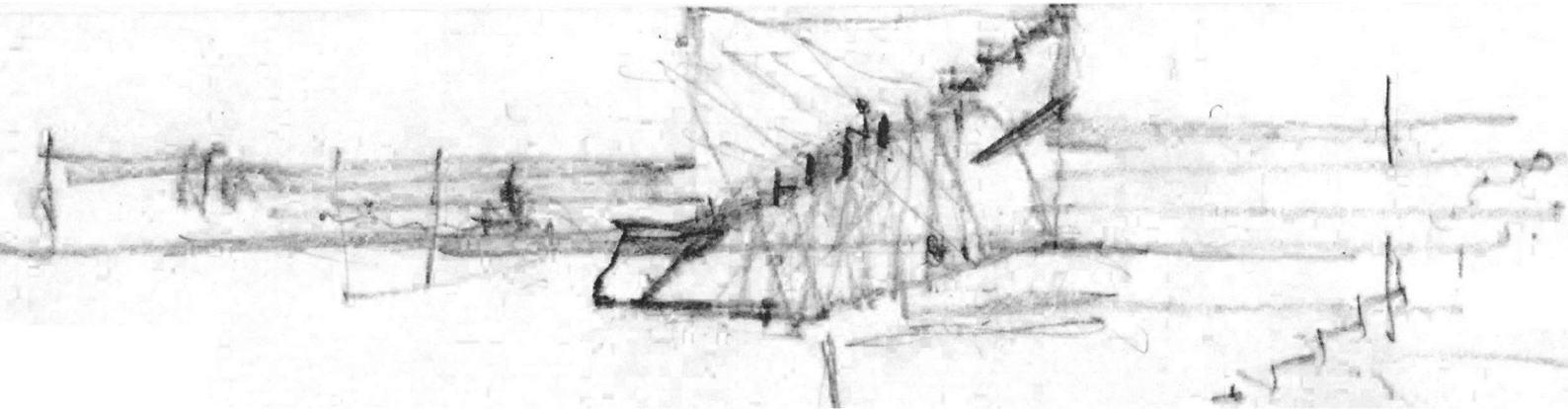


LUZ Y ESTRUCTURA

Los lucernarios de Alvar Aalto: Otaniemi y Riola



Marta Enguix Datino

Tutor: Rodrigo Pemjean Muñoz

ETSAM – Curso 2023-2024- AULA 6 TFG

Estudiante:

Marta Enguix Datino

Tutor:

Rodrigo Pemjean Muñoz

Departamento de Proyectos Arquitectónicos

AULA 6 TFG

Coordinador: Eduardo Pesquera González

Adjunto: Licia Aliberti

Curso Académico 2023-2024

Semestre de primavera

Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid

Universidad Politécnica de Madrid

Imagen de la portada: croquis del edificio principal del Politécnico de Otaniemi. Alvar Aalto, 1953.
Obtenido de Hipeli, M (2008): "Alvar Aalto, University os technology, Otaniemi", *Alvar Aalto architect, volumen 13*.

ÍNDICE

1. RESUMEN
2. INTRODUCCIÓN
 - 2.1. Objetivos del trabajo
 - 2.2. Metodología
 - 2.3. Estado de la cuestión
3. CLASIFICACIÓN DE LA OBRA
 - 3.1. Mapa resumen
 - 3.2. Descripción pormenorizada
 - 3.3. Selección y justificación de los casos.
 - 3.4. Contexto: la iglesia de Lahti, un paso previo.
4. CASOS DE ANÁLISIS: RIOLA Y OTANIEMI
 - 4.1. Datos generales
5. RIOLA
 - 5.1. Descripción del conjunto
 - 5.1.1. Descripción arquitectónica del proyecto
 - 5.1.2. Descripción constructiva
 - 5.2. Análisis del lucernario
6. OTANIEMI
 - 6.1. Descripción del conjunto
 - 6.1.1. Descripción arquitectónica del proyecto
 - 6.1.2. Descripción constructiva
 - 6.2. Análisis del lucernario
7. COMPARATIVA DE LOS CASOS DE ESTUDIO
 - 7.1. Relación de las partes
 - 7.2. Empleo de la luz natural
 - 7.3. Adaptación de la luz artificial
 - 7.4. Percepción espacial
8. SÍNTESIS Y CONCLUSIONES
9. BIBLIOGRAFÍA
 - 9.1. Bibliografía general Aalto y otros.
 - 9.2. Bibliografía específica Riola
 - 9.3. Bibliografía específica Otaniemi

1. RESUMEN

La luz es el material propio de la arquitectura. Si *“la arquitectura es el juego sabio, correcto y magnífico de los volúmenes bajo la luz”*¹, y pensamos en el interior de las figuras geométricas no podemos dejar de imaginar la luz cenital. *“El espacio interior sin aberturas en los muros verticales e iluminado desde lo alto convierte al exterior en una realidad ajena”*². Ante estas afirmaciones solos cabe una pregunta: ¿cómo conseguir introducir la luz desde la cubierta? ¿Cómo se construye la luz cenital?

Alvar Aalto empleó distintas soluciones constructivas en sus lucernarios con la intención de introducir la luz de forma cenital. En este trabajo, se pretenden clasificar y analizar estos tipos mediante la agrupación de aquellos similares. Posteriormente, se profundizará en uno de los conjuntos a través del estudio y la comparativa de dos casos.

El análisis del lucernario ejemplo se realizará a través de la consulta de bibliografía existente (obra completa de Alvar Aalto, documentación de la Fundación Alvar Aalto...) y redibujado de los objetos. Además, se estudiarán las variables que Aalto añade a la construcción del hueco en sí como pueden ser la iluminación artificial, integración de las instalaciones, recogidas de agua, orientación, así como el recorrido de la luz para justificar que Aalto pensaba la luz como elemento ordenador del espacio, como una parte muy relevante de la estructura.

¹ Le Corbusier, *“Vers une architecture”*

² F. Torres, *“Luz cenital”* pg15

2. INTRODUCCIÓN

2.1. Objetivos del trabajo

El objetivo del trabajo es comprobar cuáles son los elementos fundamentales en la construcción de un lucernario prefabricado y encontrar el vínculo entre la estructura, la luz, y la espacialidad creada a través de ellos.

2.2. Metodología

El trabajo engloba el estudio de los lucernarios de la obra de Alvar Aalto, procediendo a una clasificación posterior. El criterio de agrupación se centra en las diferencias formales y espaciales de los elementos.

A continuación, se selecciona unos de estos grupos para ahondar en la relación luz-estructura que se produce en ellos. Para ello, se seleccionan dos obras. En cada una de ellas se describirá, por un lado, el proyecto conjunto y, por otro, la pieza de entrada de luz. A través de los datos que se observen, se realizará una comparativa lumínica y estructural entre ambas soluciones.

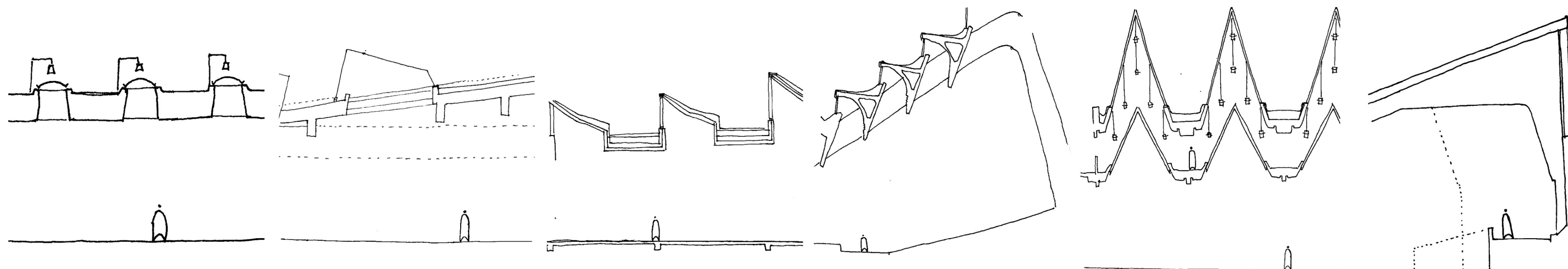
2.3. Estado de la cuestión

Sobre la obra de Alvar Aalto existen muchos documentos. Para el desarrollo de este trabajo se toman como punto de partida los tomos de las obras completas. En ellos, se explica brevemente cada uno de los proyectos, ya se formalizarán constructivamente o no, del arquitecto. En particular, se consultan los volúmenes *“Aalto, Alvar. Projekte und letze Bauen”* de Birkhäuser Verlag.

Para la comparativa que se realiza a continuación, se estudian los libros *“Un’opera di Alvar Aalto in Italia: la Chiesa parrocchiale di Riola (Bologna)”* y *“Alvar Aalto, la chiesa di Riola”*, sobre la construcción del conjunto parroquial italiano; y el volumen 13, sobre la Universidad de tecnología de Otaniemi, de la colección *“Alvar Aalto”*.

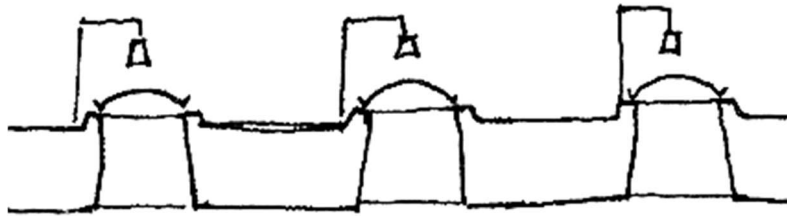
2. CLASIFICACIÓN DE LA OBRA

2.1 Mapa de clasificación



Croquis de realización propia.

Considerando columnas como números y filas como letras, todas las imágenes fueron obtenidas de "Aalto, Alvar. Projekte und letzte Bauen" exceptuando las imágenes 1A, 1B, 4A procedentes de "Alvar Aalto, University of technology, Otaniemi". Volumen 13.



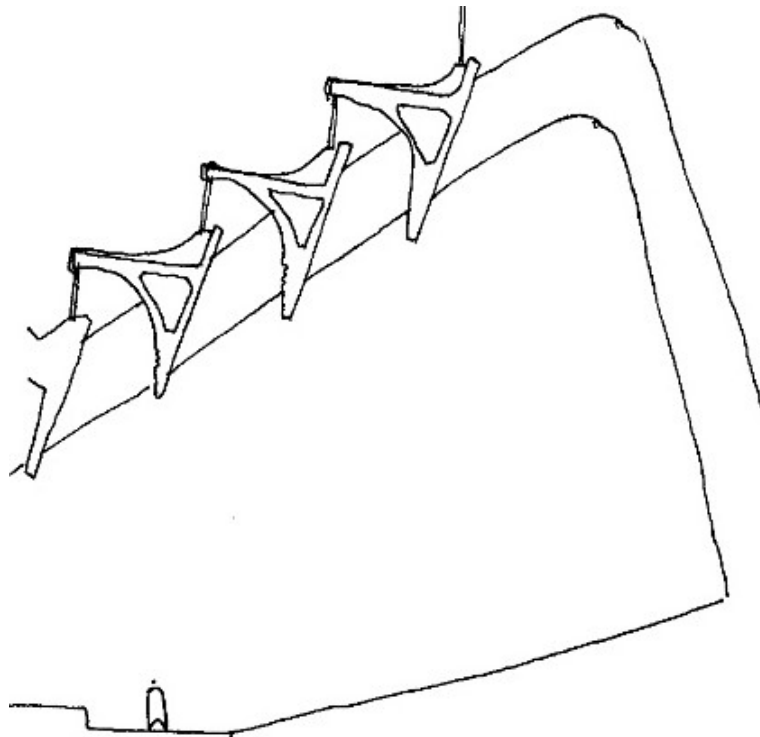
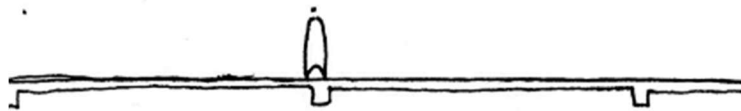
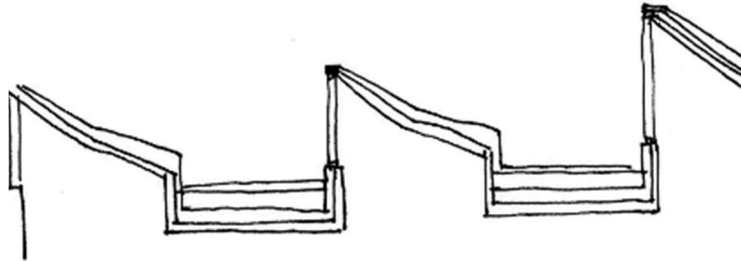
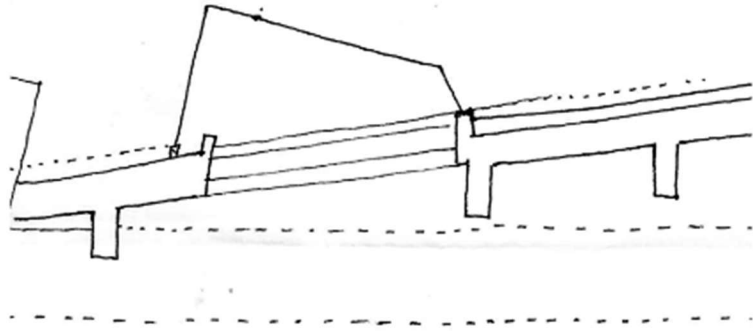
3.2. Descripción pormenorizada

Lucernarios circulares: La luz entra de forma cenital. Es el más utilizado por el arquitecto, aparece siempre como una composición plural de elementos en un techo continuo, no como un elemento puntual. Generan una entrada homogénea de luz. Ejemplos:

- Centro de congresos y conciertos de Finlandia en Helsinki 1962-1975 (Con Lámpara Exterior a partir de ahora "CLE")
- Oficinas editoriales para "Turun Sanomat" 1927-
- Biblioteca de Viipuri 1927-1935
- Dormitorios para ancianos del MIT 1947-1948 (CLE)
- Edificio comercial y de oficinas en Rautalo 1952-1955 (CLE)
- Instituto de Pensiones del pueblo finlandés 1948-1952
- Instituto técnico finlandés en Otaniemi 1949- 1967
- Opera de Essen, Alemania 1959-1988
- Edificio administrativo Enso-Gutzeit en Helsinki 1960-1962
- Centro administrativo y cultural en Jyväskylä 1964-1970
- Centro cultural Leverkusen, Alemania 1962 (No construido, a partir de ahora NC)
- Nuevo centro urbano de Helsinki 1959-1964
- Casa de los países Nórdicos 1962-1968
- Casa de la Asociación de Estudiantes Västmanland-Dala, Upsala, Suecia 1963-1965
- Biblioteca de la Escuela politécnica de Otaniemi 1964-1969
- Biblioteca del colegio benedictino de Mount Angel, Oregón 1965-1966
- Instituto técnico finlandés en Otaniemi 1949- 1967
- Sede de la Sociedad de Enso-Gutzeit (CLE)
- Oficinas de BP en Hamburgo, Alemania 1964 (NC)

Croquis de los "lucernarios circulares". En este caso se representan con lámpara exterior, que sirve también para derretir la nieve. Existen varias versiones que incluyen la luz artificial junto al lucernario o la colocación de la lámpara dentro del hueco, de manera que luz artificial y natural parecen venir de la misma fuente.

Elaboración propia.



Lucernarios claraboya: La luz entra de forma vertical. Aunque son similares a los anteriores, reciben la luz desde un único punto. Esto ocurre en

- Centro parroquial Wolfsburg, Alemania 1959-1962
- Pabellón finlandés para la Exposición Universal de París, 1937
- Casa de los países Nórdicos 1962-1968

Lucernarios reflectores de luz: La luz entra de forma reflejada a través de un hueco horizontal. Son elementos que conforman la cubierta, pero no se abren horizontalmente.

- Museo de Alvar Aalto en Jyväskylä 1971-1973
- Cementerio en Lyngby, Dinamarca 1952 (NC)
- Pabellón finlandés de la bienal de Venecia, 1956
- Ayuntamiento de Seinäjoki 1961-1965
- Biblioteca de Seinäjoki 1963-1965
- Biblioteca de la Escuela politécnica de Otaniemi 1964-1969
- Biblioteca del colegio benedictino de Mount Angel, Oregón 1965-1966
- Biblioteca municipal de Kokkola 1966
- Museo en Aalborg, Dinamarca 1958-1972
- Iglesia y centro parroquial en Riola 1966-1968
- Edificio principal de la Escuela politécnica de Otaniemi 1955-1964

Lucernarios pieza estructural: La luz entra de forma inclinada. Son lucernarios conformados por la repetición de una pieza prefabricada que actúa de manera estructural.

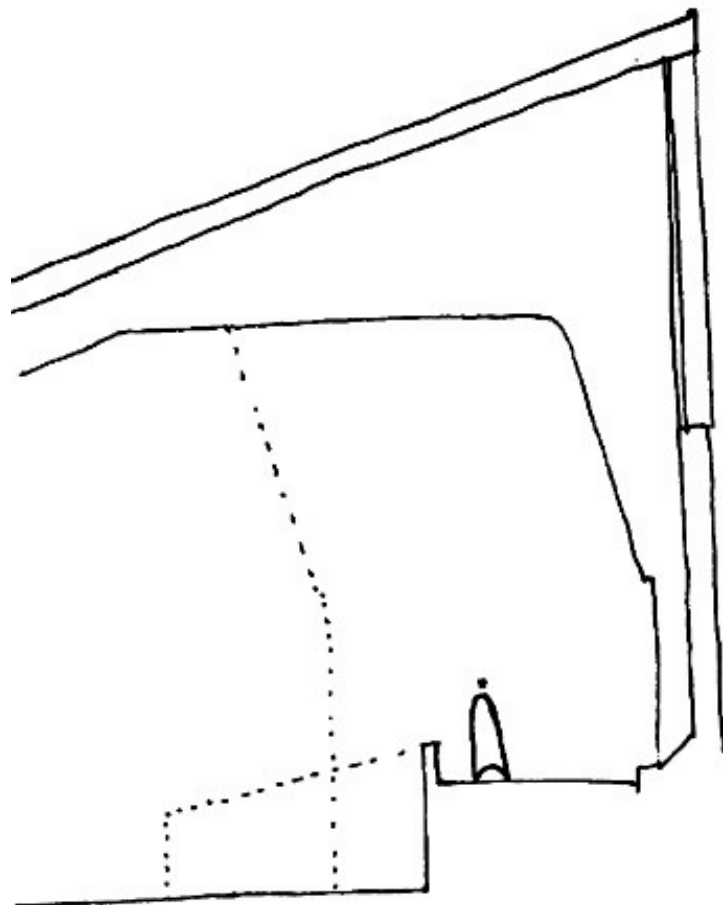
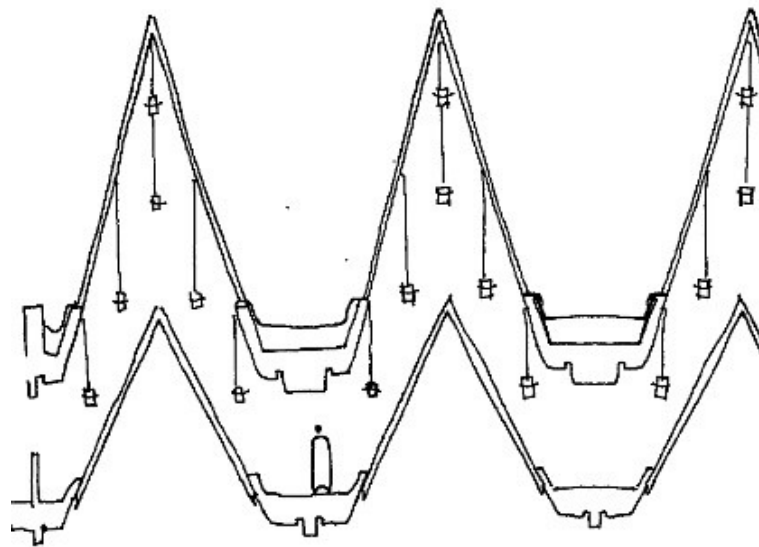
Croquis de los lucernarios tipo “claraboya”.

Croquis de los lucernarios que siguen el tipo “reflectores de luz”.

Croquis de los lucernarios de tipo “pieza estructural”.

Elaboración propia.

- Instituto técnico finlandés en Otaniemi 1949- 1967
- Museo en Aalborg, Dinamarca 1958-1972
- Iglesia y centro parroquial en Riola 1966-1968
- Edificio principal de la Escuela politécnica de Otaniemi 1955-1964



Lucernarios con prisma de vidrio apoyado: La luz entra de forma vertical. La aparición de estos lucernarios es puntual, son un elemento singular, no un conjunto de ellos. Los encontraremos marcando lugares especiales como baptisterios de las capillas.

- Centro cultural de la sociedad escandinava en Wisconsin 1974
- Instituto de Pensiones del pueblo finlandés 1948-1952
- Biblioteca universitaria, Helsinki 1962-1969
- “Forum redivivum”, Centro cultural y administrativo de Helsinki 1948 (NC)
- Edificio administrativo de “Sähkotalo”, Servicio municipal eléctrico en Helsinki 1967-1973
- “Drottning Torget” Estación central en Göteborg, Suecia 1956 (NC)
- Iglesia y centro parroquial en Riola 1966-1968

Lucernarios como ventana alta: La luz entra de forma horizontal. Este grupo está constituido por los huecos verticales situados en la parte alta de un cerramiento. En general, crean una franja horizontal continua por donde entra la luz.

