



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR DE  
ARQUITECTURA

# Trabajo de Fin de Grado

## Grado en Fundamentos de la Arquitectura

Estudio del funcionamiento energético del Palau de la Música de Valencia.  
Propuesta arquitectónica de funcionamiento bioclimático.

Autor: Toledo Sahuco, Abel

Tutor: Carrión Mondéjar, Juan Carlos



## RESUMEN

Se pretende realizar un análisis del funcionamiento energético del Palau de la Música de Valencia, tanto en las condiciones de verano como de invierno, y se realizan propuestas de modificación, tanto en el diseño como en los sistemas constructivos, que supongan una mejora en las condiciones climáticas del edificio.

En primer lugar, se realizará una breve introducción explicando en qué se basa la arquitectura bioclimática para ser eficiente y sostenible.

A continuación, una vez introducido el término de bioclimatismo, se hará un análisis del edificio Palau de la Música, con el fin de obtener una serie de conclusiones, favorables y desfavorables, y así definir unas soluciones en su diseño y construcción.

Por último, a partir de las conclusiones obtenidas, se propondrán varias soluciones para el buen funcionamiento energético del edificio.

### Palabras clave:

Palacio; Música; energía; bioclimatismo; propuesta

## RESUM

Es pretén realitzar una anàlisi del funcionament energètic del Palau de la Música de València, tant en les condicions d'estiu com d'hivern, i es realitzen propostes de modificació, tant en el disseny com en els sistemes constructius, que suposen una millora en les condicions climàtiques de l'edifici.

En primer lloc, es realitzarà una breu introducció explicant en què es basa l'arquitectura bioclimàtica per a ser eficient i sostenible.

A continuació, una vegada introduït el terme de bioclimatismo, es farà una anàlisi de l'edifici Palau de la Música, a fi d'obtindre una sèrie de conclusions, favorables i desfavorables, i així definir unes solucions en el seu disseny i construcció.

Finalment, a partir de les conclusions obtingudes, es proposaran diverses solucions per al bon funcionament energètic de l'edifici.

### Paraules clau:

Palau; Música; energia; bioclimatismo; proposta

## **ABSTRACT**

In this project, an analysis of the energetic functioning of the Palau de la Música in Valencia is carried out, both in summer and winter conditions, and modification proposals are made, both in the design and in the construction systems, which represent an improvement in the climatic conditions of the building.

First, a brief introduction will be made explaining what the bioclimatic architecture is based on to be efficient and sustainable.

Then, once the term of bioclimatism has been introduced, an analysis of the Palau de la Música building will be done, in order to obtain a series of conclusions, favorable and unfavourable, and thus define solutions in their design and construction.

Finally, based on the conclusions obtained, several solutions will be proposed for the proper energy performance of the building.

### **Keywords:**

Palace; Music; energy; bioclimatism; proposal



## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>pág. 7</b>
1.1 Arquitectura bioclimática, eficiente y sostenible.....	pág. 7
1.2 Antecedentes y estado actual.....	pág. 9
1.3 Objetivos: General y específico.....	pág.10
<b>2. ANÁLISIS DEL PALAU DE LA MÚSICA.....</b>	<b>pág. 11</b>
2.1 Descripción.....	pág. 11
2.2 Análisis bioclimático.....	pág. 16
2.2.1 Temperatura.....	pág. 16
2.2.2 Precipitaciones.....	pág. 18
2.2.3 Irradiación solar.....	pág. 19
2.2.4 Dirección del viento.....	pág. 20
2.2.5 Humedad.....	pág. 21
2.3 Análisis energético.....	pág. 22
2.3.1 Estrategias arquitectónicas de diseño bioclimático en condiciones de invierno.....	pág. 22
2.3.2 Estrategias arquitectónicas de diseño bioclimático en condiciones de verano.....	pág. 25
<b>3. SOLUCIONES BIOCLIMÁTICAS.....</b>	<b>pág. 31</b>
3.1 Programa Autodesk Ecotect Analysis.....	pág. 31
3.2 Propuestas de rehabilitación energética.....	pág. 36
<b>4. PRESUPUESTO.....</b>	<b>pág. 48</b>
<b>5. CONCLUSIONES.....</b>	<b>pág. 52</b>
<b>6. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>pág. 53</b>
6.1 Páginas web.....	pág. 53
6.2 Libros.....	pág. 54
6.3 Revistas.....	pág. 54
6.4 Programas software.....	pág. 54
<b>7. ÍNDICE DE ILUSTRACIONES Y TABLAS.....</b>	<b>pág. 55</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

El contenido de este Trabajo Final de Grado nos acerca a la arquitectura bioclimática y sostenible, la cual contribuye al confort en el interior de los edificios y a la eficiencia energética. Esta contribución, se realiza mediante un análisis del edificio Palau de la Música y se proponen varias soluciones y técnicas constructivas para la mejora de su funcionamiento energético, teniendo en cuenta un bajo coste.

