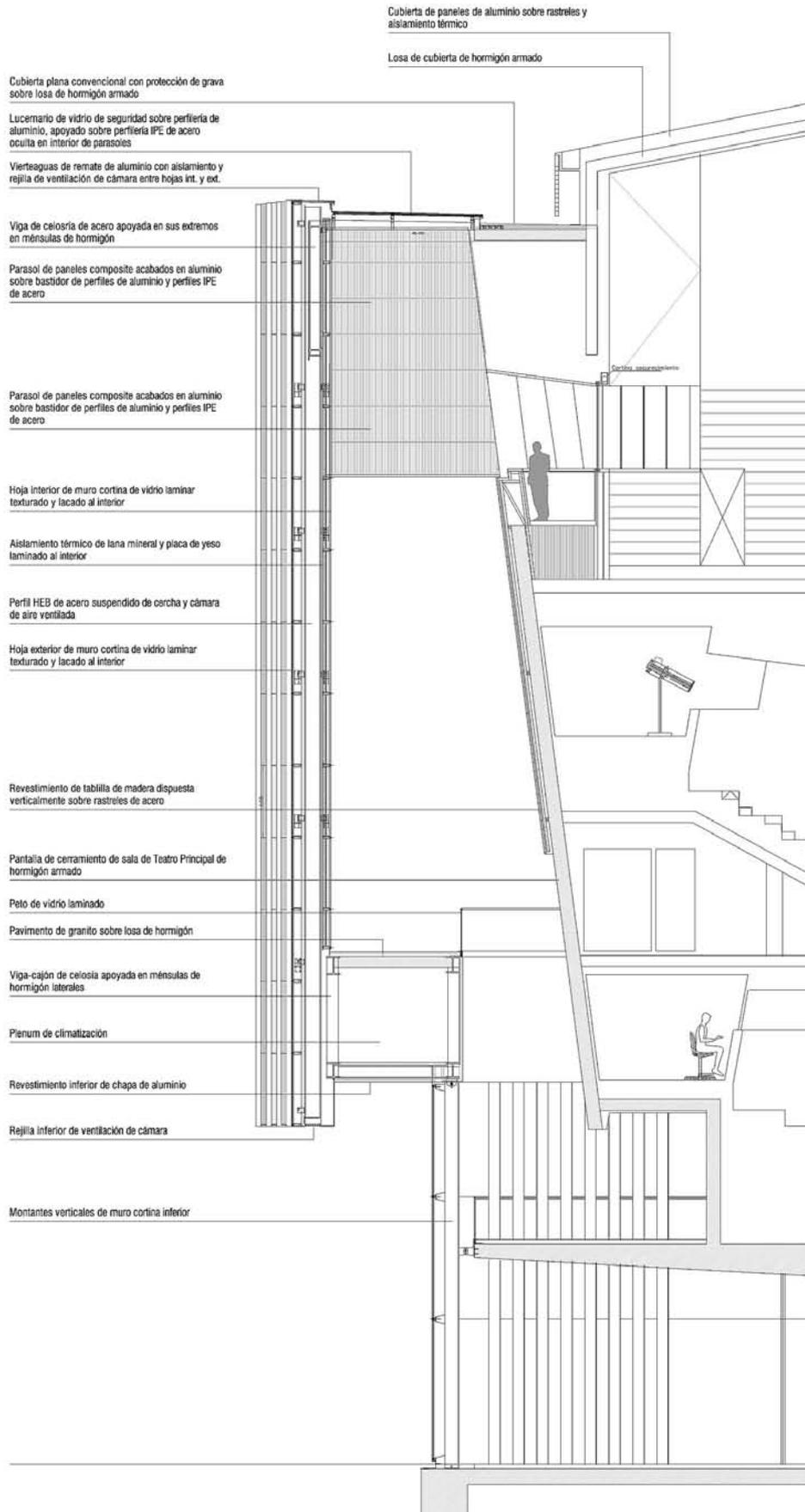
La segunda imagen muestra el entramado estructural antes de la colocación de la carpintería y el acristalamiento.

Se puede apreciar muy bien cómo de una serie de ménsulas triangulares de acero van suspendiéndose los perfiles que soportan el peso de las fachadas de vidrio.