- Centro de congresos y conciertos de Finlandia en Helsinki 1962-1975
- Museo en Aalborg, Dinamarca 1958-1972
- Iglesia en Vouksenniska 1957-1959
- Casa Carré, Bazoches-sur-Guyonne 1956-1959
- Centro parroquial Wolfsburg, Alemania 1959-1962
- Iglesia y casa parroquial en Lahni 1970

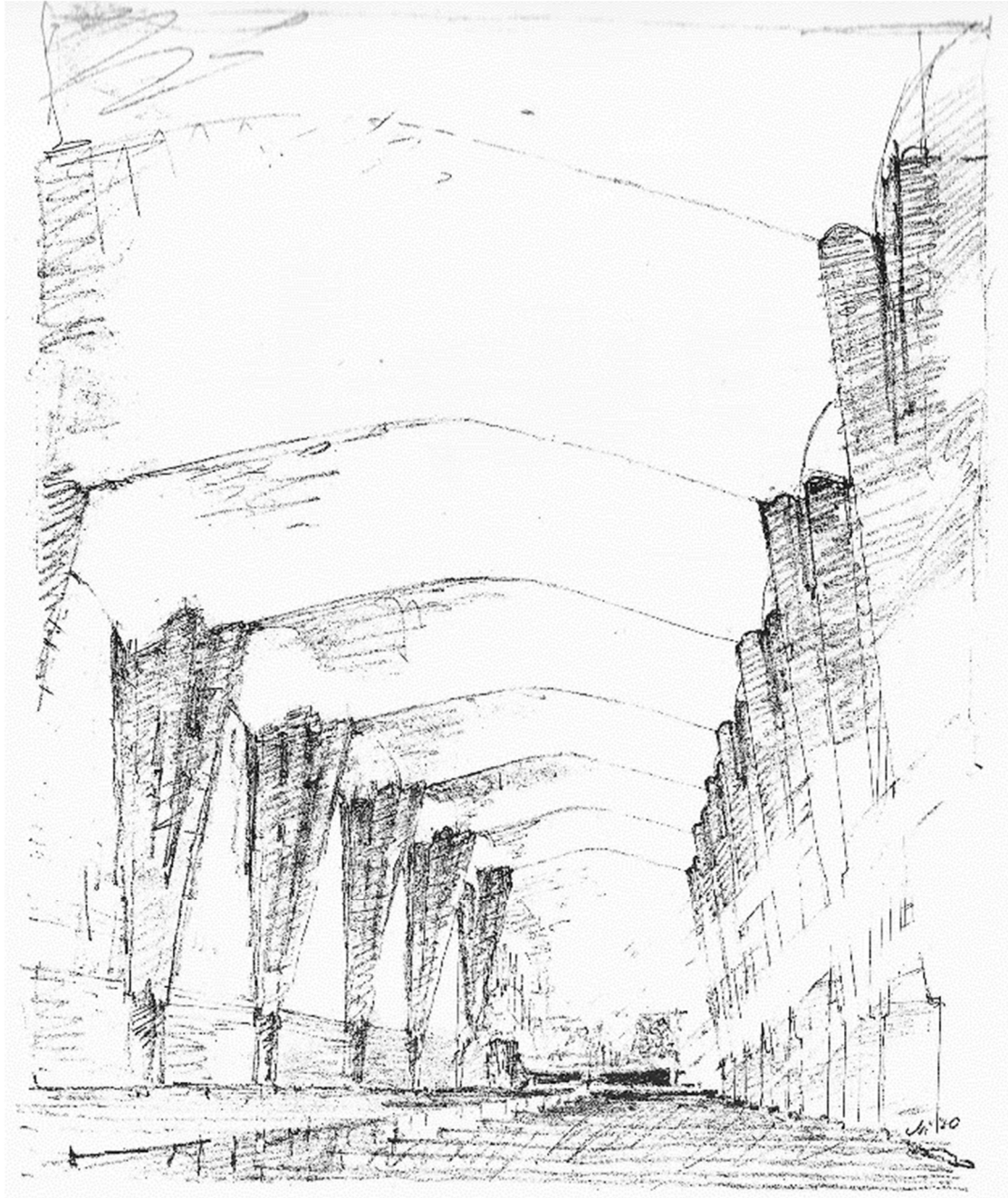
Croquis de los lucernarios tipo “prisma de vidrio apoyado”. Las variaciones incluyen vidrios habitables (como en el ejemplo), vidrios sobre el forjado o bajo el mismo y soluciones que aúnan las dos anteriores.

Croquis de los lucernarios que siguen el tipo “ventana alta”. La cubierta puede ser tanto inclinada como horizontal.

Elaboración propia.

Lucernarios filtro: La luz entra tamizada de forma vertical. Son composiciones complejas formadas por la superposición de las otras tipologías. En ellas, la luz entra de manera tamizada por la reflexión sobre elementos y/o el paso parcial a través de estos. Se dan, sobre todo, al final de su obra.

- Museo de bellas artes de Chiraz, Irán 1970 (NC)
- Museo de Arte de Bagdad, Irak 1958



Todos estos lucernarios se combinan en sus construcciones, así, un mismo edificio puede contener varios tipos que responden a la necesidad de cada uno de los espacios, esto genera una mayor riqueza espacial.

3.3. Selección y justificación de los casos.

Para el desarrollo de este trabajo, se ha seleccionado la tipología “Lucernarios pieza estructural” debido a que se trata de un lucernario menos convencional, en el que el estudio de las variables no parece tan sencillo como en el resto. Además, la relación entre el elemento “lucernario” y la estructura es directa: no son una excepción en la generación de la cubierta sino que son la solución constructiva propiamente dicha.

En particular, se eligen dos construcciones, el conjunto parroquial de la iglesia de Riola, en Italia y el conjunto universitario de Otaniemi, en Finlandia. La comparativa estructural entre estos edificios, de carácter público, es interesante por tratarse ambos de estructuras de arcos con lucernarios prefabricados de hormigón, aunque la construcción espacial es diferente.

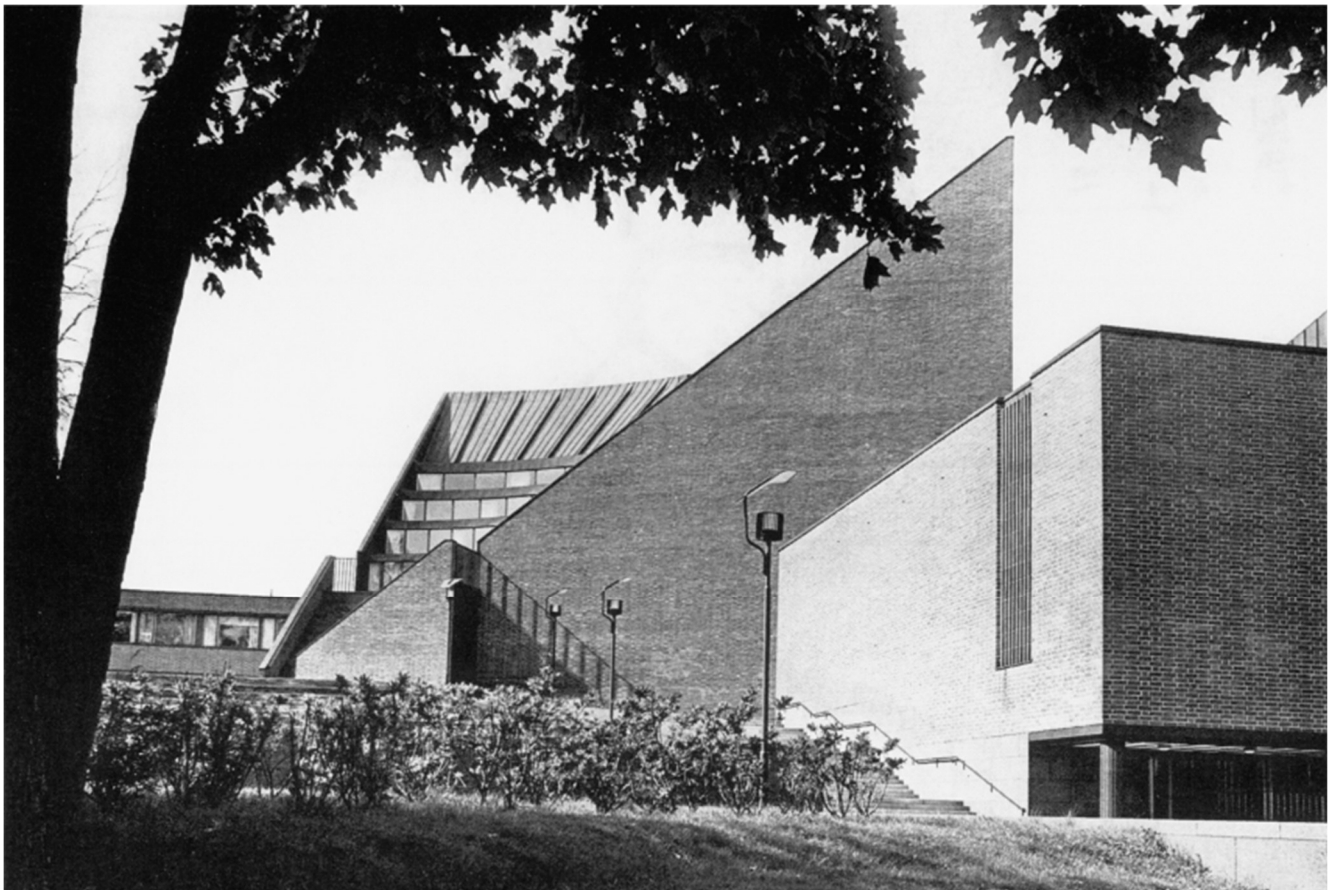
3.4. Contexto: la iglesia de Lahti, un paso previo.

Este proyecto es la respuesta a un concurso general de 1950. La idea de concepto es similar a la iglesia que propone para Seinäjoki. Sin embargo, es especialmente interesante la solución estético-estructural que corresponde al cuerpo central. Vemos una sucesión de pórticos muy marcados transversales al eje de la iglesia.

Aunque este proyecto no se realizó según el concurso, sino que se construyó 20 años después -1970- con otra propuesta del propio Aalto, parece que el arquitecto tiene interés en esta dualidad forma-estructura. Por tanto este proyecto, aún como ejercicio teórico, será la base para la construcción de los ejemplos que vamos a mostrar más adelante.

Imagen en la página previa: Boceto original en perspectiva de la iglesia, se aprecian especialmente bien los pórticos mencionados

Obtenido de “Alvar Aalto. Volumen III. Proyectos y obras finales”. Verlag, Birkhäuser. (pág.133)



4. CASOS DE ANÁLISIS: RIOLA Y OTANIEMI

4.1. Datos generales

La Iglesia de Santa María Assunta se encuentra en Riola di Vergato, un pueblo del Norte de Italia, cerca de Bolonia. El pabellón de conferencias de la universidad de Otaniemi se engloba en el edificio principal de la Universidad Politécnica de Helsinki, en Finlandia. Ambos son ejemplos de edificios con lucernarios de pieza estructural proyectados por Aalto.

El templo italiano se encarga en 1965, es decir, 16 años después de que Alvar Aalto gane el concurso para la universidad, en 1949. Los usos que acogen, aun estando pensados para un aforo grande de personas, son diversos. Sin embargo, ambos se resuelven utilizando un sistema similar.

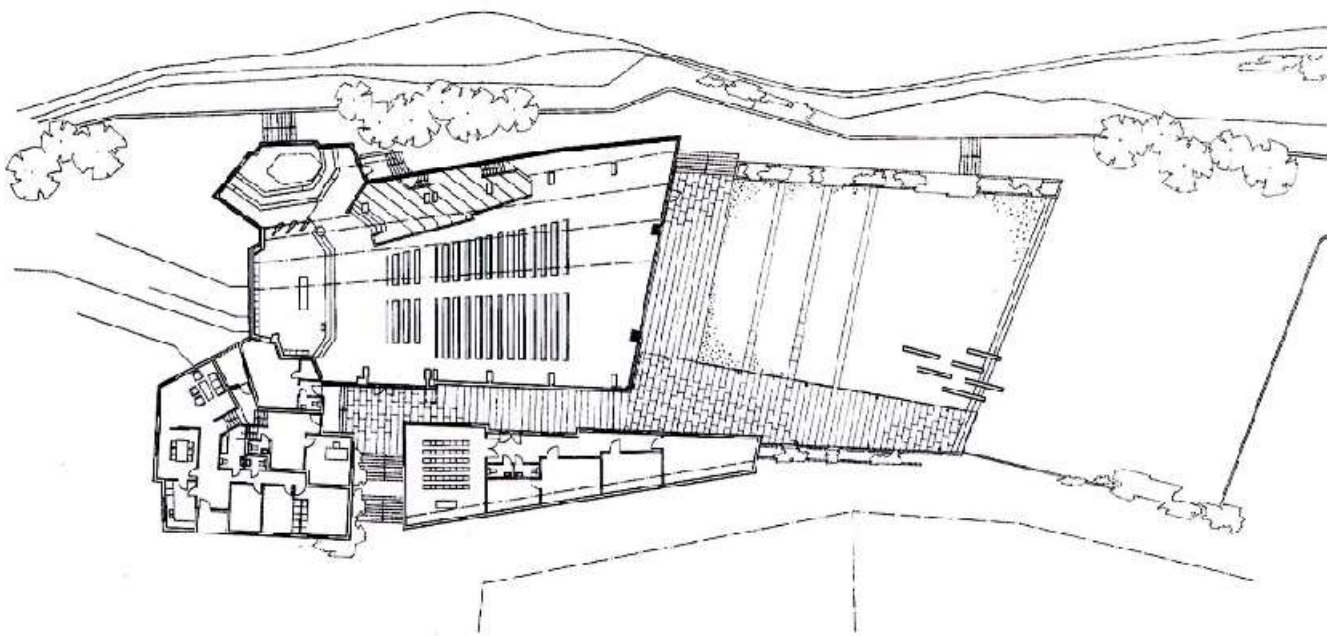
Como esquema general, la construcción se realiza de la siguiente manera: la estructura principal está formada por varios arcos asimétricos. Sobre ellos se colocan unas piezas prefabricadas que cubren la distancia entre apoyos. Estas costillas de hormigón dejan un espacio entre sí, de manera que se pueda colocar un vidrio vertical entre una y la siguiente. Esta disposición implica que la sección va reduciéndose en altura conforme se concatena la estructura secundaria. En ambos casos contamos con tres elementos completos en sección, a los que se suman las piezas de finalización (carcasas, cierres...) que imitan su forma. Se generan cuatro entradas de luz continuas para cada edificio.

Además de pertenecer al mismo grupo de la clasificación citada anteriormente, las dos obras cuentan con una planta apuntada, en un caso en forma de cuña y en el otro como cuarto de circunferencia. Se produce una lectura similar entre la planta y la sección. Vemos clara la intención de enfocar un punto.

La iglesia recordará, en este sentido, los procesos barrocos, que forzaban la perspectiva, mientras el aula de conferencias se asemeja a un cuarto de teatro romano. De esta manera, el arquitecto expresa, en lenguaje moderno, la herencia europea de cada tipología.

Exterior de la Santa María Assunta. Fotografía de Richard Einzig, Fundación Alvar Aalto.

Exterior del Politécnico de Otaniemi. Obtenida de Birkhäuser, V (1978): *Aalto, Alvar. Projekte und letzte Bauen*, Edición de 1999, Berlín.



5. RIOLA

5.1. Descripción del conjunto

5.1.1. Descripción arquitectónica del proyecto

El complejo proyectado por Alvar Aalto en el pequeño pueblo de los Apeninos fue un encargo que el obispo de Bolonia, entonces el cardenal Giacomo Lercaro, hizo al arquitecto en 1965. Se encuentra junto al cauce del río Reno por lo que existe una pendiente importante. Para evitar los problemas de diferencia de cota, la iglesia se sitúa evitando el desnivel. Aunque la petición inicial comprendía únicamente la construcción de la iglesia, se acabó complementando con otros elementos tales como una residencia de ancianos y una guardería. Hubo varias interrupciones en el proyecto, hasta su finalización en 1980, cuatro años después de la muerte de Aalto.

La cabecera de la iglesia está orientada al oeste. A los pies de esta, es decir, al este, la entrada principal se abre a una plaza. Esta estrategia ya aparecía en Seinäjoki, otra de sus iglesias en Finlandia. La intención del arquitecto era añadir este espacio a la nave interior en las celebraciones litúrgicas más importantes, abriendo las puertas en acordeón. La extensión queda rematada en uno de sus extremos por el campanario. Esta torre está formada por seis pilares de hormigón visto de base rectangular orientados en el eje de la plaza.

En el lado meridional de la iglesia, se encuentra la casa parroquial. En su uso se incluyen clubes juveniles, salas de reuniones y otras dependencias, además de la casa del vicario. Desde aquí se accede a la sacristía, que vuelca al presbiterio. En paralelo a este volumen, aparece una escalinata que desciende hasta una entrada de menor relevancia al templo.

Al norte, se encuentra el baptisterio. Es un volumen de menor altura que se anexa a la iglesia en la zona más lejana a la plaza. En la cubierta tiene un lucernario de tipo “prisma de vidrio apoyado”. El conjunto queda rematado en este extremo por el cauce del río Reno.

Planta original del conjunto. Se incluyen la plaza, la iglesia, los salones parroquiales y la casa del párroco.

Obtenida de *Gresleri, G y G (2004): Alvar Aalto, la chiesa di Riola.*

El templo en sí cuenta con una planta asimétrica en forma de cuña que “fuga” hacia la cabecera. En ella se encuentra el presbiterio, levantado por tres escalones. El altar está colocado en el centro de este por lo que funciona como una iglesia de rito postsinodal. El estrechamiento de la planta hacia este lugar lo convierte deliberadamente en el punto más importante.

La nave es única y está enmarcada por la estructura de seis arcos asimétricos de hormigón prefabricado. Estos, aunque comparten la forma, son diferentes, puesto que se reduce su tamaño conforme están más cercanos al altar. Sobre ellos, descansan tres piezas, también prefabricadas de hormigón, que permiten la entrada de luz y forman la cubierta que culmina el conjunto: son los lucernarios estructurales.

A la izquierda del presbiterio se encuentra la sacristía, con acceso tanto desde el interior como del exterior. En este lado, bajando al espacio para los fieles, encontramos una puerta de menos importancia. En proyecto, esta entrada serviría para las misas diarias. Alvar Aalto pensó que, puesto que el aforo de la iglesia es elevado, la iglesia podía dividirse en dos, de manera que se acotara el espacio. Para ello, diseñó una puerta que correría entre los arcos cuarto y quinto, que funcionan como un punto doble en la estructura. Actualmente, existe el espacio para esta puerta aunque, durante la obra, no se colocó por falta de recursos económicos. Además, los fieles no han sentido necesidad de dividir el templo, pues sigue siendo demasiado grande aún con la partición, por lo que celebran la misa diaria en la capilla del baptisterio.

El área destinada a los bautismos se encuentra a la derecha del altar. Es un volumen con menos altura libre, que cuenta con un lucernario que enfatiza la posición de la pila bautismal. Cuenta con acceso desde el exterior y con una ventana hacia el río.

Por último, en este mismo lado, encontramos el coro, que sube desde el altar hacia el fondo de la iglesia como una grada.

A la izquierda, sección transversal y planta originales de la iglesia.

Obtenida de la página web de la Fundación Alvar Aalto.

5.1.2. Descripción constructiva

Según el arquitecto *“todas las formas fueron concebidas como haces de vida convergentes en un único punto”*³. La intención del arquitecto era que todas las superficies (tanto de aquellas portantes como de los cerramientos) estuvieran muy pulidas. La primera aproximación a la construcción fue la solución de hormigón armado con carpinterías tradicionales de madera y posterior enlucido se las superficies. Por la complejidad de los andamiajes, y el encofrado, que requería gran cantidad de carpinteros experimentados, se encarecía mucho el precio de la obra. Por otro lado, el empleo de encofrados industrializados, porque las cargas requeridas eran excesivas. Tampoco se solucionaba por completo si se empleaba un encofrado metálico, solo solucionaba la construcción de los arcos. Por todos estos motivos se descartó la construcción *in situ* en favor de una estructura completamente prefabricada.

El encofrado se realizó, finalmente, con moldes “flexibles” de chapa, que compusieron los 7 arcos y las piezas de los lucernarios. Los únicos elementos no prefabricados fueron los zócalos de cimentación, parte de los remates de la cabecera y obras externas al templo, como la sacristía o las obras de las salas parroquiales.

Existían condicionantes externos a la forma para la producción de las piezas como la capacidad de producción en fábrica, el transporte o el orden de montaje. Las piezas no podían pesar más de 25 toneladas, aunque el peso de los elementos completos era forzosamente mayor. Se decidió, por tanto, dividir cada arco en tres piezas que se unirían posteriormente en obra.

Los puntos de conexión se colocaron en las zonas de mínima tensión y se materializó mediante dos vaciados de juntas y hormigonado con características de antirretracción. Para las piezas de la cubierta, se realizaron coladas solidarias entre los elementos, de manera que funcionaran como una única viga continua.

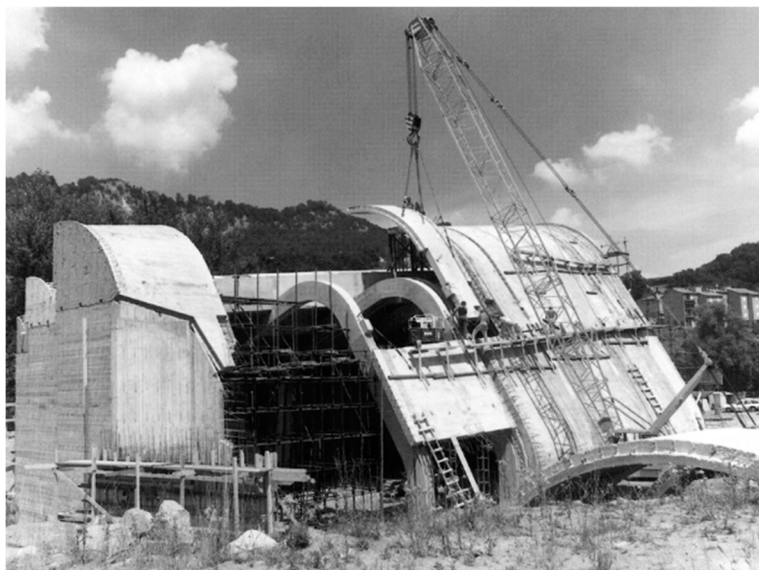
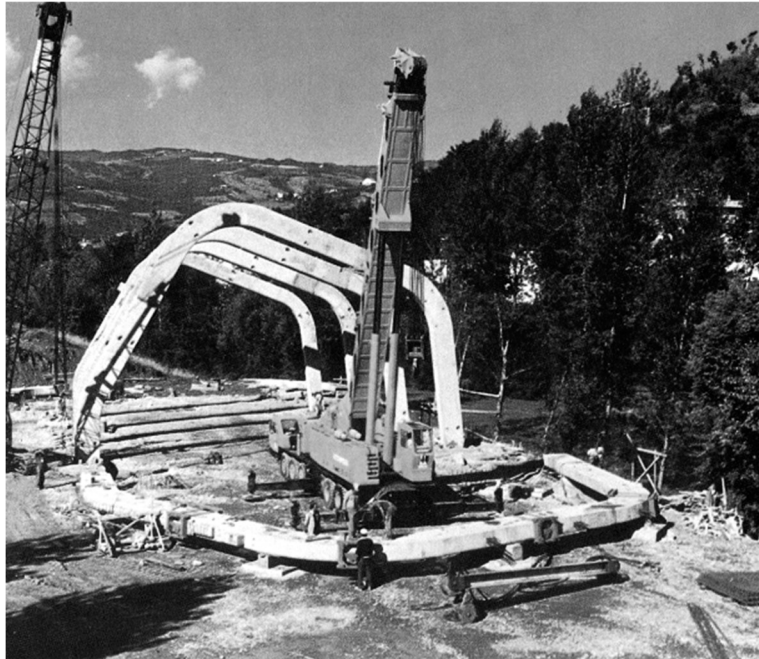
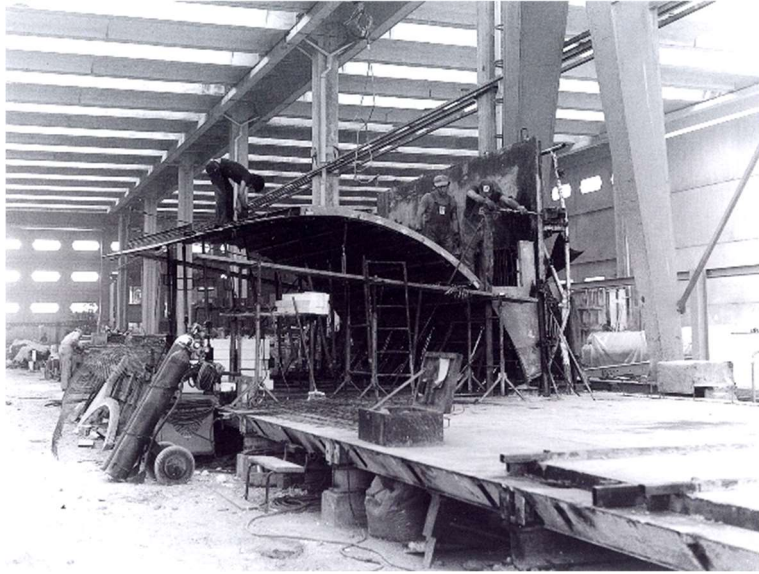
*“Cabe destacar que todos los elementos prefabricados eran completamente autoportantes, por lo que no fue necesario el uso de andamios durante el montaje. Una vez maduras las piezas de terminación, los arcos se fueron levantando y posicionando mediante una sola grúa de 100 toneladas”*⁴.

Dimensiones de las piezas que conforman los lucernarios y planos originales de fabricación de los elementos, incluyendo armaduras, que constituyen los arcos y su cimentación.

Obtenido de *“Un’opera di Alvar Aalto in Italia: la Chiesa parrocchiale di Riola (Bologna)”*. Estrato da *“L’Industria italiana del cemento”*.

CITAS:

³ y ⁴“Alvar Aalto, la chiesa di Riola”. Gresleri, Giuliano y Gresleri, Glauco. Página 161



“Solo los muros externos se fabricaron “in situ”. Hacia el exterior, los muros llevan una capa de hormigón Leca, aislante del calor, y un revestimiento de piedra arenisca de la localidad. El acabado de la cubierta, además del aislamiento correspondiente, es de cobre. Las ventanas son metálicas. El solado de la iglesia es de plaquetas rojas de Cotto Florentino Tuscany. El suelo del área del altar, así como la propia mesa del altar y los sitios del clero son de mármol de Carrara. Todos los paramentos interiores de hormigón están pintados de blanco.” (Informes de la construcción Vol.32, nº 312)

5.2. Análisis del lucernario

Como ya se ha explicado anteriormente, la construcción de los lucernarios se realiza a través de dos piezas: los arcos y las piezas de lucernarios, ambas prefabricadas.

Los arcos llegan a la obra en tres fragmentos desde la fábrica. Las dimensiones de todos ellos son variables, manteniéndose constante la sección. La luz que separa los apoyos varía entre 19,62 y 15,19 metros. Cada segmento de arco está preparado con unas esperas que permiten la conexión entre ellas (para ver el armado que se emplea, consultar el plano de la página 23). Tras encofrar y hormigonar las uniones, se coloca una subestructura para poder enganchar la grúa que, posteriormente, levanta el arco hasta dejarlo en vertical. En este momento se sella la cimentación. Todos los arcos se construyen siguiendo estos pasos.

Una vez se encuentran en su posición definitiva, se comienzan a colocar las piezas que conforman el lucernario. Estos elementos prefabricados se colocan de manera que cubran la luz entre los apoyos con una sola pieza. Las longitudes varían entre los 5 y los 5,70 metros. La sección disminuye conforme se acerca a la zona estrecha de la cuña, los radios de curvatura de estas son de 2.31, 2.83 y 3.45 metros y las distancias entre ellas: 2.53, 3.02 y 3.60, respectivamente. El espacio donde se apoya la carpintería es de 20cm y la lámina curva cuenta con una sección de 12cm.

Para que funcionen solidariamente con la estructura principal, se ensartan en las esperas que tienen los arcos para unirse a ellos. Aparecen tres puntos de conexión: dos en la parte central y una en la de menor altura. Además, existe

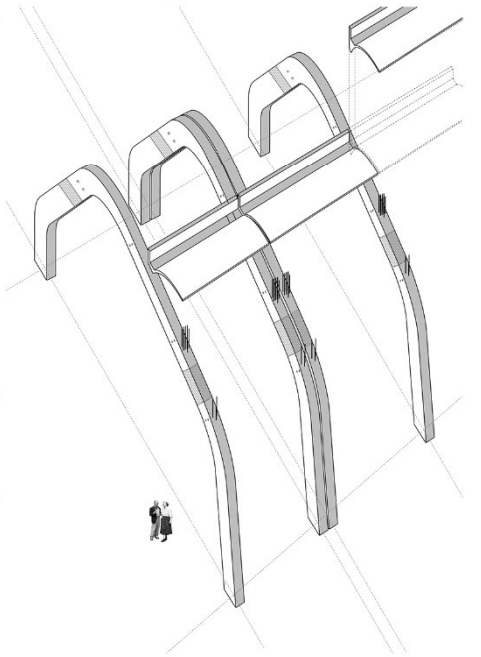
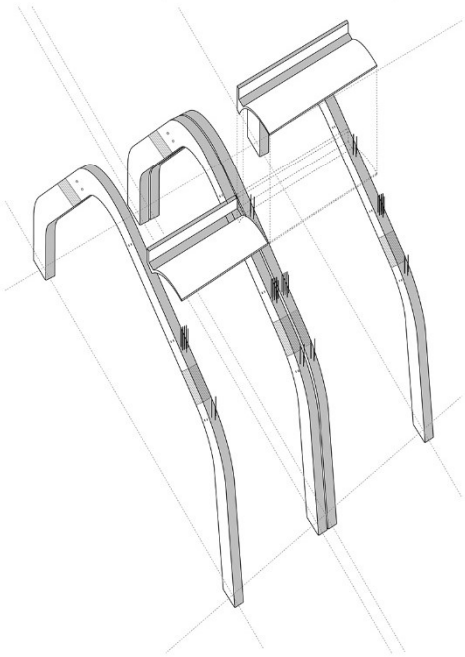
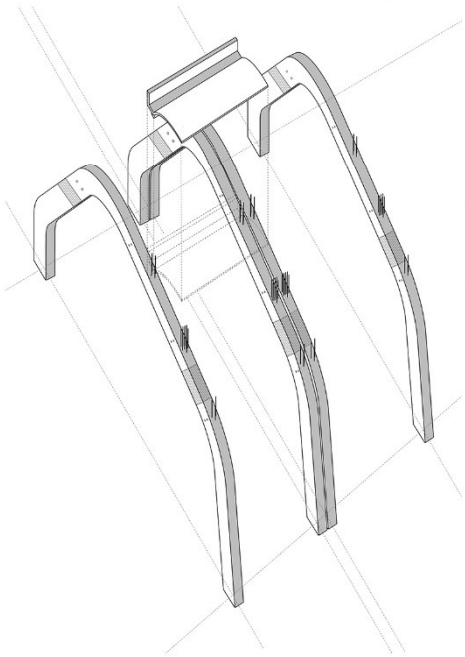
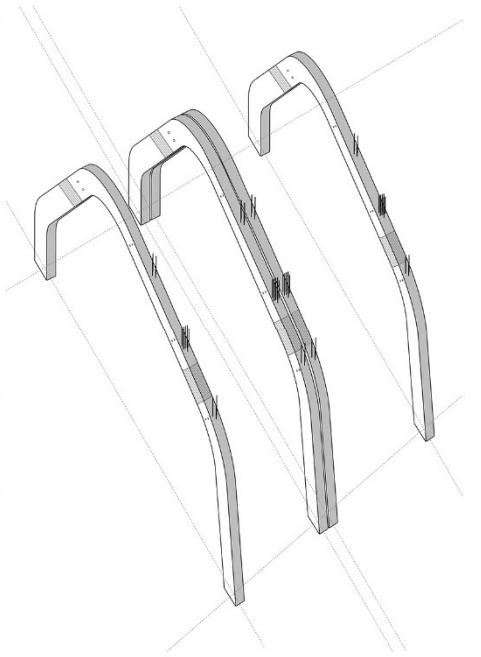
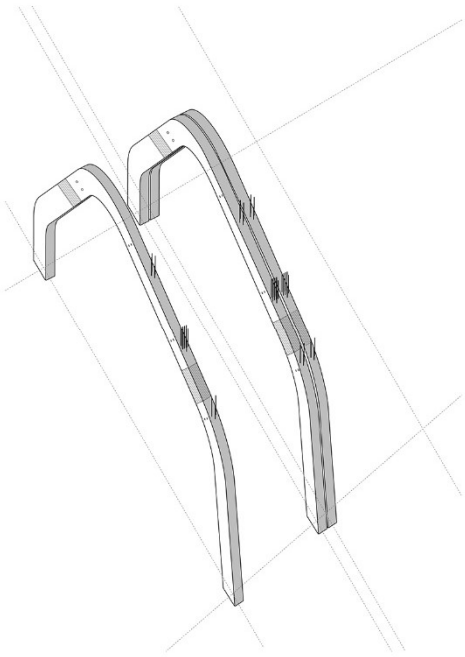
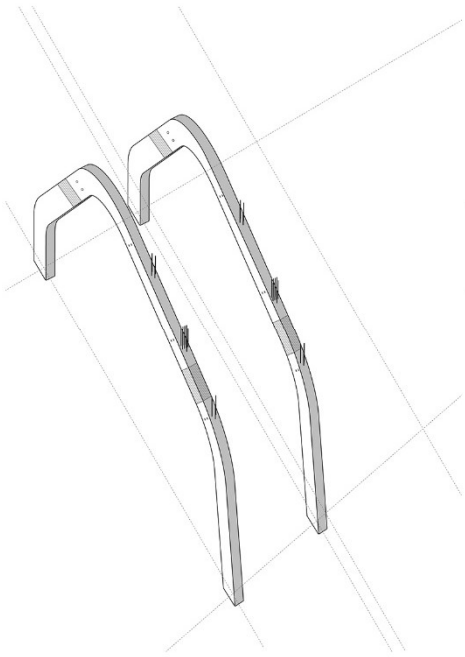
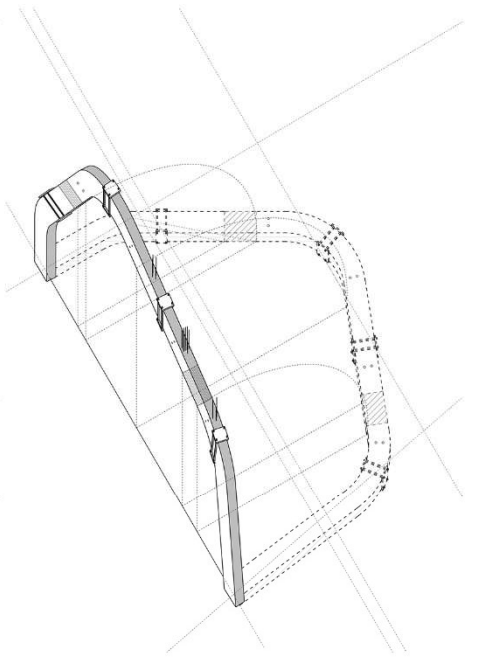
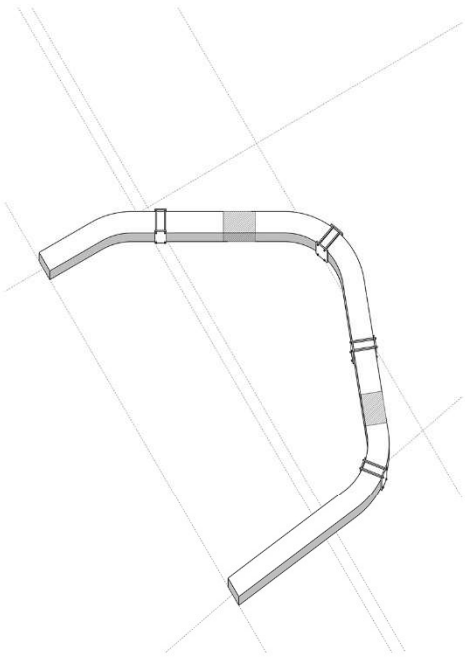
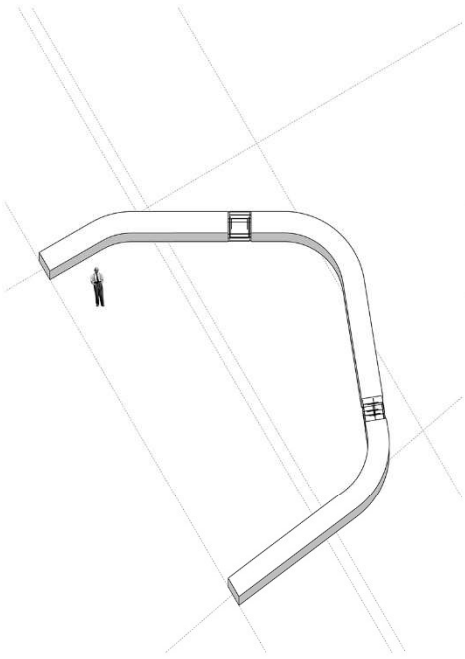
Imágenes de fabricación y colocación de los arcos y las piezas de los lucernarios en la obra.

Arriba: prefabricación de la pieza para el lucernario estructural.

Centro: Levantamiento de los arcos prefabricados.

Abajo: colocación de la lámina que forma el último lucernario y cierra el conjunto.

Obtenidas de *“Un’opera di Alvar Aalto in Italia: la Chiesa parrocchiale di Riola (Bologna)”*. Extracto de *“L’Industria italiana del cemento”*.



un cuarto apoyo, de hormigón, sobre el que se colocará la cáscara que cierra el conjunto.

En los puntos de unión, es decir, al inicio y al final de cada fragmento, existe un rebaje inferior que permite el hormigonado. Esta variación de la sección provoca que, desde el interior, el lucernario parezca empotrado contra el arco que lo sostiene. Por otro lado, también se modifica la sección en la parte superior, de esta manera, se hormigonan los espacios intersticiales y los fragmentos empiezan a funcionar como una pieza única.

Una vez colocados los lucernarios se coloca la carcasa de cerramiento. Esta, a su vez, se divide en tres niveles:

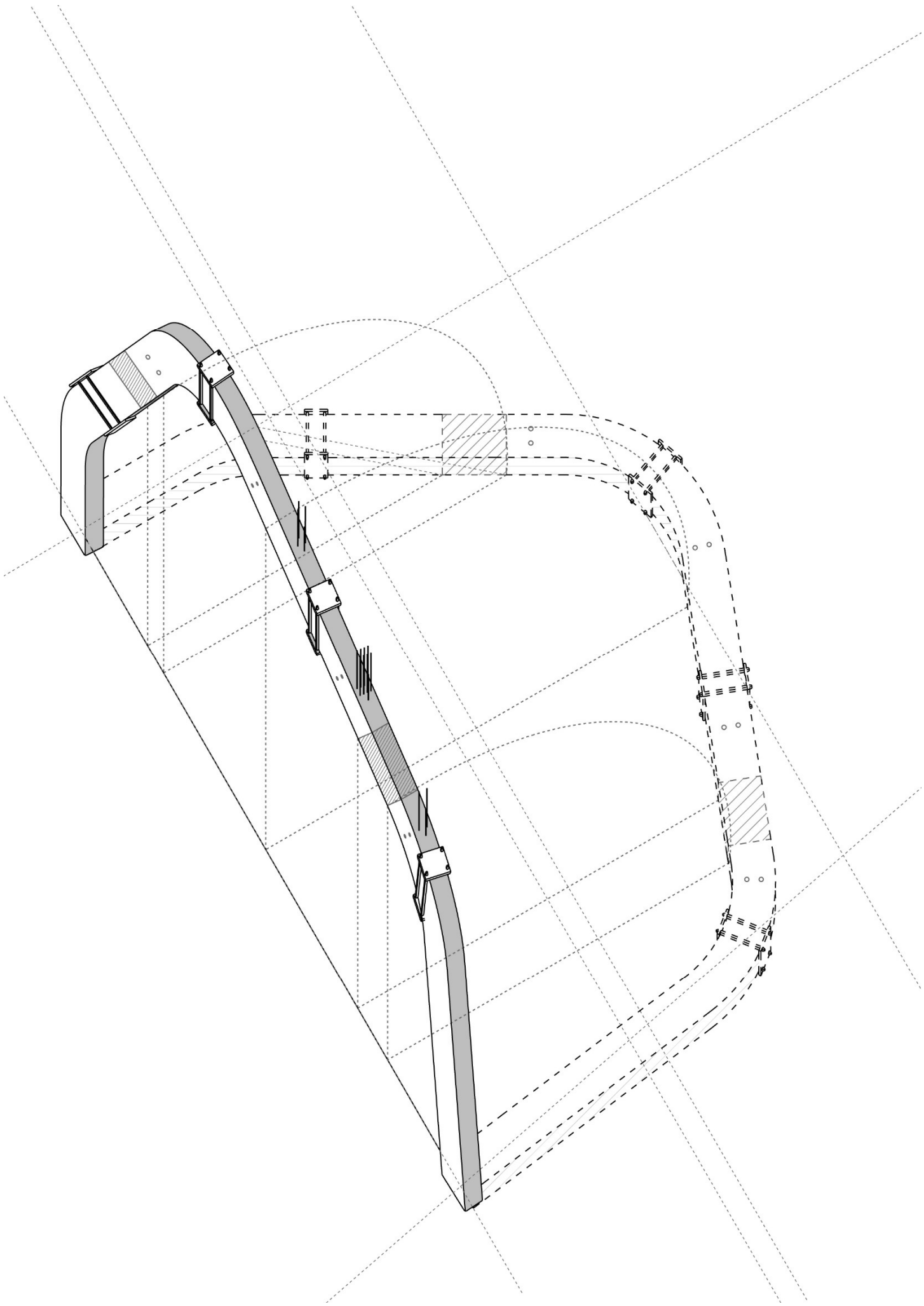
- El nivel inferior va desde el suelo hasta el inicio del giro del arco, cada pieza recorre la distancia completa desde un apoyo al siguiente y la sección es constante. Al igual que ocurre con los lucernarios, existe un rebaje en los extremos de cada una de las piezas.
- El nivel intermedio se compone por la sucesión de piezas con curvatura, su sección varía a lo largo de la planta y cuenta con los mismos espacios que las piezas anteriores, en continuidad con ellas.
- Por último aparecen las piezas de coronación que forman el lucernario más alto. Para cada espacio entre apoyos existen dos piezas. La hipótesis más probable es que el transporte lo exigiera así por su longitud. Son piezas con rebaje, como las anteriores y con espesor reducido. Estos elementos se apoyan en los salientes que contienen los arcos, reforzándose el apoyo sobre estos.

Todas las partes son prefabricadas y coinciden en las uniones las uniones. Para convertirlas en un elemento continuo se coloca armadura y se hormigonan los carriles que quedaban libres.

Para terminar, se completan los elementos *in situ* como el muro que construye el borde norte de la nave. En lugar de colocarse adyacente al pilar, se aparta de este, dejando un espacio. Esto produce que el arco se perciba como elemento completo asilado, quedando patente la estructura. Cuenta con un pequeño quiebro para ajustarse mejor a la planta.

Desde arriba a la izquierda hacia la derecha y abajo se desarrolla el modo de construcción de los lucernarios según explica el texto a la derecha. Solo se representan los cuatro arcos finales, aunque el conjunto cuenta con seis.

Elaboración propia.



Por último se colocan las luminarias y las ventanas. La luz artificial se coloca de manera que refleje sobre los paramentos de la estructura secundaria. Los vidrios se colocan cubriendo el espacio entre elementos.

Entre los arcos duplicados se encuentra la estructura que guarda la puerta, para dividir el espacio en función del aforo de la liturgia. Aparece como un elemento vertical que se realiza in situ. Como ya hemos comentado, esta puerta nunca llegó a colocarse.

El acabado sobre los lucernarios es una chapa de cobre. Para colocarla, se disponen unas maderas sobre la pieza prefabricada. Después, se clavan las láminas metálicas. Bajo la madera se coloca el aislamiento correspondiente. En los huecos, para evitar la entrada de agua al interior, se dobla la chapa, generando un vierteaguas q impide al agua subir hasta la carpintería metálica. En la parte inferior, la plancha sube para cubrir la unión y protegerla.