La tercera imagen, tomada desde el foyer del Teatro Principal, muestra el lucernario que configura el encuentro entre fachada y cubierta y permite dotar durante el día de una iluminación natural difusa y controlada a dicho espacio.

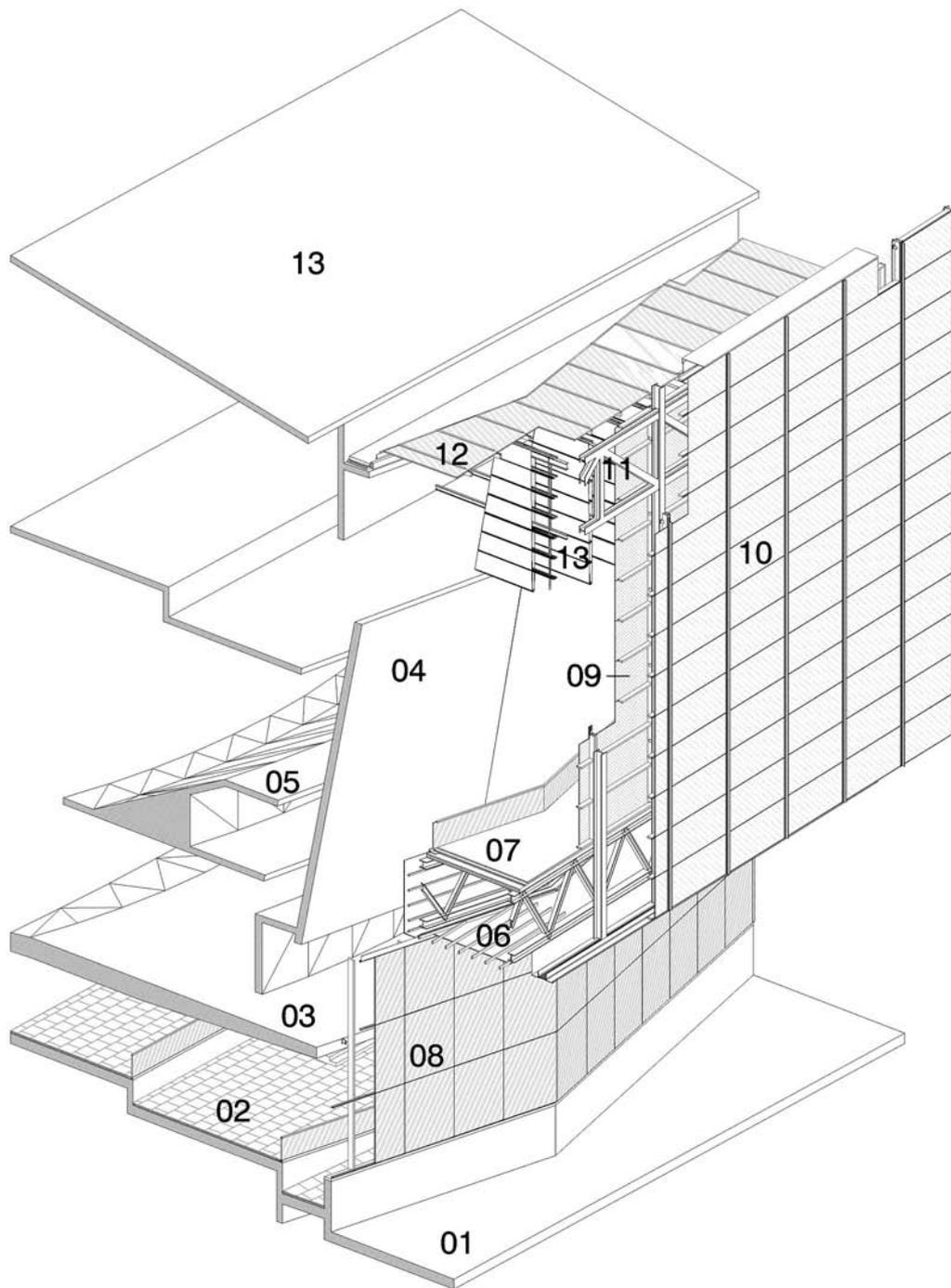
La luz se tamiza mediante una serie de parasoles interiores revestidos con paneles composite de aluminio.