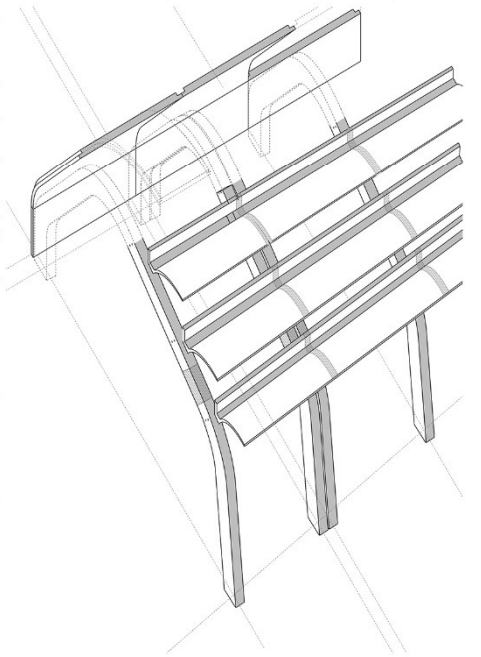
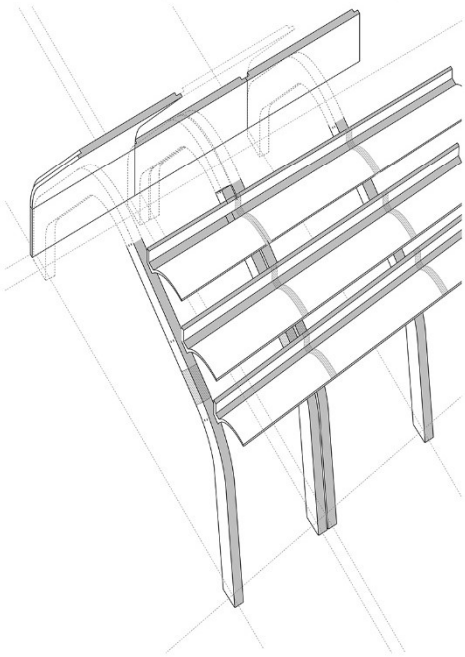
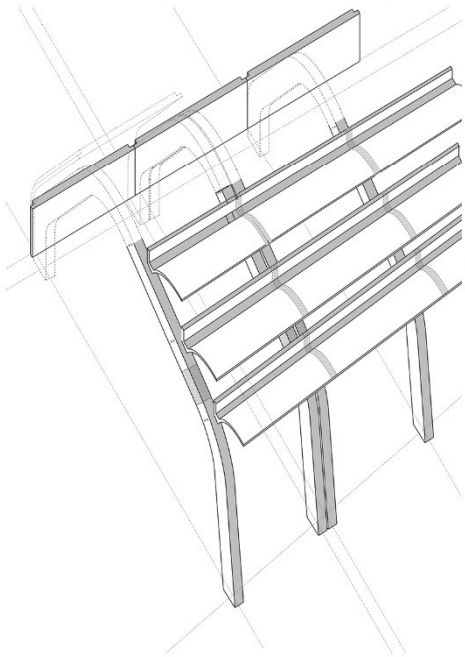
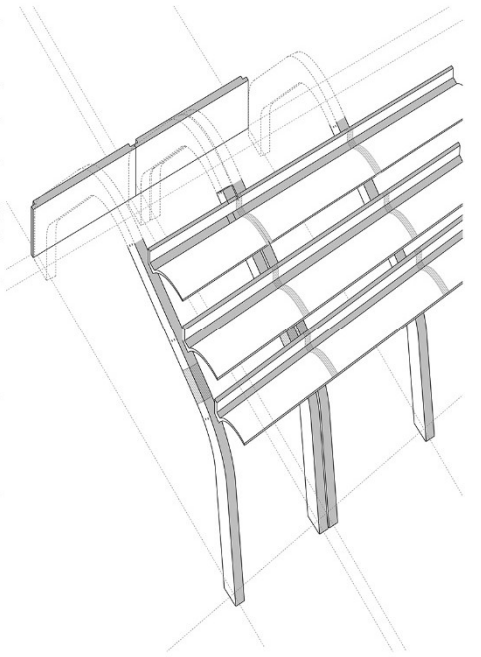
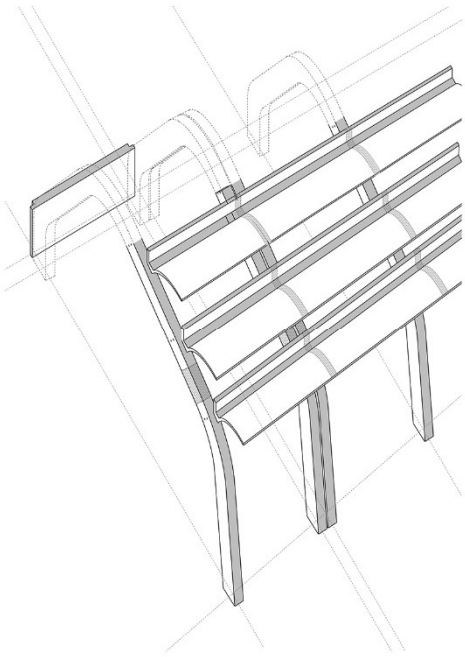
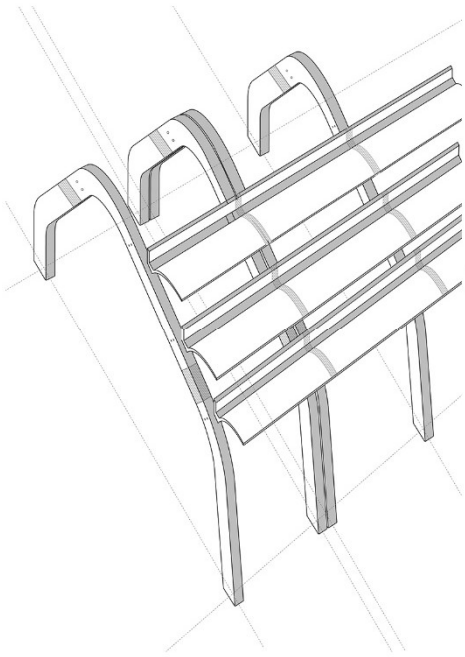
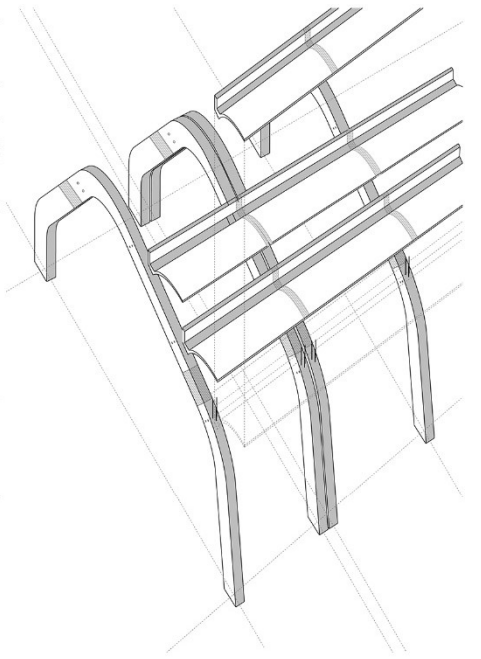
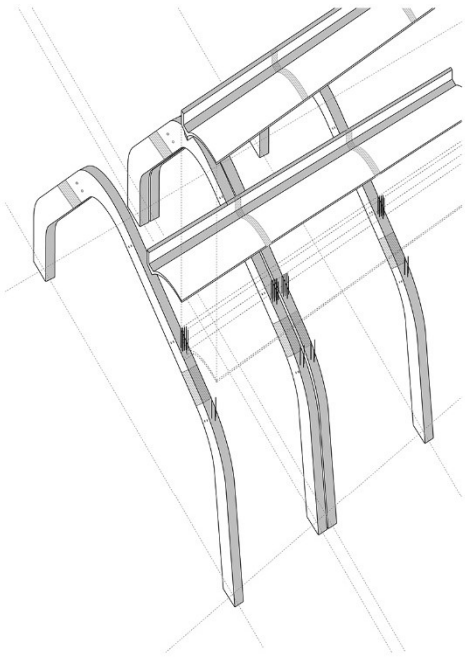
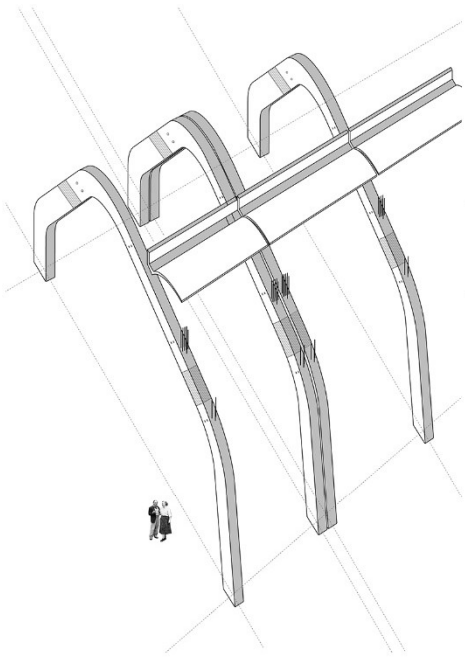
El resto de los acabados se resuelven con piedra arenisca propia de la zona. La evacuación de agua se resuelve por la propia inclinación de la estructura que, al disminuir el tamaño de los arcos en planta, también la reduce en sección. Así, entre el apoyo de la carpintería y la curva de los lucernarios, corre un canalón integrado en la propia forma del prefabricado. En la parte posterior del edificio, se desagua a través de unas gárgolas tubulares muy sencillas.

En el interior, se recubre la estructura con un enlucido de yeso y capa de pintura blanca. Se crea una superficie lisa y continua.

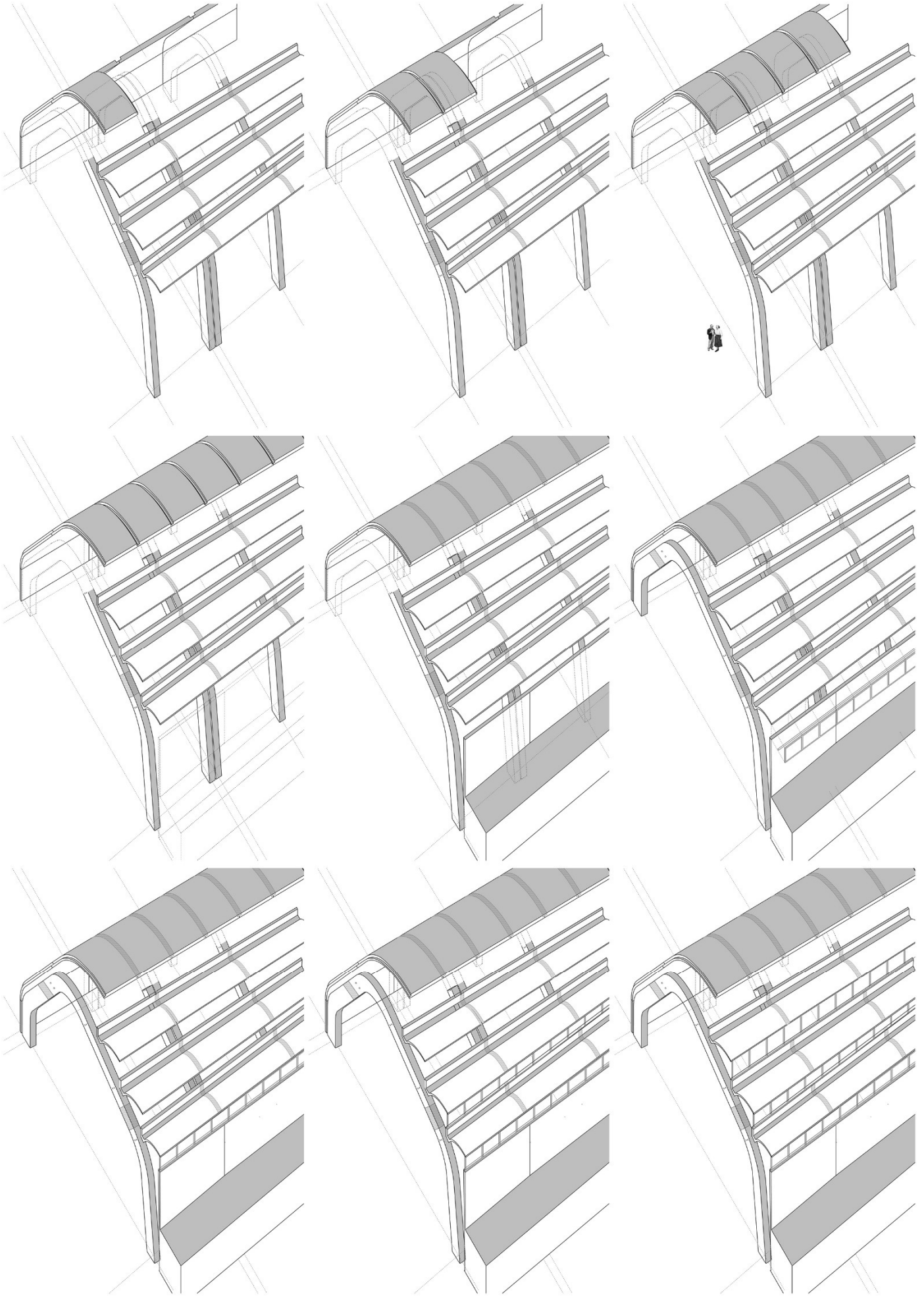
Detalle del levantamiento de un arco. Distinguimos las zonas de unión hormigonadas, los agarres de la grúa y la situación de las esperas de colocación de los lucernarios.

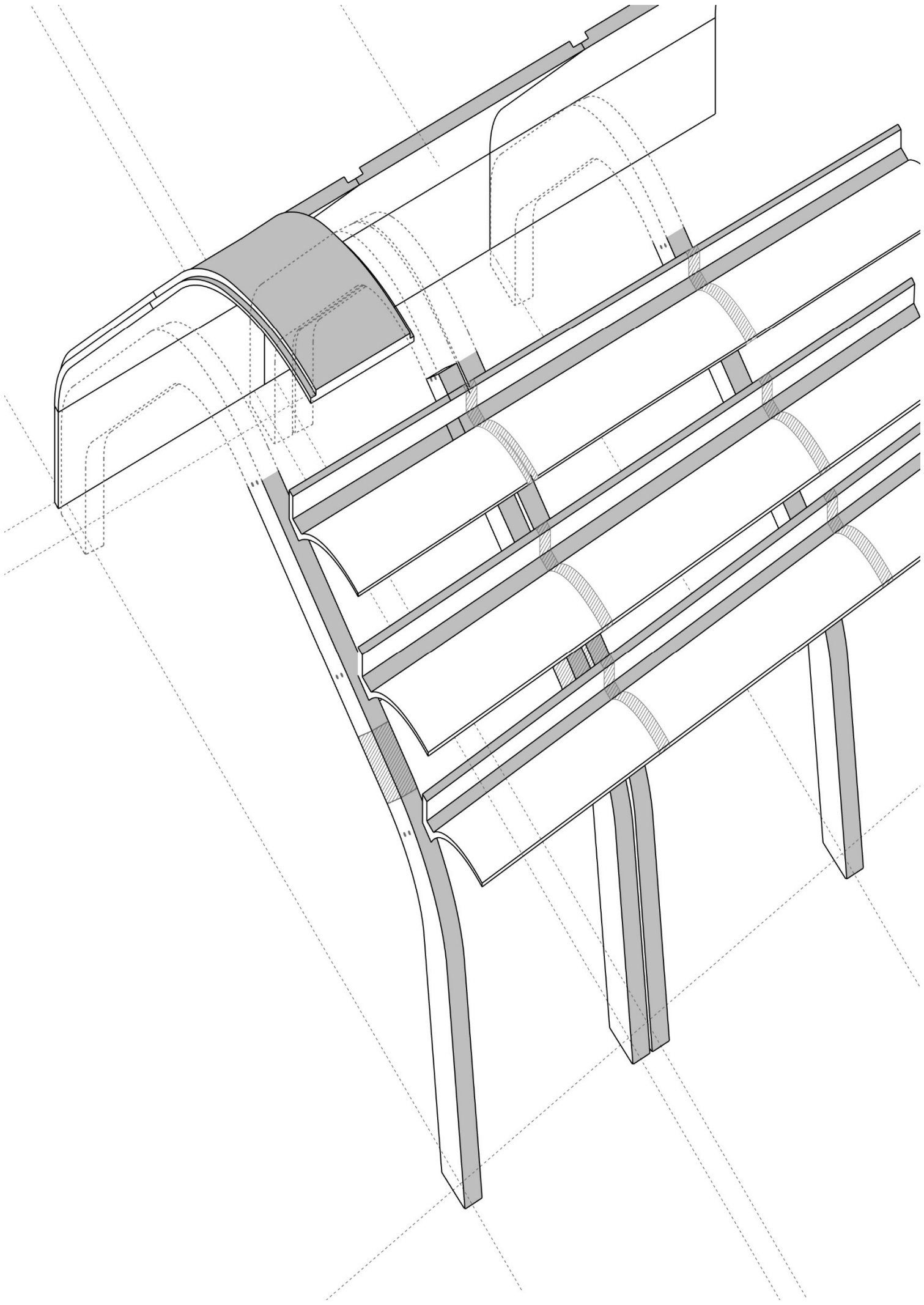
Páginas siguientes: Desde arriba a la izquierda hacia la derecha y abajo se desarrolla el modo de construcción de los lucernarios según explica el texto.

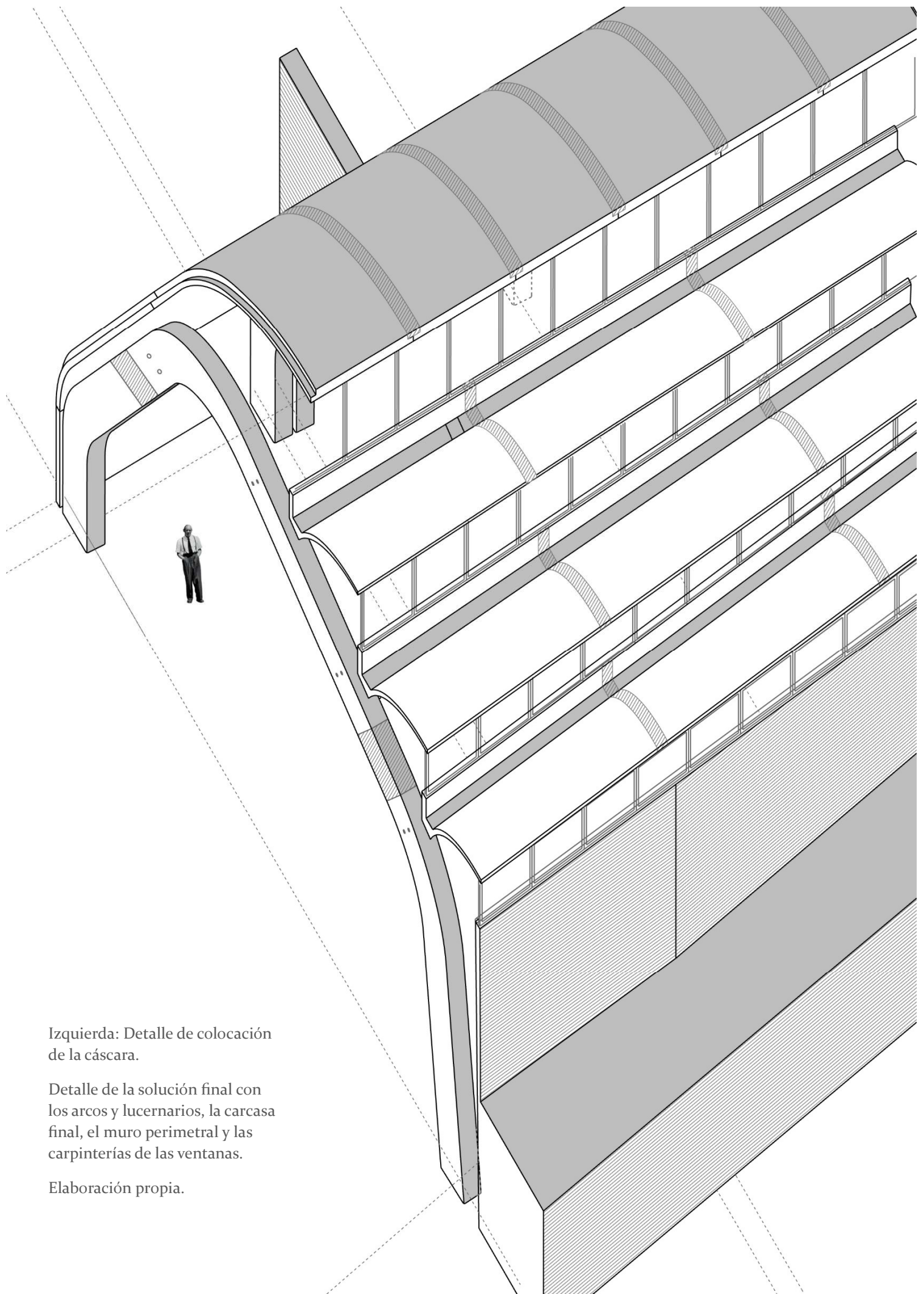
Elaboración propia.



LUZ Y ESTRUCTURA



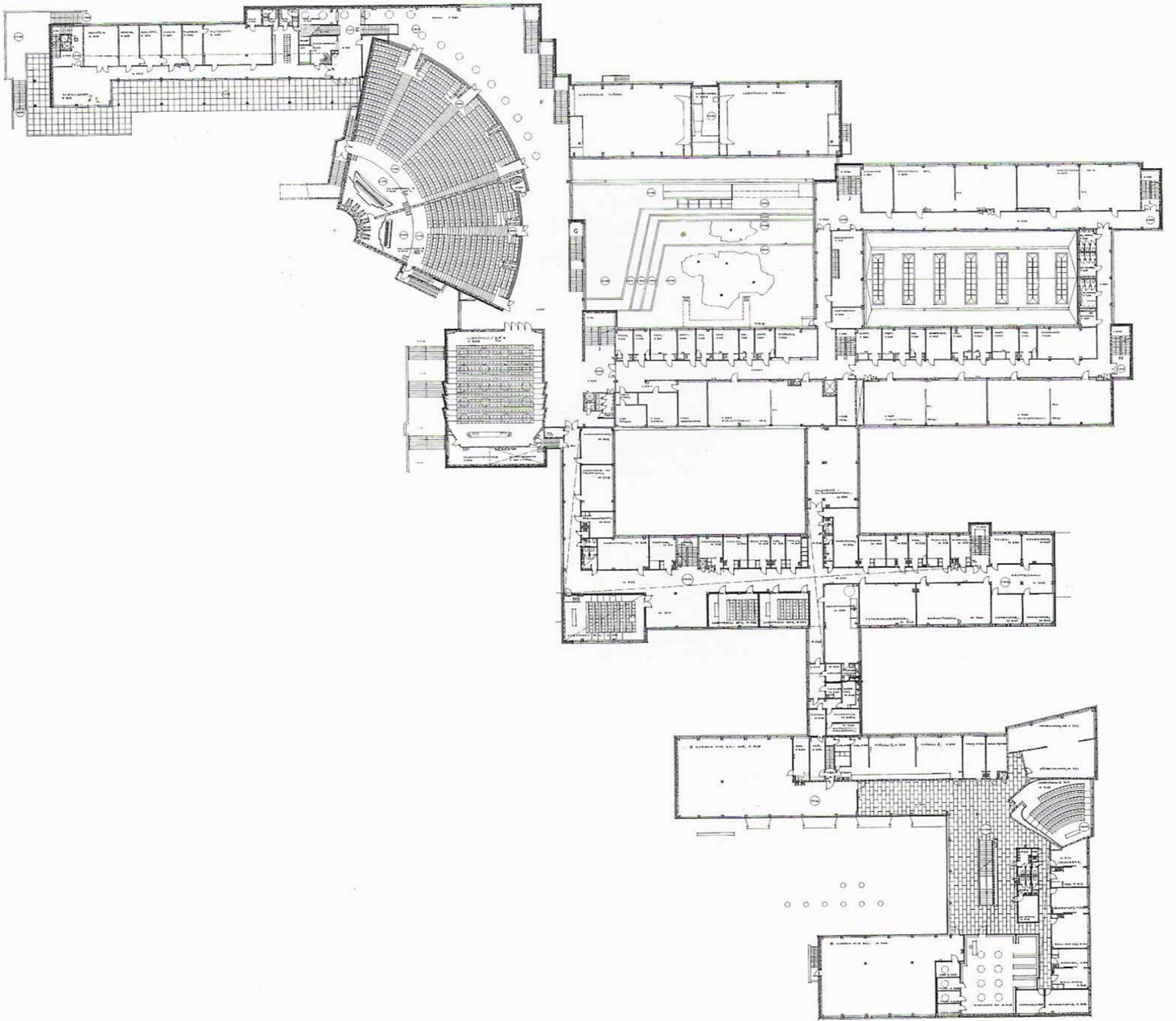




Izquierda: Detalle de colocación de la cáscara.

Detalle de la solución final con los arcos y lucernarios, la carcasa final, el muro perimetral y las carpinterías de las ventanas.

Elaboración propia.



6. OTANIEMI

6.1. Descripción del conjunto

6.1.1. Descripción arquitectónica del proyecto

Tras la Segunda Guerra mundial, el campus de la universidad de Helsinki había quedado muy dañado. Se decide que, en vez de reconstruir y extender la zona, sería más ventajoso trasladar el área universitaria a una zona más amplia.

En 1949 Alvar Aalto ganó el proyecto de reubicación de la Universidad Politécnica de Helsinki con su propuesta "*Ave Alma Mater morituri te salutant*". Fue el último edificio que proyectó junto a Aino Marsio-Aalto, su primera mujer, que falleció dos meses antes de la presentación. La convocatoria del concurso incluía, para el edificio principal, dos auditorios con vestíbulos, un comedor para estudiante con cocina, un Departamento General y otros para Arquitectura e ingeniería civil, además de una sala de festivales con capacidad para 1000 personas.

Su estudio sería el responsable de proyectar el área universitaria, incluyendo el edificio principal, durante un periodo de más de dos décadas.

El proyecto integra lo preexistente, aunque reemplaza la casa solariega de Ötnas por el nuevo edificio principal, que domina visualmente todo el conjunto. Se compone de los auditorios y se desarrolla en forma de semi-anfiteatro. "*La construcción del techo se adapta al ritmo creciente de la disposición de los asientos. Las hileras de ventanas están dispuestas en escalones. El ascenso teatral forma el telón de fondo del lugar de encuentro de los estudiantes*"⁵.

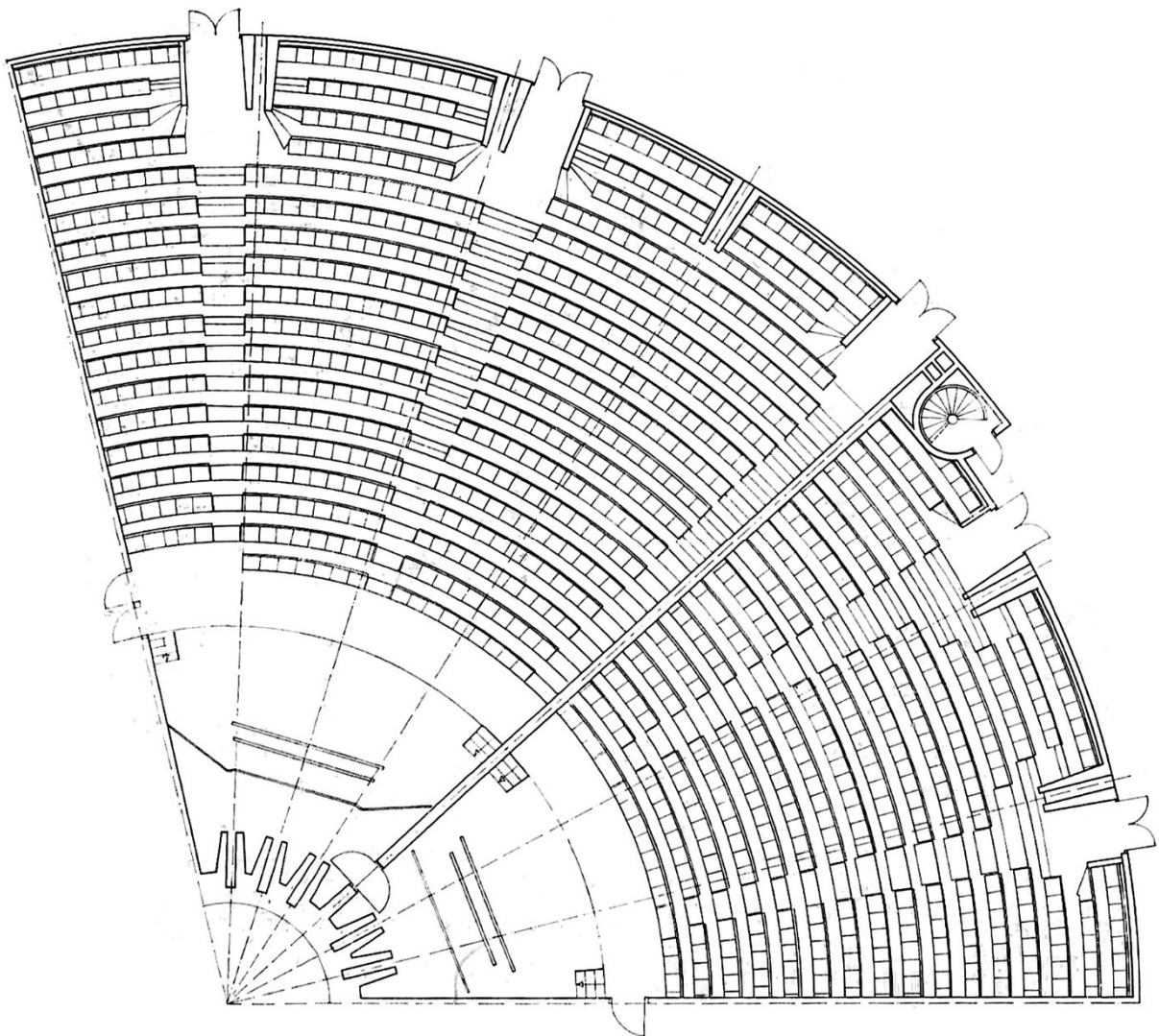
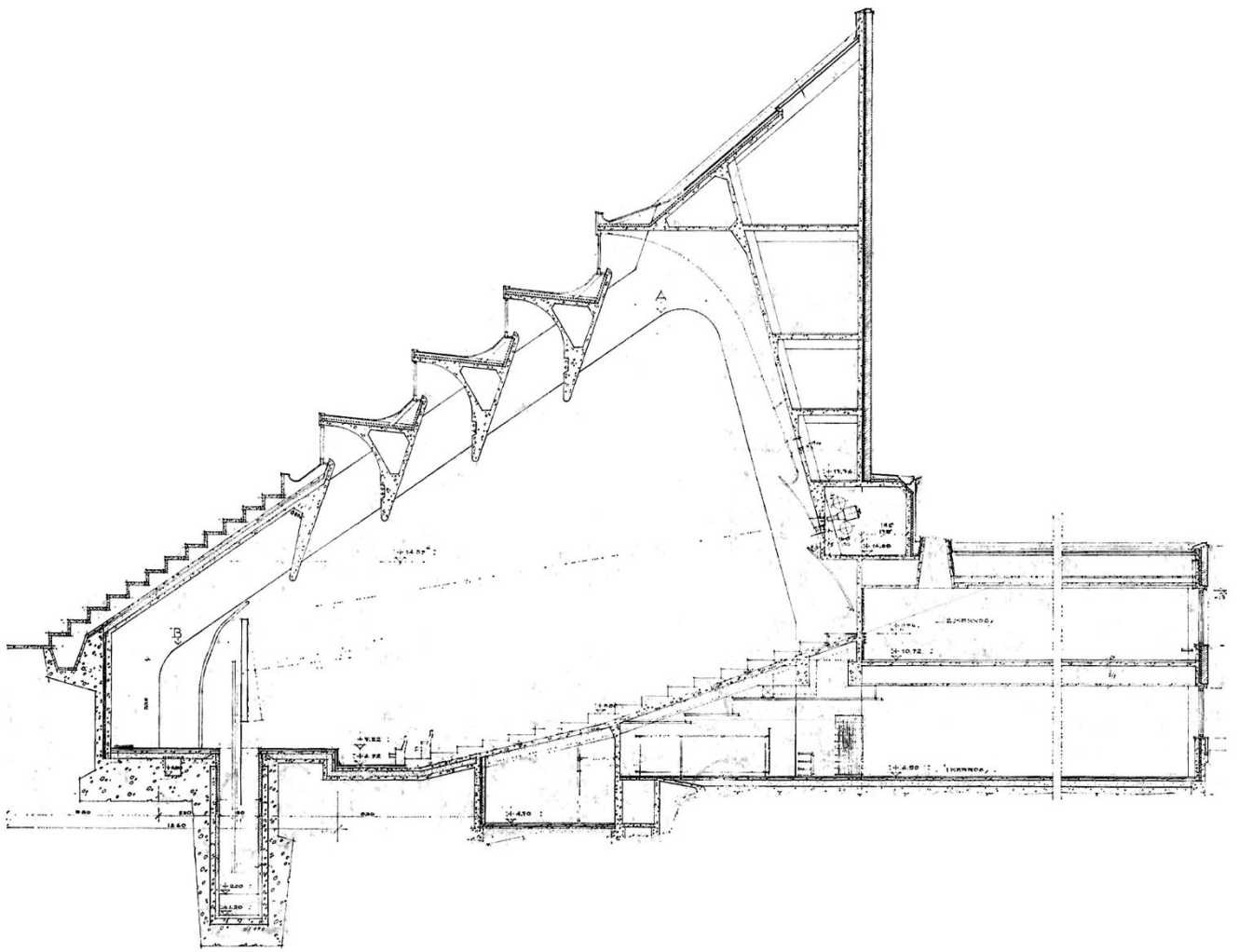
El resto de edificios, sin embargo, aparecen en los bordes de los campos y escondidos entre los árboles, evitando competir con él.

En la propuesta de Aalto, Otaniemi aparece dividida en distintas zonas de trabajo, ocio y alojamiento. Todas ellas quedaban comunicadas a través de una superficie verde. La disposición permite, además, separar el tráfico rodado del peatonal, según el modelo estadounidense, poco propio en la Finlandia del momento. El arquitecto se centra en los recorridos a pie, no en la parte automovilística. Busca, para ambos, entradas independientes. Así, se puede acceder al

Planta original del conjunto de Otaniemi.

Obtenido de Alvar Aalto Museum 42-3211.

5. Birkhäuser, V (1978): Aalto, Alvar. Projekte und letzte Bauen. Edificio principal de la Universidad Tecnológica de Otaniemi. Página 186.



vestíbulo de entrada desde la carretera o desde la zona verde.

El área técnica, con laboratorios y salas, se ubica en el oeste y sur del campus uniéndose a las viviendas de la zona meridional. En el ala contraria, se desarrollaban los espacios de ocio y más viviendas.

6.1.2. Descripción constructiva

La disposición a la que nos enfrentamos es similar a la construcción de la iglesia, se traduce en una superposición de lucernarios sobre la estructura principal.

Los arcos prefabricados de hormigón, que se montarían por partes, generan la planta como radio de una circunferencia. Son elementos asimétricos de sección variable. La zona con menor altura de cubierta corresponde a la tarima del ponente. Así, se centra la vista de manera indirecta. En la parte superior, se aumenta el grosor de la pieza. Este cambio produce un salto en la estructura. Por ella, se abre un hueco que la enfatiza y genera un juego de espacios entre prefabricados.

En total, se reparten 8 apoyos. Tres de ellos se traducen en muros que cierran el espacio o lo dividen, puesto que el aula se separa en dos espacios independientes comunicados por una puerta. En ellas hay tres y dos arcos intermedios, respectivamente. La separación entre ellos es constante para cada sala, pero varía entre ellas.

La sección del arco es especialmente interesante: En lugar de contar con un elemento macizo, Aalto emplea unos apoyos en forma de U. Así, la percepción de la estructura se vuelve ligera, parece que, en lugar de un elemento muy macizo, se duplica un pórtico más ligero. Además, esta forma permite convertir la propia estructura en una sucesión de conductos. A través de ellos circula el aire climatizado, que se impulsa a la sala a través de rejillas.

Para la fabricación de las costillas de los lucernarios, se emplean moldes de sección continua con encofrados curvos. Existen tres longitudes, con sus correspondientes arcos, que se repiten para cada sala. Se producen, por tanto, 6 encofrados que pueden reutilizarse.

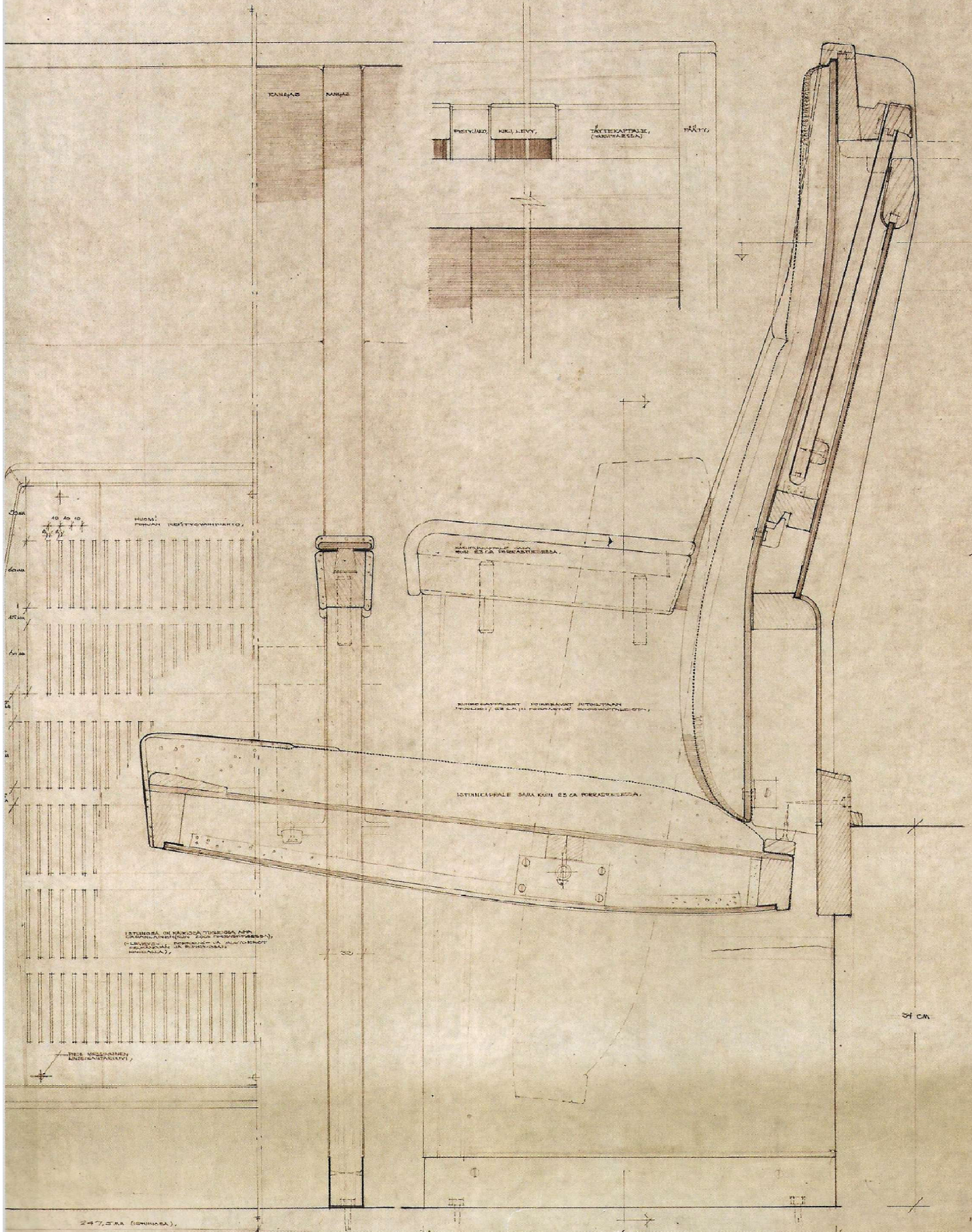
A la izquierda, sección radial y planta originales del edificio principal de la universidad en Otaniemi.

Obtenida de Birkhäuser, V (1978): *Aalto, Alvar. Projekte und letzte Bauen*, Edición de 1999, Berlín.

PÄÄRAKENNUS

AUDITORIOLDEN TUOLIT / 24 CM:N KORRAKTUS

LIIIT. KÄYTTÖTILAN SUUNNITTELU / SUUNNITTELU AUDITORIOLDEN TUOLIT, 24 CM:N KORRAKTUS, "DETALJIIT" 1/1



Los muros de cierre se resuelven en ladrillo.

“Se eligieron los siguientes tres materiales principales para el edificio: granito negro, ladrillo rojo oscuro (los ladrillos tenían que ser hechos especialmente), cobre. En el patio, las fachadas del departamento de arquitectura son de mármol. La mayoría de las aulas están pintadas de blanco. Los techos son de madera y metal, debido a la acústica”⁶.

Los arquitectos, Aino y Alvar Aalto, se centraron también en los acabados de la sala. Se colocan elementos de madera que cierran el conjunto. Estos ocultan las instalaciones necesarias, para la megafonía o salidas para el aire. Por otro lado, estas láminas formadas por barras de madera tienen un componente acústico y acompañan las formas curvas que caracterizan el conjunto. La pintura blanca ayuda, además a que se produzca una reflexión máxima de la luz.

6.2. Análisis del lucernario

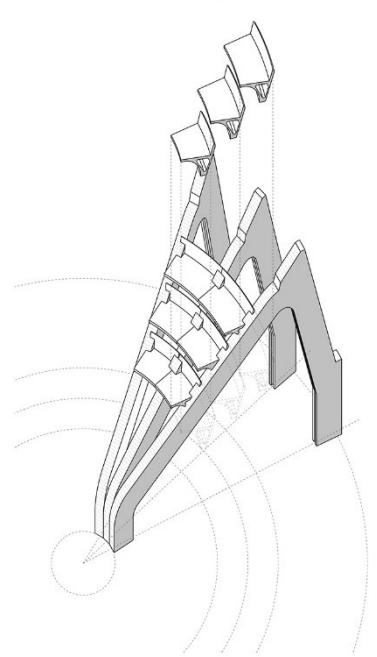
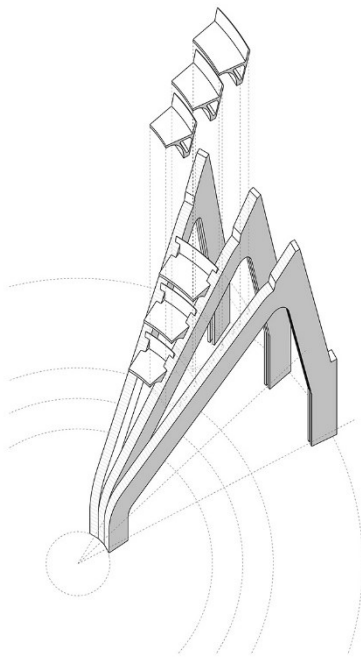
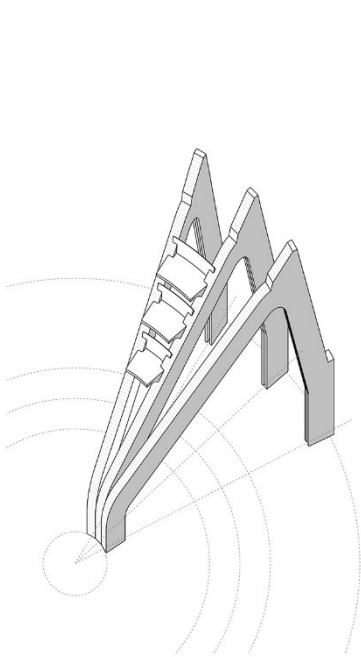
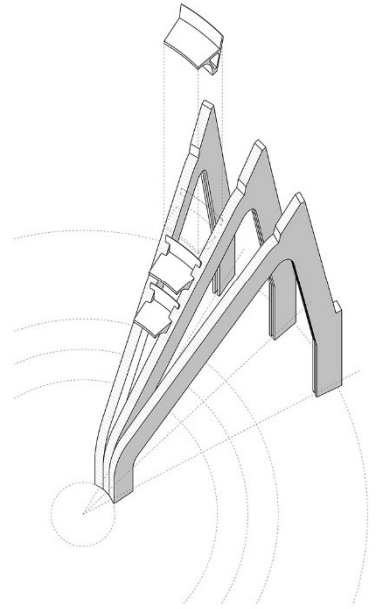
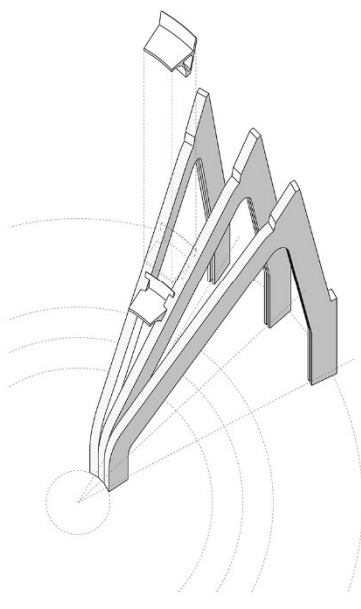
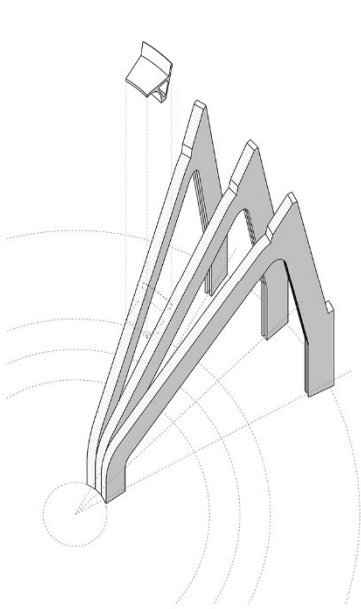
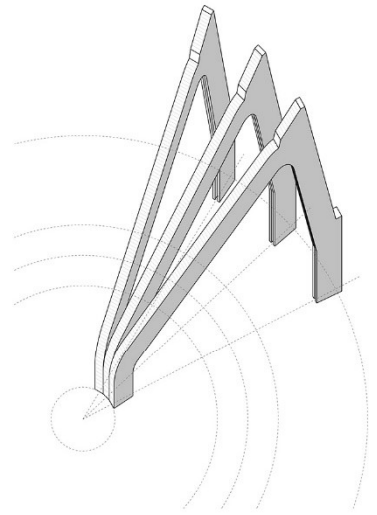
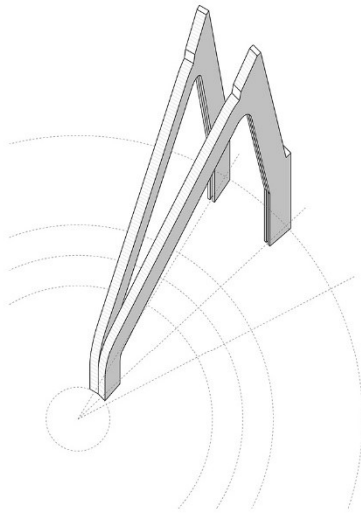
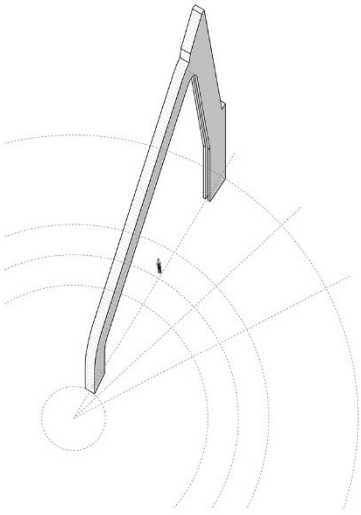
Los arcos sobre los que apoyan las piezas de lucernario se disponen, como se ha explicado anteriormente, de forma radial. La separación entre ellos es de, aproximadamente 15° y 14°, respectivamente.