Este mismo esquema se repite en el foyer del Teatro Configurable, creando el mismo efecto.



SECCIÓN POR FACHADA. TEATRO PRINCIPAL

Figura 34. Sección por fachada del Teatro Principal.



- | | |
|--|--|
| 01. Espacio público exterior | 08. Muro-cortina de cerramiento de plantas baja y primera |
| 02. Forjado de planta baja y pavimento de granito | 09. Muro-cortina interior de fachada <i>tipo telón</i> |
| 03. Forjado de planta primera, <i>foyer</i> de Teatro Principal | 10. Muro-cortina exterior de fachada <i>tipo telón</i> |
| 04. Pantalla de hormigón de cerramiento de teatro principal | 11. Viga de celosía superior de fachada |
| 05. Estructura interior de entresuelo de teatro | 12. Lucernario sobre <i>foyer</i> |
| 06. Viga-cajón de celosía y <i>plenum</i> de climatización de <i>foyer</i> | 13. Parasoles de paneles <i>composite</i> de aluminio |
| 07. Vestíbulo de entresuelo de Teatro Principal | 14. Cubierta de paneles de aluminio sobre estructura de hormigón y aislamiento térmico |

Figura 35. Perspectiva seccionada por fachada del Teatro Principal.

Como puede verse en los detalles de la derecha, el muro-cortina exterior funciona como la hoja exterior de una fachada ventilada, aunque en este caso con sus juntas selladas, manteniendo la estanqueidad de la cámara, que se ventila mediante dos rejillas, una superior y otra inferior.

El aislamiento térmico se dispone en la cara interior del cerramiento, mediante paneles rígidos de lana mineral colocados sobre una perfilería auxiliar de acero galvanizado protegidos con una placa de yeso laminado al interior.

En la cara interior se dispone el segundo muro-cortina, que tampoco realiza propiamente su función, sino que se ha elegido por el mismo motivo que en la hoja exterior, tratando de transmitir la idea de un telón que cuelga de la cubierta.

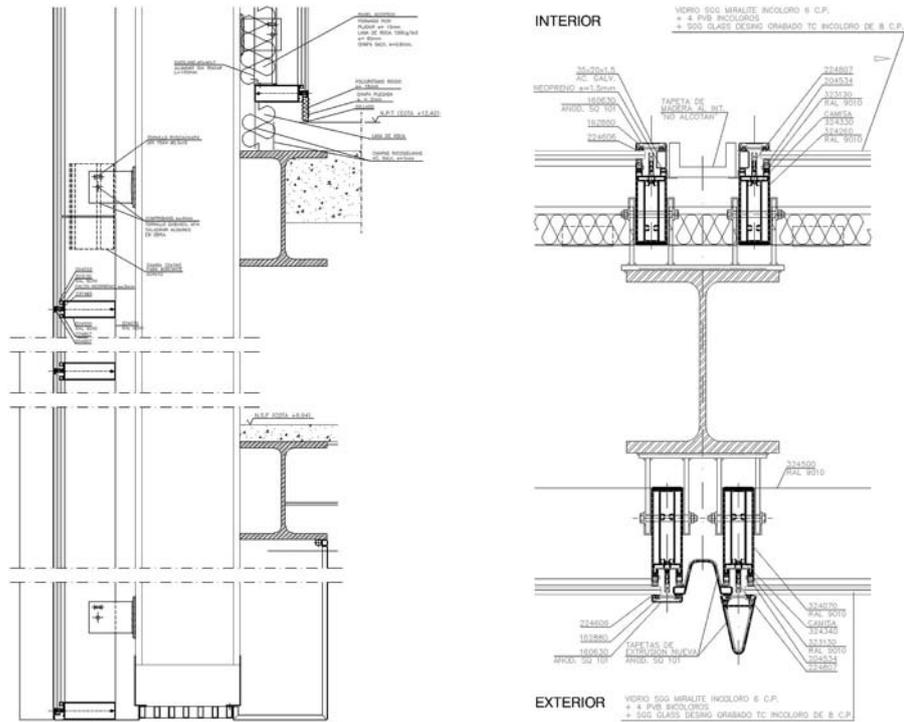


Figura 36. Detalles.