Después de unir las partes que los conforman se comienza la colocación de los lucernarios. Son elementos huecos. Aalto, en un primer momento, pensó en una estructura maciza pero, debido a la reducción de carga, se optó por una forma aligerada. Las piezas se repiten por lo que los encofrados, aunque tienen la dificultad de la curvatura, son reutilizables. Las longitudes de las piezas son 5.90 metros, 5.00 metros y 4.15 metros lineales, aproximadamente, en su parte más larga, con radios de curvatura de 22.45 metros, 19 metros y 15.6 metros en este mismo borde. Se colocan cubriendo la luz completa entre apoyos.

Cada elemento llega con modificaciones en los extremos, de manera que puedan apoyar sobre la estructura principal y que se asimile a una acometida directa. Una vez colocadas todas las costillas se procede a hacer un hormigonado inferior. Así se consigue la percepción lineal del lucernario que atraviesa la estructura portante. Para que esto sea posible, deben quedar armaduras en la parte inferior del arco y espacio para solidarizar los prefabricados entre sí.

A la izquierda, plano de diseño de las butacas para la sala de conferencias. (8.11.1963) Alvar Aalto Museum 42-4630

6 Birkhäuser, V (1978): *Aalto, Alvar. Projekte und letzte Bauen.* Edificio principal de la Universidad Tecnológica de Otaniemi. Página 186.



El encofrado de estas piezas cuenta con el quiebro longitudinal que permite la integración de las luminarias en el lucernario. De esta manera, la luz natural y la artificial son reflejadas desde el lucernario hacia el graderío, obteniendo una iluminación uniforme desde el mismo origen.

En el exterior, el acabado se realiza con chapas de cobre. Sobre la parte superior de las costillas se coloca aislante térmico y se termina con chapas metálicas que, con el paso de los años, han oxidado y quedado de color verde. Estas láminas permiten que el agua no se estanque sobre las piezas sino que corra de forma natural hasta el suelo. Las carpinterías se colocan desde esta chapa hasta la siguiente, quedando protegidas de filtraciones de agua.

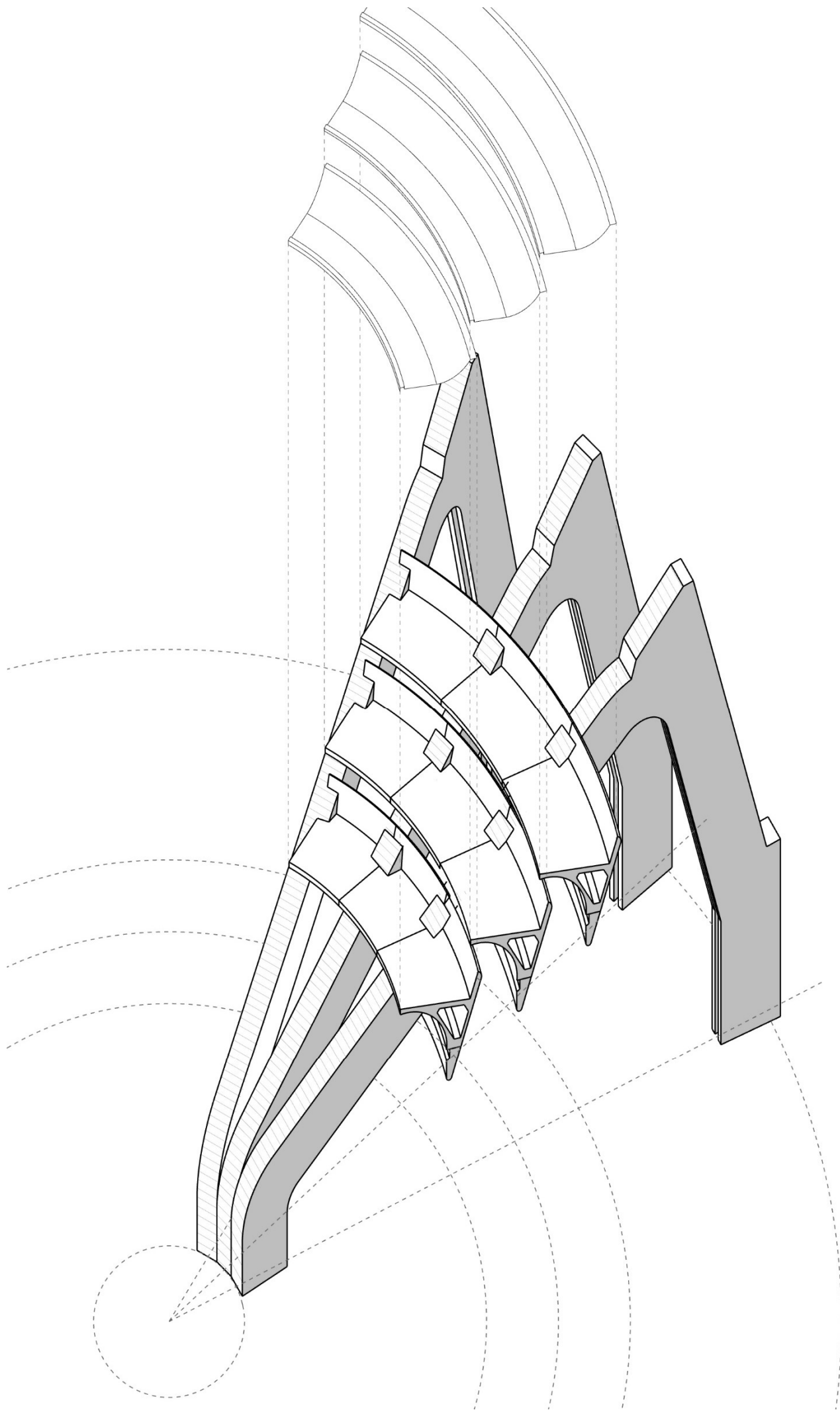
En los extremos, se aparecen dos soluciones diferentes:

- En la zona superior, se coloca una pieza horizontal que, al exterior, continua con la inclinación de la cubierta. En esta zona se construyen salas que complementan el uso de la sala de conferencias. Entre ellas, contamos con una sala para el proyector. La totalidad de esta cubierta se cubre con la misma chapa que protege los lucernarios. Este elemento queda cubierto dentro de la sala por las lamas de madera que acompañan la forma de los arcos.
- En la parte inferior, se coloca una pieza especial que imita la caída del lucernario hacia el interior, pero que no termina con un hueco. En este punto, el acabado no nos permite ver el final de los arcos. En el exterior, siguiendo igualmente la sección escalonada, se construye un graderío exterior que se orienta hacia la explanada verde que forma el parque. Es un elemento realizado con los mismos ladrillos que conforman los muros de la fachada. A través del material, el auditorio al resto del conjunto arquitectónico y revela al exterior el uso interno del mismo.

Desde arriba a la izquierda hacia la derecha y abajo se desarrolla el modo de construcción de los lucernarios según explica el texto a la derecha. Solo se representan los tres arcos finales, aunque el conjunto cuenta con ocho.

Elaboración propia

Los asientos se distribuyen en las salas de forma curva y ascendente, como ocurre con el desarrollo de la cubierta. La tarima que ocupa la zona principal se eleva respecto al final del graderío. Aquí, se deja un espacio para ocultar una



pantalla sobre la que proyectar imágenes que, en caso de no ser necesaria, se oculta bajo el suelo.

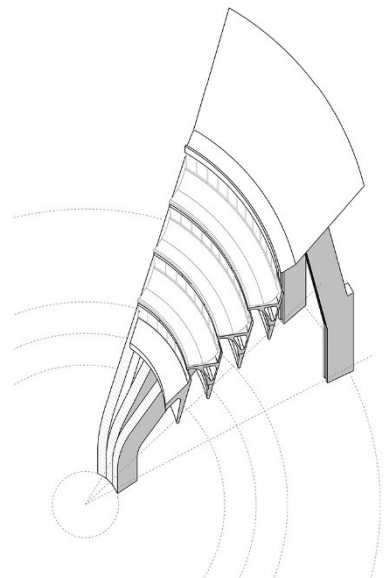
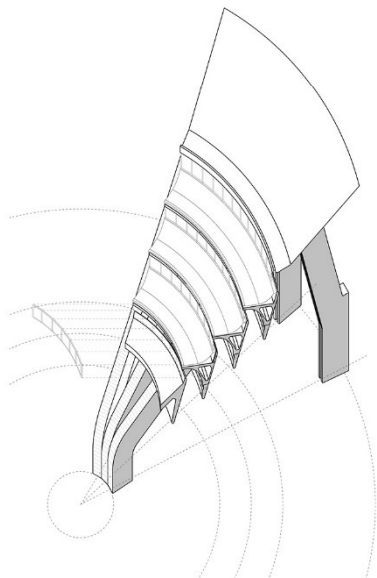
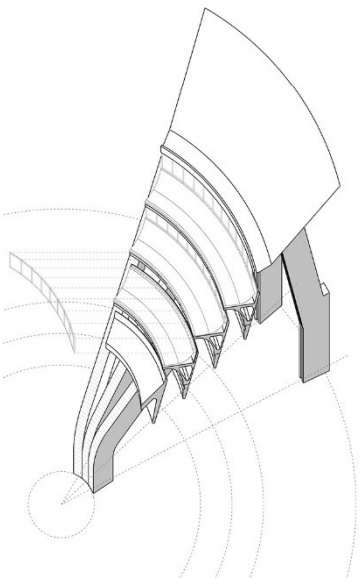
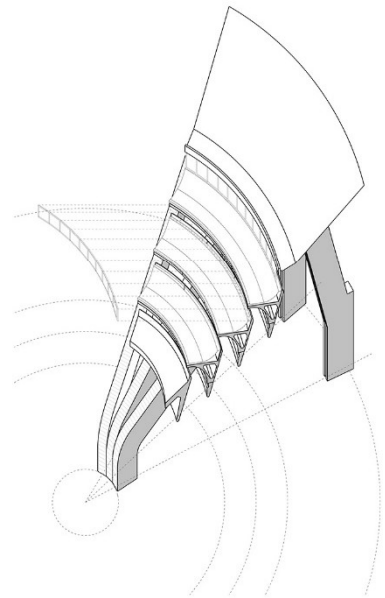
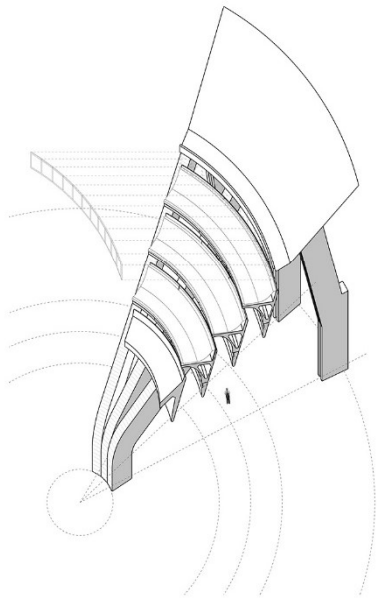
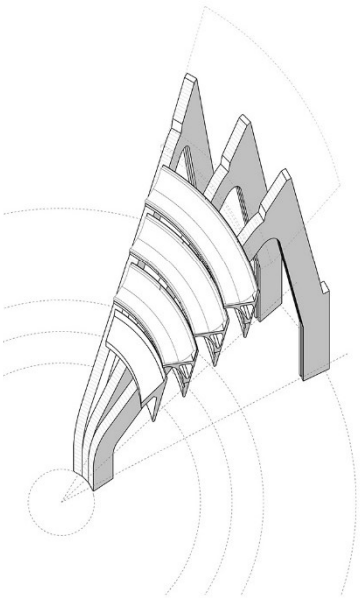
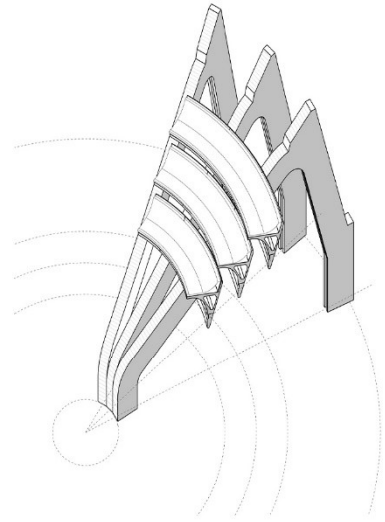
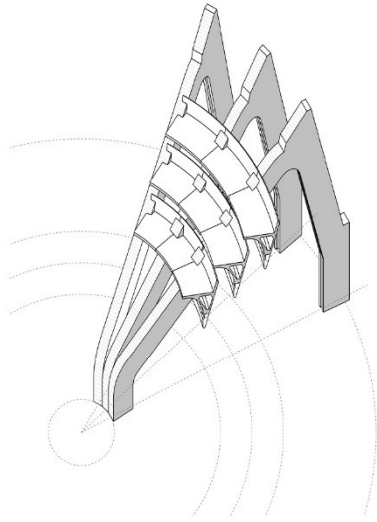
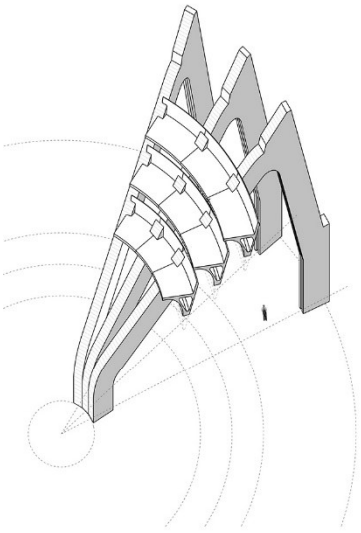
La zona inferior se encuentra igualmente elevada respecto al forjado inferior del edificio por lo que no termina en el punto de giro del semi- anfiteatro. Además, se extiende lateralmente, generando un volumen que se percibe como independiente (por su longitud y material), pero unido al anterior. Visualmente, es como una versión escalada del cuerpo anterior.

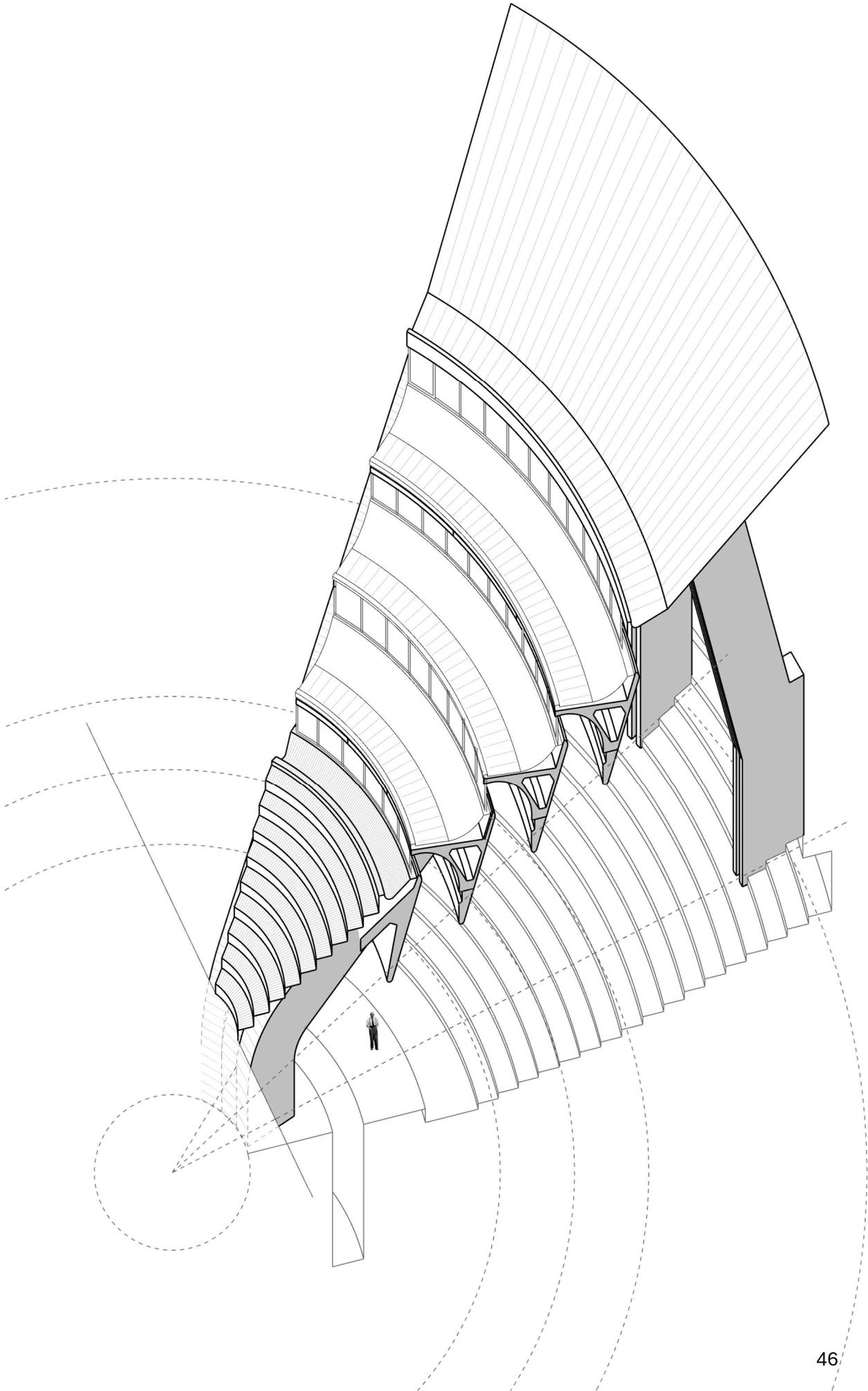
Detalle de colocación de las chapas metálicas sobre las costillas.

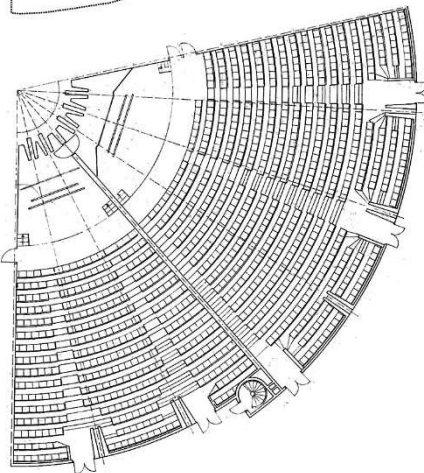
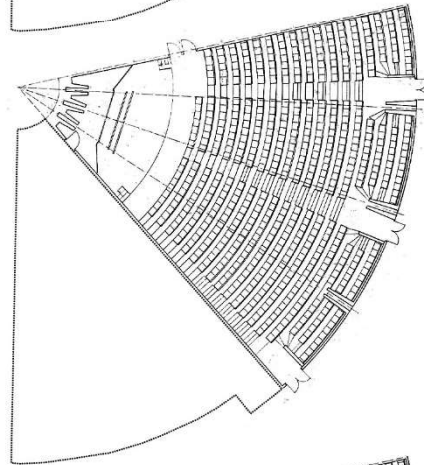
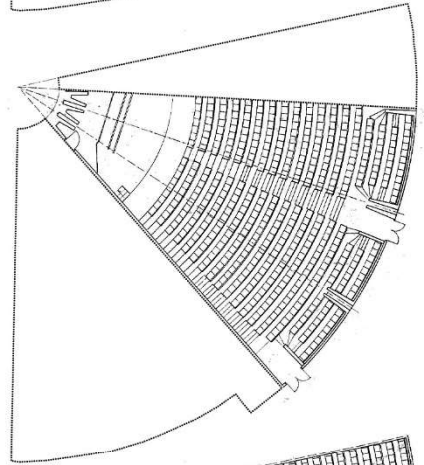
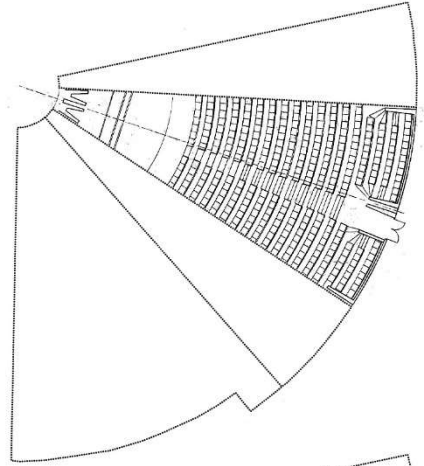
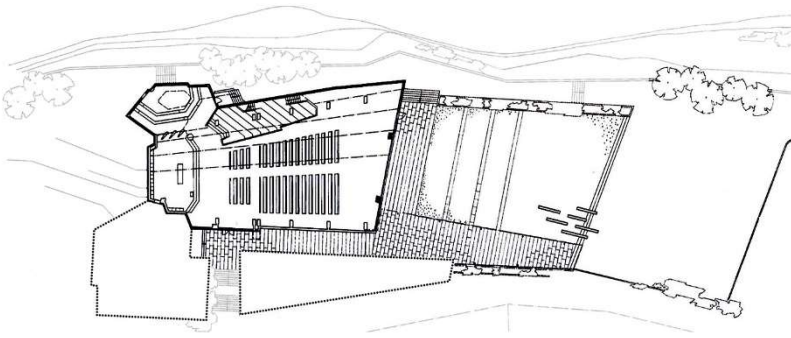
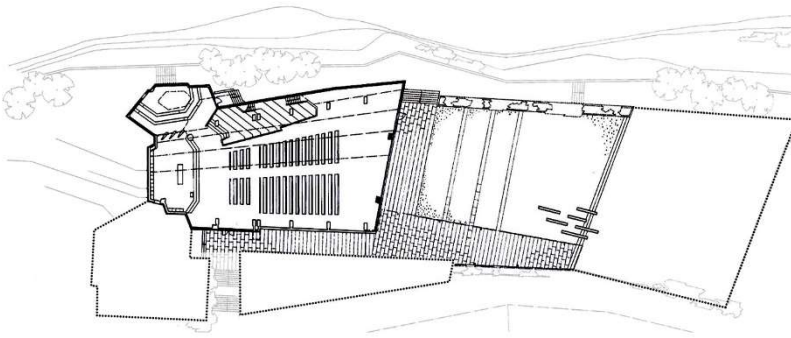
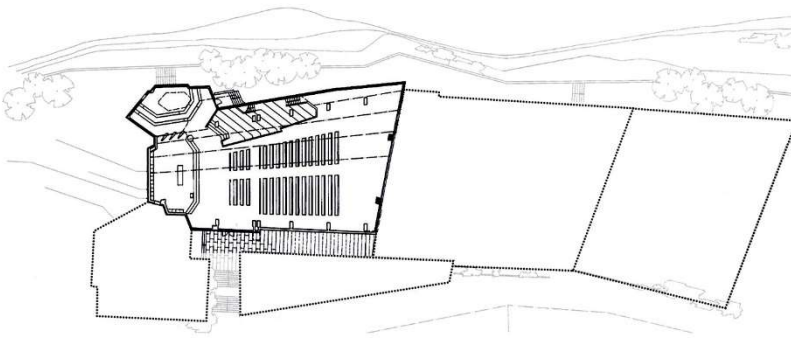
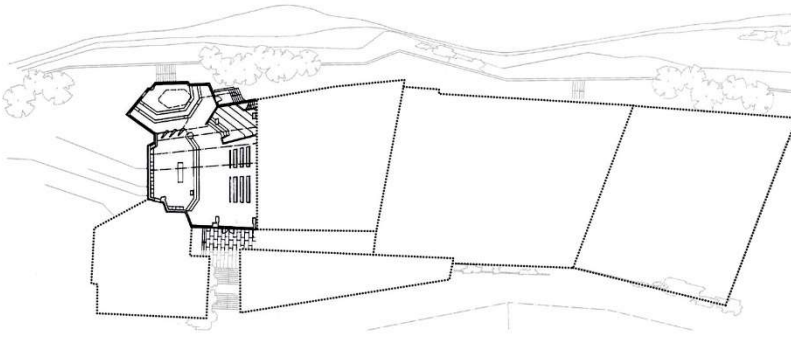
Páginas siguientes:

- Desarrollo del modo de construcción de los lucernarios según explica el texto.
- Visión final del conjunto.

Elaboración propia







7. COMPARATIVA DE LOS CASOS DE ESTUDIO

7.1. Relación de las partes

En cuanto a la relación que existe entre las partes de los edificios, observamos dos variantes: la división perpendicular al eje y la división radial.

En Riola, se procura buscar la máxima adaptabilidad. Así, en la idea del arquitecto, el mismo espacio puede ajustarse al número de usuarios.

El espacio más acotado es el que se hubiera producido al cerrar la puerta entre los arcos. Esta disposición hubiera permitido albergar a unas 20 personas en la misa diaria. Como se ha comentado previamente, esta puerta nunca se ha llegado a colocar, aun existiendo el lugar reservado para ella. Además, se permite una entrada alternativa, transversal al templo, que evita tener que atravesar la nave vacía. El baptisterio, con su puerta independiente, es donde se acogen hoy estas situaciones de misa más íntima, por lo que el templo sigue contando con cierta versatilidad en ese aspecto.

La planta completa de la iglesia sería útil en las misas dominicales, cuando más fieles acudirían a la celebración. *“El volumen edificado es de 14.000 metros cúbicos. Hay asientos fijos para 240 personas, aunque la iglesia tiene, actualmente, cabida para unos 400 de pie”* (Elissa Aalto, Informes de la construcción Vol.32, nº 312).

A la izquierda, concatenación de los espacios, de menos tamaño a mayor amplitud, en la Iglesia de Riola di Vergato, según lo descrito en el texto.

Imagen original obtenida de *Gresleri, G y G (2004): Alvar Aalto, la chiesa di Riola* y modificada por el autor.

A la derecha, relación hipotética entre espacios en el politécnico de Otaniemi.

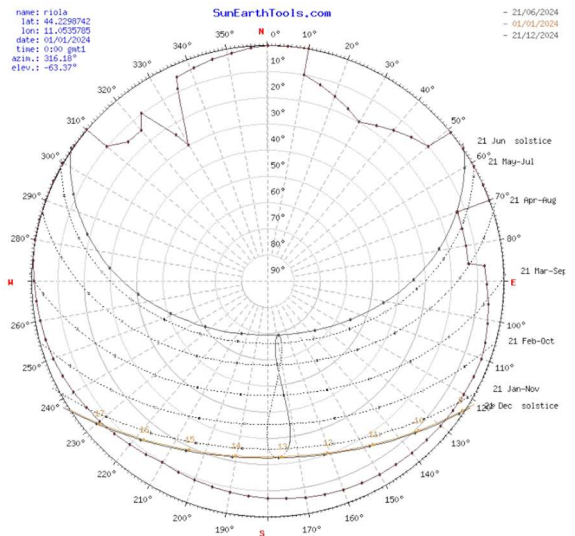
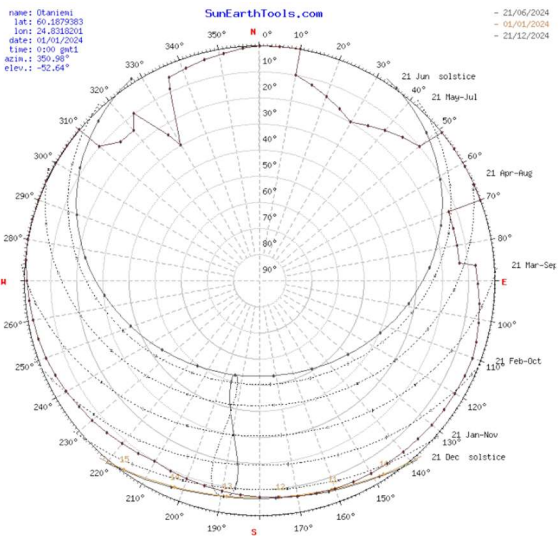
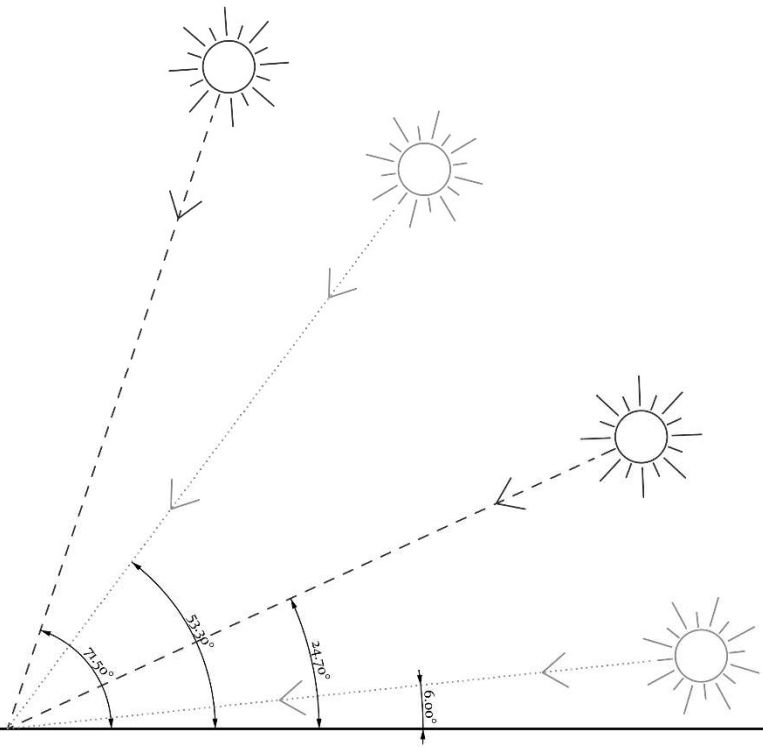
Imagen original obtenida de *Birkhäuser, V (1978): Aalto, Alvar. Projekte und letzte Bauen, Edición de 1999, Berlín.* Modificada por el autor.

Para los días de grandes fiestas eclesiales, Aalto propone la apertura total de las puertas a los pies del templo. Las puertas en acordeón se abrirían incluyendo la plaza en la liturgia. La colocación de la torre del campanario, con sus pilares rectangulares orientados hacia la entrada, tiene una doble función: por un lado, cierra virtualmente la plaza y acota el espacio que ocupa y, por otro, invita a los fieles que se encuentran en ella a mirar al interior de la iglesia para participar del rito.

La plaza se ha visto en ocasiones desbordada y se ha dado paso a una cuarta disposición. En ella, se ocupa el aparcamiento posterior a la plaza, triplicándose el aforo que puede contener la iglesia dentro de sus muros.

Por tanto, se trata de un edificio sumamente versátil.

FINLANDIA
 ITALIA - - - -



En cuanto al salón de actos de la universidad, observamos cómo, al iniciarse el proyecto, el autor busca una división de la sala en gajos, es decir, al contrario de lo que ocurre en Riola (siguiendo el esquema de concatenación de espacios).

En los croquis originales de Aalto se ve la intención de dividir radialmente el espacio. Llama especialmente la atención que, aunque inicialmente aparecen incluso movimientos en planta, siendo las cuñas de diferente dimensión, no llega a hacerse patente ninguna de estas soluciones. El volumen completo que forma el auditorio se divide en dos salas comunicadas por una puerta en la base, pero totalmente independientes la una de la otra.

El espacio se convierte en algo estático e invariable, en contraposición a la iglesia italiana. Sin embargo, aparece una dualidad de utilidad entre el interior y el exterior: El graderío en la cubierta replica la situación interna y se vuelca hacia la plaza, de manera que, en cierto modo, se extiende hacia ella.

7.2. Empleo de la luz natural

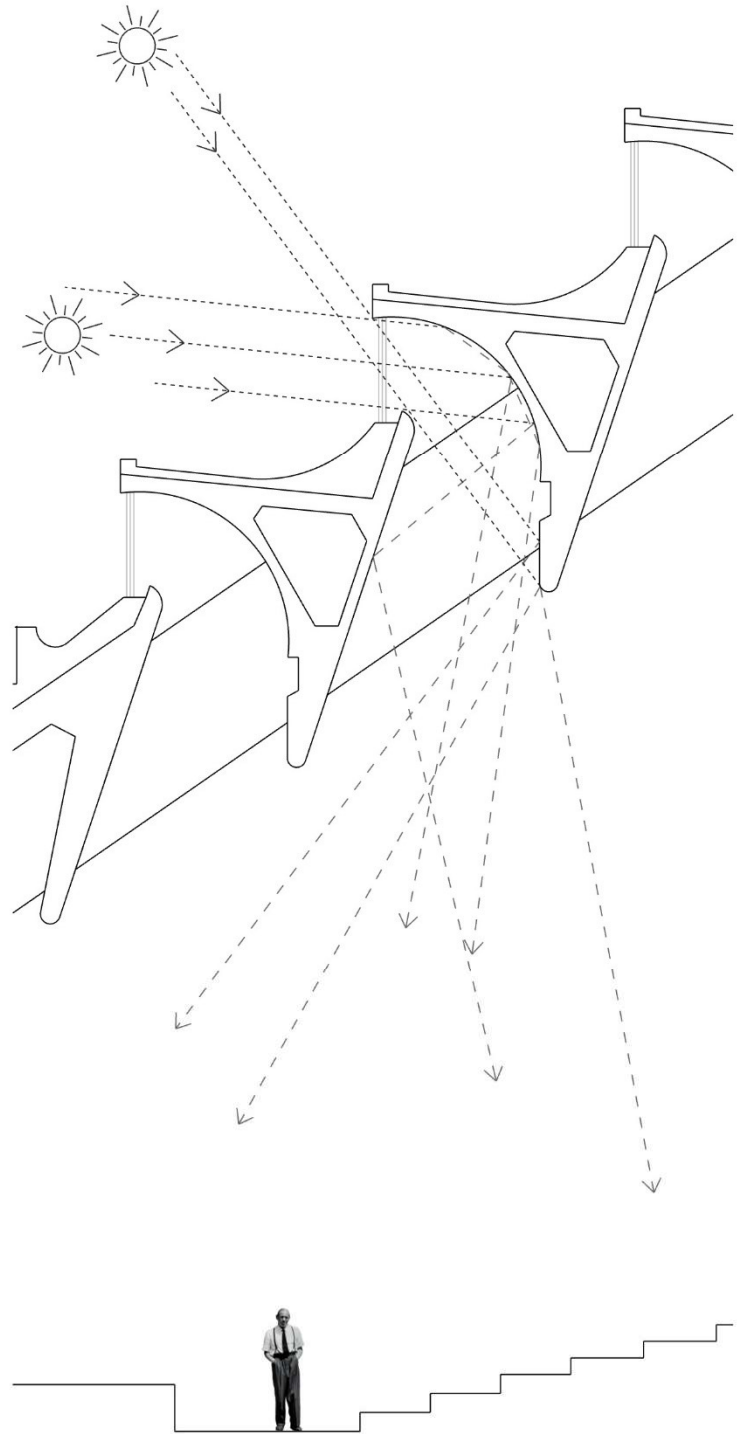
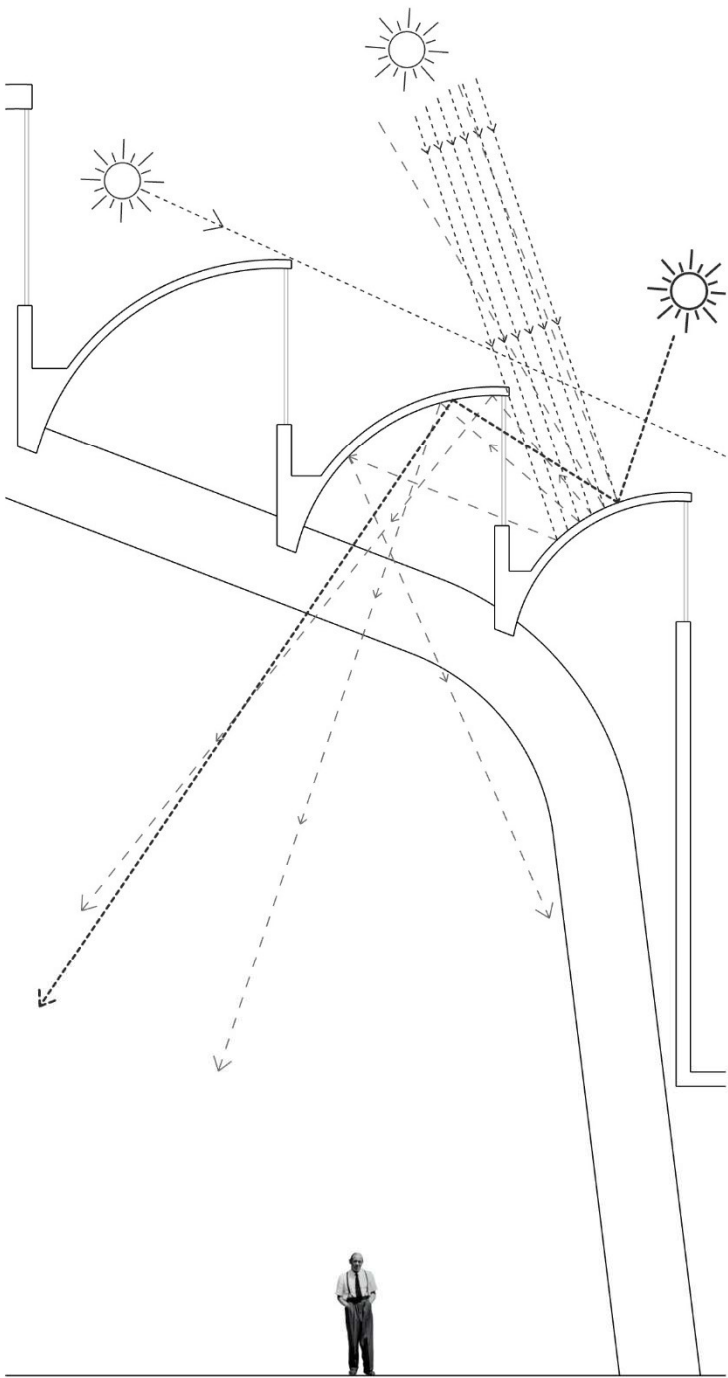
Alvar Aalto repite siempre el mismo patrón respecto a la luz natural en todos sus edificios: busca una luz reflejada, indirecta. La iluminación se vuelve homogénea y, en cierto modo, tamizada. En los casos de estudio que tratamos, el criterio es el mismo: los huecos de hormigón pintados de blanco funcionan como reflector. La luz tiene que atravesar capas, primero el vidrio, luego la superficie curva y el espacio del arco. En cada capa, encuentra oportunidad para ser reflejada.

El complejo eclesial de Santa María Assunta en Riola, es una de las obras que Aalto realiza fuera del país. En este lugar, el sol varía entre los 71. 5° y los 24. 7°.

Como estrategia, los huecos se orientan al norte. La luz general que reciben ya es continua. Además, entra la que se refleja en la pieza inferior al hueco. La iglesia cuenta con una iluminación constante y difusa, independientemente de la hora del día. Sin embargo, en los días cercanos al solsticio de verano (21 de junio), el sol sale por el noreste y se

Diagrama de inclinaciones solares. Relación entre Finlandia e Italia. Elaboración propia.

Cartas solares de Riola y Otaniemi. Obtenidas de SunHearth-Tools.



pone por el noroeste, atravesando los lucernarios sin impedimentos en la totalidad de su inclinación solar. Esos días, en la iglesia, entra luz directa.

En Otaniemi, por el contrario, los huecos se abren al sur. Finlandia se encuentra en su totalidad a más de 60° de latitud norte, el extremo septentrional del territorio está en el paralelo 70°. Esto implica que la luz, en general, es escasa. Si nos fijamos en su capital, Helsinki, situada en el extremo sur del país, los días duran entre 6 y 19 horas aunque el día con más cantidad de horas de sol cuenta con 9 horas y media. En esta zona, la puesta del sol dura entre 56 y 69 minutos, siendo la media a lo largo del año de 62 minutos debido a la inclinación del sol.

El cénit en Helsinki, a mediodía del 21 de junio, es de 53.3°, y la menor inclinación solar de la capital ocurre en diciembre, siendo de 6°, esto implica que la luz cenital directa (vertical) no existe en Finlandia, por tanto, todos los lucernarios reciben luz inclinada que puede ser reflejada. Alvar Aalto utiliza esta luz haciendo que choque con los paramentos. Así, se genera una iluminación homogénea en el espacio.