5.2 Cubiertas

Como puede apreciarse en la imagen del pie de página, en el edificio existen tres zonas claramente diferenciadas. La cubierta del centro coreográfico es una cubierta plana tradicional que no es necesario explicar en profundidad. La zona dorsal posterior del edificio está cubierta por una bóveda acristalada en su parte superior.

Los dos volúmenes principales de los teatros están rematados en su zona central por un volumen de mayor altura resuelto mediante cubierta plana, también sin una resolución significativa desde el punto de vista constructivo.

De dicho volumen central arrancan sendas cubiertas inclinadas que cubren ambos teatros, con tres faldones cada una, que se intersectan con el plano de fachada configurando el alero quebrado que caracteriza el alzado del edificio, como se ha comentado en el punto anterior.

En algunas zonas el encuentro de la cubierta con el plano de fachada no llega a formalizarse como tal y la línea del alero es la intersección aparente de ambos, formalizándose el encuentro entre fachada y cubierta con los lucernarios descritos en el apartado de fachadas.



Figura 37. Cubiertas.



Figura 38. Zona dorsal.

Zona dorsal

Como se ha comentado en la página anterior, la zona dorsal está cubierta por una bóveda con un lucernario en su parte superior.

En la imagen de la columna derecha puede apreciarse el sistema utilizado en ésta, mediante costillas de perfiles IPE de acero curvados en su parte superior, apoyados en la pantalla posterior de hormigón de los teatros y en el muro medianero. En el espacio bajo esta cubierta se alojan las oficinas del Centro de Artes Escénicas, sirviendo además de iluminación natural a la zona de camerinos y servicios que se ubica en la zona dorsal del edificio mediante el patio que se ve en la parte izquierda de la fotografía.

El lucernario superior está cubierto por un acristalamiento doble con cámara de aire y vidrio exterior de control solar, siendo lo más significativo el vidrio curvo de la cumbre de la bóveda. La zona opaca de ésta se ha revestido al exterior de paneles composite de aluminio.

Teatros Principal y Configurable

Con este mismo material se han realizado la cubierta inclinada del Teatro Principal, excepto en sus alas laterales. En éstas y sobre el Teatro Configurable se ha proyectado una falsa cubierta, ya que no es una cubierta



Figura 39. Teatro Configurable. Falsa cubierta.

como tal, que protege un espacio en el que se ubican las instalaciones de climatización que de esta manera permanecen ocultas a la vista desde la calle permitiendo a la vez la correcta ventilación de éstas.

Esta falsa cubierta se ha realizado mediante una serie de branquias (como así las denominan sus autores) de aluminio, con el mismo acabado que el resto de la cubierta, de manera que la apariencia exterior se asemeja a la de las branquias de un pez.

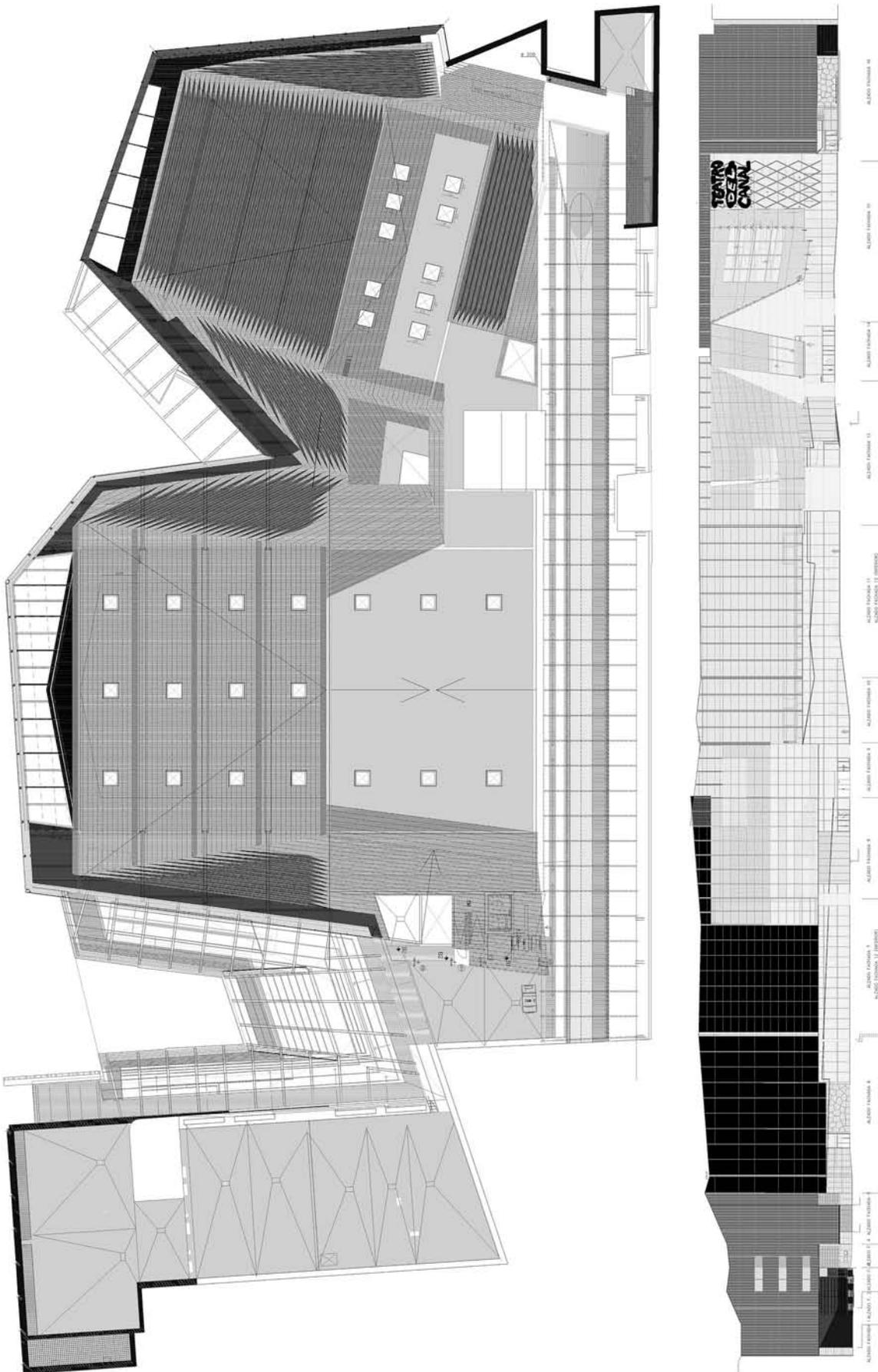


Figura 40. Planta de cubierta y alzado desplegado.

6. MATERIALES

6.1. Albañilería

Dentro de los materiales relativos a albañilería mencionaremos los que siguen:

En primer lugar haremos referencia a las fábricas de bloques: en el presente apartado nos referiremos a 2 fábricas de bloques, una de ellas de bloque macizo visto en diferentes espesores, en cerramientos de zonas internas de almacén y talleres y, la segunda, de bloque hueco que se utiliza para revestir zonas de instalaciones y muros de contención.

En segundo lugar mencionamos las fábricas de ladrillo. Entre ellas están las utilizadas para revestir, de un pie y medio pie de espesor, con el fin de recibir posteriormente aplacados de piedra o panelados de madera y las de ladrillo visto de un pie y medio pie de espesor, en patios interiores, medianeros y en cajas de escaleras interiores.

Por último, en cuanto a materiales de albañilería haremos mención de 5, entre los cuales se distinguen los siguientes: *tabiques de cartón-yeso*, a doble o triple placa, los cuales se presentan no sólo aislamiento y en diferentes espesores en la formación general de particiones del centro de danza, oficinas.

Destacamos en segundo lugar las *losas de hormigón prefabricadas*, las cuales siguen siempre la geometría del graderío de butacas recreadas sobre nivel de estructura mediante tabiquillos, peldaños y recrecidos de rampas en diferentes tamaños en escaleras terminadas en piedra o en madera y recibidor de barandillas y pasamanos, cercos y contra cercos.

Así como la formación de barras, petos ciegos rectos e inclinados.

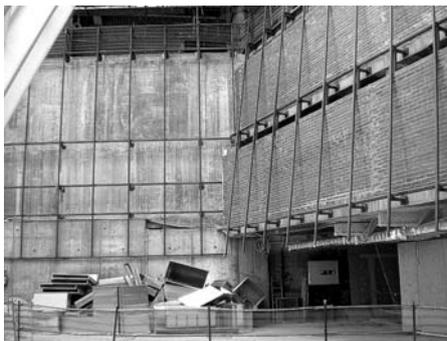


Figura 44. Fábricas de ladrillo y hormigón para revestir, para, posteriormente, recibir panelados de madera. Espacios vestibulares.