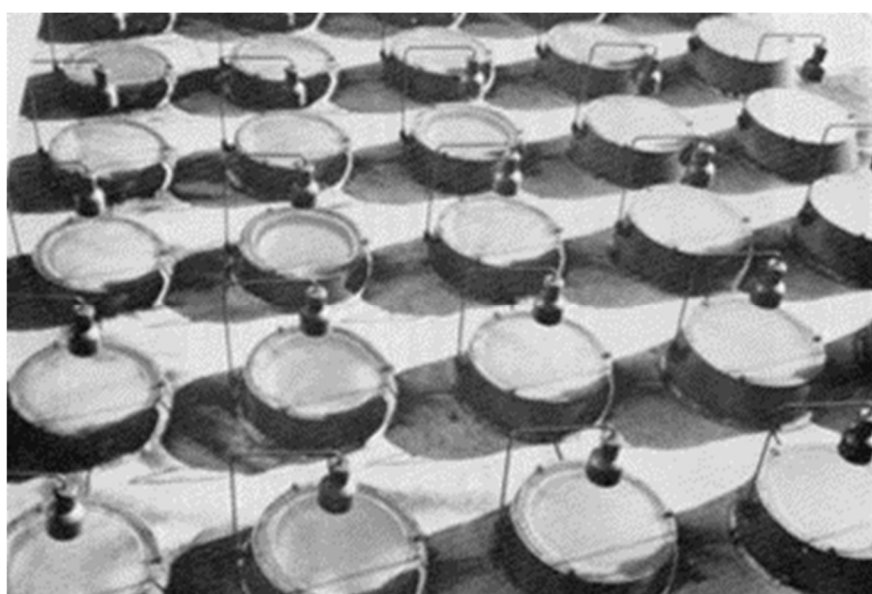
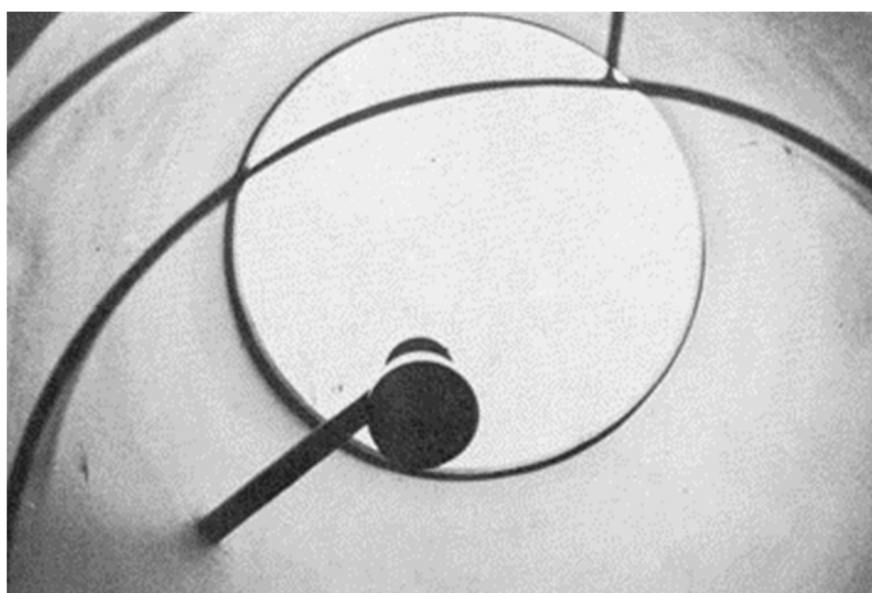
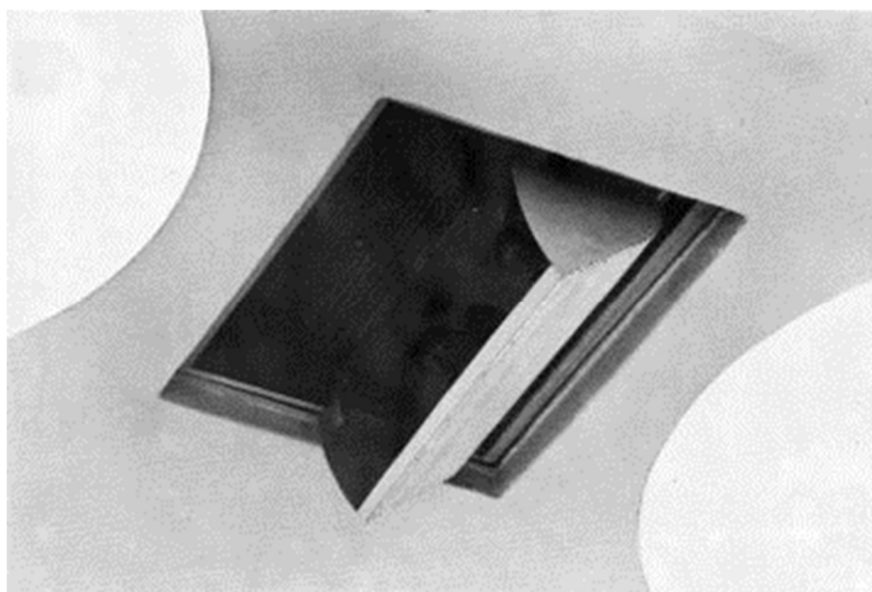
Los vidrios del politécnico de Otaniemi reciben luz directa a lo largo de todo el día. Sin embargo, la pieza está diseñada con precisión: La luz con mayor inclinación capaz de entrar llega hasta el punto más bajo del hueso estructural y se refleja.

La diferencia de diseño entre ambas soluciones expresa la orientación de estas. Cuando solo se busca recibir luz difusa, al norte, la pieza es un reflector exterior, que no requiere canto, sino recoger la luz y transmitirla al interior mientras que, cuando el lucernario se abre al sur, el desarrollo vertical se vuelve muy importante para asegurar la reflectancia.

Es llamativo observar que, en el templo italiano, a pesar de buscarse una luz homogénea reflejada en los lucernarios, abre, también a norte, un hueco en la zona del altar, desfasando la unión entre dos muros. Por este punto, también entra la luz de sureste que se refleja sobre los muros del baptisterio. Así, el altar queda como el espacio más iluminado.

Esquemas de reflexión de la luz natural en los lucernarios de ambos edificios.

Elaboración propia.



7.3. Integración de la luz artificial.

La luz artificial aparece como un complemento a la luz natural en ambos edificios. Aalto buscaba integrar la luz natural y la artificial de manera que ambas se manifestaran desde el mismo punto. Esta evolución se percibe, sobre todo en los lucernarios circulares. En ellos se distinguen las tres opciones que plantea el arquitecto:

- Junto al lucernario: en estos casos se coloca próxima al hueco y orientando hacia el mismo. En estos casos se ve la luminaria y queda clara la diferencia entre luz natural y luz artificial.
- Dentro del lucernario: es una respuesta más correcta en cuanto a la colocación del foco. La luz artificial puede reflejar de forma similar a la natural, desdibujándose la diferencia entre ellas.
- Sobre el lucernario: resulta una solución interesante. Al colocar la luminaria en el exterior, la percepción lumínica es muy similar a la natural y no se ve la luminaria desde el interior. Esta respuesta es especialmente llamativa teniendo en cuenta el clima en Finlandia, con sus numerosas nevadas. La lámpara en el exterior funciona tanto como foco de luz como elemento para derretir la nieve.

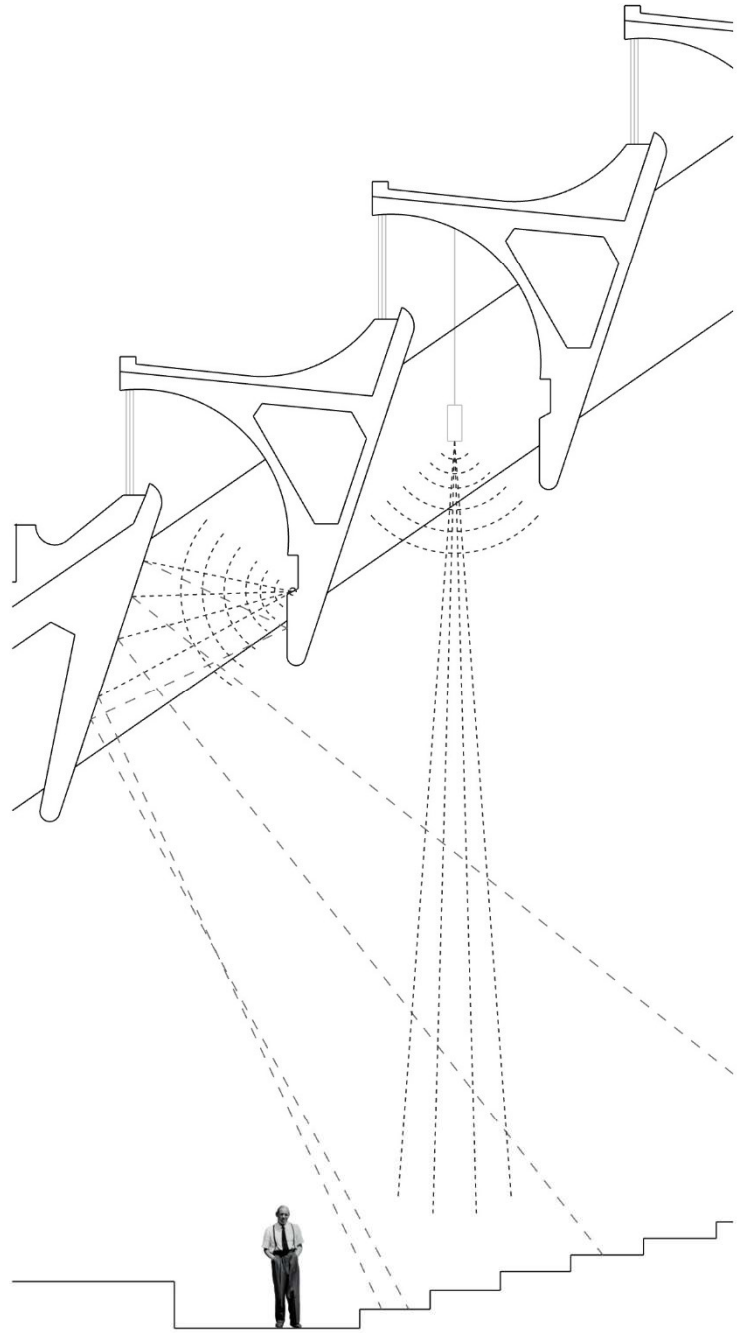
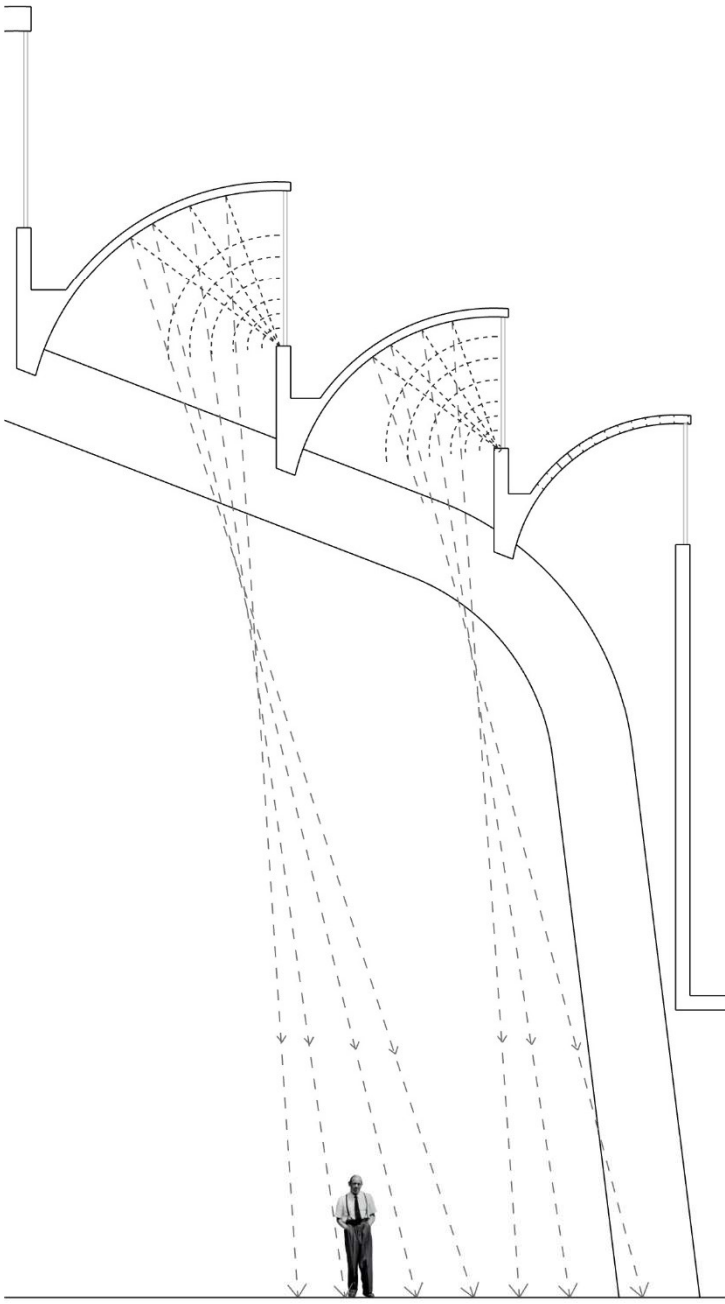
Riola y Otaniemi se enmarcan en el segundo caso: se integran lucernario y foco. Sin embargo, la luminaria es casi invisible en ellos por la adaptación que se da en la pieza.

Si hablamos de la iglesia italiana, es imposible ver los tubos fluorescentes que la iluminan. Se encuentran junto a las carpinterías de las ventanas, en la parte inferior, apoyadas sobre el final de la pieza e iluminan la curva de esta, dejando que la luz refleje hacia el interior. Con el paso del tiempo, y para dar mayor relevancia al altar y las imágenes del ábside, se han colocado focos puntuales en el borde del último arco (como se puede ver en la imagen de la izquierda). Realmente, la iluminación natural hace innecesario el uso de la artificial durante el día. La luz es continua y suficiente hasta la puesta del sol, sin embargo, las luminarias complementan adecuadamente en caso de hacer una vigilia nocturna o similar.

La integración es perfecta. Muestra la síntesis entre luz natural, artificial y estructura.

Variantes en la colocación de las luminarias en los lucernarios circulares de Aalto.

Obtenidas de
Birkhäuser, V (1978): *Aalto, Al-*
var. Projekte und letze
Bauen, Edición de 1999, Berlín.



En el caso de la universidad finlandesa, hay dos sistemas independientes. Por un lado, luminarias integradas en las piezas estructurales y, por otro, colgadas desde el lucernario hacia el graderío.

La luz artificial indirecta se integra en nichos dentro de la pieza del lucernario, introduciendo en ellos un tubo fluorescente. Para conseguirlo, las costillas de hormigón cuentan con un hueco en su parte final, donde se esconden las luminarias.

La luz directa responde también al segundo caso, pero se ve la luminaria. Es una solución clásica, con la lámpara diseñada por el propio Aalto, pero menos interesante que la opción de reflectancias.

Una integración más con la que cuenta la sala de conferencias es la climatización. Los arcos partidos funcionan como conductos de aire que lo reparten por toda el aula a través de rejillas.

7.4. Percepción espacial

Las plantas de estos edificios, ya sea en forma de cuña o de cuarto de circunferencia, muestran una intencionalidad espacial de predominio de un punto frente al resto. El edificio de Riola nos recuerda la estrategia barroca. Pretende, en cierto modo, estirar la nave, como en Santa María presso San Satiro o la scala regia. Se produce un trampantojo al modo de Borromini en el Palazzo Spada. Parece que Aalto se fijara en los arquitectos que forzaban la perspectiva en el Renacimiento, como Bramante y el Barroco, Bernini.

En Otaniemi este efecto se desdibuja por lo ancho de la sala, aunque el efecto de fuga es profundo.

A pesar de la claridad de la planta, el espacio de ambos edificios se entiende leyendo ambas secciones, longitudinal (o radial) y transversal, simultáneamente. *“Es ésta - la sección del edificio principal de Otaniemi - de un diseño extremadamente complejo y afinado, Y, si no conociéramos resto del proyecto, podríamos pensar que estábamos en presencia de una sección transversal que genera, por repetición, un espacio lineal”* (Capitel, Antón. Alvar Aalto, proyecto y método, Capítulo 3: *“Los instrumentos de la complejidad espacial”*).

Esquemas de colocación y funcionamiento de la luz artificial en ambos edificios.

Elaboración propia.

Abajo a la izquierda, fotografía desde el altar de las luminarias colocadas en los arcos en Santa María Assunta. Autor: Martina Raimondi (mayo 2024).

Abajo a la derecha, fotografía de las luminarias integradas en el lucernario. Autor: Eva y Pertti Ingervo c. 1965, Alvar Aalto Museum 102380.



Ambas construcciones cuentan con una sección decreciente hacia el punto de mayor relevancia: el altar para la iglesia y la tarima del ponente en la sala de conferencias. Esta estrategia refuerza la perspectiva. Con esto y con todo, la percepción espacial entre ambos es muy distinta.

¿Por qué utilizando la misma estrategia son diferentes espacios? Si la superposición de elementos y la intención lumínica es la misma, ¿qué hace que se distingan esencialmente? La respuesta a estas preguntas es simple: cambia la dirección.

En la iglesia de Riola, los arcos se disponen transversales al eje y los lucernarios son lineales hacia el foco. En Otaniemi, en cambio, la estructura principal se distribuye desde el punto de fuga y hacia el exterior y las costillas que dejan entrar la luz se colocan transversales a la visión. En el primer caso cada arco es diferente mientras que, en el segundo, todos se solucionan con la misma forma.

En ambos casos, no obstante, se da la misma estrategia perceptual: unos elementos lineales vuelcan hacia un punto y otros, transversales a los primeros, se suceden a lo largo de estos. Es curioso observar que Aalto corta el espacio, lo fragmenta en una sucesión de segmentos. La perspectiva no se ve extremadamente forzada por los elementos que producen la fuga. ¿Cómo lo hace? La estructura que se coloca perpendicular al eje es la que predomina. Vemos su recorrido desde el principio hasta el final y, contra ella, acometen las otras piezas. En Riola son los arcos los que producen este efecto de repetición que se reduce hasta el altar. Por su parte, los lucernarios se cortan al llegar a cada arco, generando un pequeño quiebro en su sección. En cambio, en Otaniemi, las piezas de lucernario se extienden más allá de los arcos y se perciben como elementos continuos entre los que se distingue la estructura principal.

Por tanto, aunque la estrategia estructural sea la misma, cada lucernario responde a la orientación a la que se abren sus huecos para conseguir reflejar la luz y esto, a su vez, produce una percepción de elementos transversales a la visión entre los que aparecen unas líneas que nos invitan a mirar hacia un punto.

Interior de Santa María Assunta, en Riola di Vergato. Imagen de Bifulco, Agnese.

Interior del aula principal de Otaniemi. Imagen de Holma, Maija (2007). Alvar Aalto Museum av 5026.

8. SÍNTESIS Y CONCLUSIONES

En síntesis, ambas obras se construyen con el mismo criterio estructural: sobre unos arcos asimétricos apoyan las costillas de los lucernarios que, entre sí, dejan pasar la luz. Esto implica que la altura se reduce conforme se sucede la estructura secundaria. En los casos que se han estudiado, los elementos son prefabricados de hormigón y requieren unirse *in situ*.

Para conseguir luz reflejada, se emplean dos estrategias: orientar los huecos al norte, donde la luz ya es continua, o emplear piezas con mucho canto y orientadas a sur. Para Italia se utiliza la primera y para Finlandia, la segunda.

Las plantas sugieren una perspectiva clara hacia un punto. En él, aparece el lugar de preferencia (altar o mesa del ponente). Cada una recuerda a sus antepasados históricos en Europa: la iglesia sigue la planta en cuña imitando el sistema perspectivo barroco, se genera un espacio fugado a modo de trampantojo; la sala de la universidad plantea una disposición a modo de teatro romano.

Sin embargo, cobra especial importancia la sección. En ella observamos como la organización espacial radica en colocar unos elementos que favorecen la perspectiva, velados mediante unas piezas continuas que prevalecen sobre las anteriores, dividiendo el todo en partes sucesivas. En Riola serán los arcos y en Otaniemi, los lucernarios.

Podemos concluir que, para la creación del espacio de Alvar Aalto, es radicalmente importante la estructura. Ella es la que caracterizará su arquitectura, pero se ve condicionada. La luz se vuelve el elemento dominante, la estructura responde a los requisitos para conseguir la reflexión de la luz. Así, luz, estructura y espacio se vuelven una sola cosa.

9. BIBLIOGRAFÍA

9.1. Bibliografía general Aalto y otros.

- Birkhäuser, V (1978): *Aalto, Alvar. Projekte und letzte Bauen*, Edición de 1999, Berlín.
El estudio de las obras completas de Alvar Aalto en sus tres tomos, suprimiendo la parte final sobre mobiliario, fue el inicio del estudio. Gracias a ellos se realizó la clasificación de los lucernarios según los tipos mencionados en el trabajo.
- Fundación Alvar Aalto (n.d.): *Alvar Aalto*. Disponible en: <https://www.alvaraalto.fi/en/> [Consulta: marzo-mayo. 2024]
- SunEarthTools.com (n.d.): *Posición del sol*. Disponible en https://www.sunearth-tools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=es#top [Consulta 28 de mayo de 2024]

9.2. Bibliografía específica Riola.

- "Un'opera di Alvar Aalto in Italia: la Chiesa parrocchiale di Riola (Bologna)". Extracto de "L'Industria italiana del cemento" (Año 49) octubre 1979.
Se obtuvieron los planos originales de construcción de los arcos prefabricados de la Iglesia en Riola.
- *Gresleri, G y G (2004): Alvar Aalto, la chiesa di Riola*, 2004, Bologna, Compositori. Versión italiana.
Este libro fue fundamental para entender los condicionantes de la obra y conocer con detalle el proceso de montaje.
- Aalto, E (1979): "Iglesia en Riola, Italia", *Informes de la construcción*, Volumen 32 (nº 312), páginas 13-18.
El fascículo es un resumen escrito por Elissa Aalto, mujer del arquitecto, que incluye una breve descripción de la obra.
- Se contó con la colaboración de los fieles de la parroquia, y con el padre Don Augusto Modena,

párroco de la misma. Merece especial mención Martina Raimondi, que transmitía la información en castellano para aclarar las dudas que surgían. Estas conversaciones plasmaron la realidad de la situación del edificio en la actualidad.

9.3. Bibliografía específica Otaniemi

- Hipeli, M (2008): “*Alvar Aalto, University os technology, Otaniemi*”, *Alvar Aalto architect, volumen 13*. Edición en inglés, Helsinki, Lönnberg Print. El monográfico sobre la universidad sentó las bases tanto del contexto del conjunto y aportó los planos e imágenes para el estudio del edificio principal de la universidad.
- Koho T. (1995): *Alvar Aalto – Urban Finland*, “Otaniemi University capus. Tammer-Paino Oy, Tampere 1997. Consultado en su versión en inglés.
- Capitel, A. (1994): *Alvar Aalto. Proyecto y método*. Capítulo 3: “*Los instrumentos de la complejidad espacial*”. Akal ediciones. Archivo consultado digitalmente en el archivo digital UPM. El documento habla sobre la construcción de la espacialidad del edificio principal de la universidad de Helsinki.