6.2. Revestimientos y Acabados Interiores

Entre los revestimientos y acabados distinguiremos los aplacados de piedra, solera de hormigón pulido en zonas de aparcamiento e instalaciones, los paneleados de tableros acabados en madera de arce, alicatado en zona abiertas de instalaciones, aseos y cocinas y los solados de gres porcelánico en aseos y cocinas, con tratamiento antideslizante en determinadas zonas.

También se encuentran en la categoría de revestimientos y acabados, los de *hormigón visto* en paramentos de espacios vestibulares y cajas escénicas, y en los pilares y muros del aparcamiento, así como los enfoscados de cámaras, cuartos técnicos y de instalaciones, trasdosado de *aplacados, tendidos de yeso* en resto de paramentos verticales y *solado de piedra* en vestíbulos y escaleras públicas.

Las *pinturas* ocupan un lugar importante cuando se trata de tabiques, techos y pilares de aparcamiento, en continuidad con el aparcamiento existente, utilizándose la pintura gris en muros, la pintura gris y blanca sobre carpintería metálica, y la pintura blanca en el resto de paramentos para pintar.

Entre los acabados utilizados en los techos encontramos, entre otros, los *techos de planchas de escayola*, con fosas perimetrales, los techos de *cartón-yeso acústico*, con perforaciones lineales y las bandas de falso techo registrable de lamas de aluminio lacado para registro de instalaciones.

Otro de los materiales utilizados para revestimientos son el de *tarimas de madera de arce*, bien en recibido directo en patio de butacas y anfiteatro, bien sobre rastreles en zona de camerinos, o bien sobre doble rastrel y apoyo elástico en aulas de danza.



Figura 41. Piel de vidrio opaco impreso. Espacios vestibulares.



Figura 42. Tarima de madera de arce, sobre doble rastrel y apoyo elástico en aulas de danza.



Figura 43. Imagen del panelado de tablero y su sistema.



7. EQUIPO TÉCNICO Y CRÉDITOS

CLIENTE:

Canal de Isabel II - Comunidad de Madrid

ARQUITECTO AUTOR DEL PROYECTO

Juan Navarro Baldeweg

DIRECCIÓN DE OBRA

Arquitectos: Juan Navarro Baldeweg, Jaime Bretón Lesmes

Apareadores: Eduardo González Velayos, Javier Reñones Marín, Pere Puigcerver, Pedro Villanueva.

COLABORADORES

Concurso

Virginia González Rebollo
Juan Antonio Bueno Bueno
Carmen Bolivar Montesa
Fernando G. Pino
Jaime Bretón Lesmes
Sibylle Streck
Alexander Levi

Proyecto Básico y de Ejecución

Jaime Bretón Lesmes
Virginia González Rebollo
M^a Val Vázquez Sequeiros
Eduardo Vivanco Antolín
José M^a Piédrola Martín

Dirección de Obra

Justo Ruiz Granados
Sabina Aparicio Belmome
Carolina González Vives

Maite Eizaguirre Markaide
Val Vázquez Sequeiros

CONSTRUCTORA

ACS-OHL

ESTRUCTURAS

MC2, Estudio de ingeniería.
Julio Martínez Calzón
Álvaro Serrano
Belén Ballesteros
Jorge Aparicio

INSTALACIONES

ARGU Ingeniería y Servicios, S.L.
Carlos Ara

MAQUETA

Juan de Dios Hernández & Jesús Rey S.L.

ASESORÍA TEATRAL

Stolle SL
José Luis Tamayo

ASESORÍA ACÚSTICA

García-BBM :
Vicente Mestre Sancho
Vicente Mendez Rodriguez

AGRADECIMIENTOS

Es muy de destacar la ayuda que se ha recibido de arquitectos de su Estudio, sobre todo del Arquitecto Justo Ruiz Granados. Tampoco podemos dejar de reconocer el especial trato que nos ha dado el Ing. Álvaro Serrano de MC2".

* * *