### 1.1 Arquitectura bioclimática, eficiente y sostenible.

La arquitectura bioclimática, pretende proporcionar a los ocupantes de los edificios ambientes interiores confortables, gastando la mínima energía posible, y utilizando al máximo la misma arquitectura para conseguirlo. El elemento básico es la adaptación del edificio al clima del lugar. Por clima entendemos la temperatura del aire, la radiación solar, la humedad, el viento, etc. La arquitectura bioclimática no es una manera diferente de hacer arquitectura, es simplemente dar prioridad a la adaptación del edificio a su entorno para de esa forma conseguir un ahorro en el consumo energético.

Una arquitectura bioclimática es también una arquitectura sostenible. Es aquella que garantiza el máximo nivel de confort, bienestar y desarrollo de los ciudadanos y su máxima integración en los ciclos vitales de la naturaleza.

Para que un edificio, en este caso el Palau de la Música, sea un edificio bioclimático, es necesario seguir unas pautas de diseño, las cuales comienzan por la elección del solar donde se construye el edificio. Estas pautas, son las siguientes:

- El lugar donde se ubica el edificio.
- Los condicionantes del entorno.
- La orientación del edificio.
- La forma volumétrica general del edificio.
- La fachada norte.
- La situación de las ventanas.
- La distribución interior.
- Los espacios intermedios.
- Los paramentos interiores y exteriores.
- La refrigeración natural.

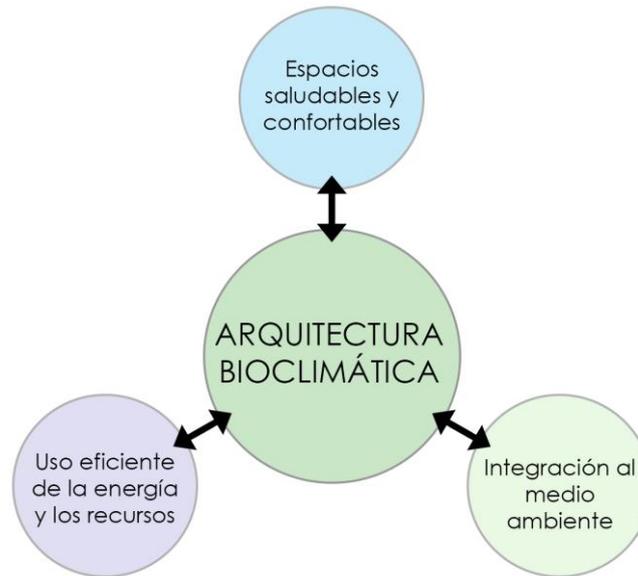


Fig. 1 Esquema general Arquitectura Bioclimática (Elaboración propia)

En una relación de los objetivos de este tipo de arquitectura, como se puede observar en el Figura 1, se destacan como fundamentales los siguientes:

- Los espacios habitables que se diseñen deben ser funcionales, siendo saludables y confortables tanto física como psicológicamente.
- Utilizar de manera eficiente la energía y los recursos.
- Integración de los humanos en el medio ambiente, mediante los espacios.

Hoy en día, muchos de los edificios existentes carecen de estos requisitos básicos de la arquitectura bioclimática. Por ello, los usuarios se ven obligados a recurrir a las tecnologías actuales para conseguir un confort térmico en el interior de los edificios, con el consiguiente consumo energético que esto conlleva.

El clima del lugar donde está situado el Palau de la Música, es un clima donde los veranos son muy calurosos y húmedos, y los inviernos no muy fríos. Hay una diferencia notable entre las temperaturas que se alcanzan en verano, donde sobrepasan en muchas ocasiones los 40°C, con las temperaturas en invierno. Esto conlleva a que el Palau debería estar diseñado acorde a estas oscilaciones térmicas.

Todos los años hay quejas de los usuarios que visitan el Palau de la Música de Valencia ya que, aparte de ser un auditorio para realizar conciertos, también recibe a miles de estudiantes y familiares para celebrar sus respectivas graduaciones o eventos. Se quejan del calor que se produce en el hall de entrada donde se sitúa la bóveda de vidrio, y dando las gracias a que el Palau tiene instalados sistemas de ventilación, en este caso aires acondicionados de calor y frío tanto en la parte superior de la bóveda, como en el intradós del muro de cerramiento. El presidente de la Asociación Nacional para la Arquitectura Sostenible y de Asociación Nacional para la Ciudad del Futuro, afincada en Valencia, considera que se han hecho "*auténticas barbaridades*" [1]:

*"son tan impactantes visualmente como impactantes resultan para el medioambiente", y dañan además la salud de las personas, porque también hay edificios que "derriten" a la gente por el calor que acumulan en su interior debido a una fachada o unos materiales inadecuados.*

*Garrido cita al Palau de la Música de Valencia, conocido, afirma, como el microondas, porque el sol que entra por su cúpula de vidrio se convierte en "miles de vatios" de energía calorífica en su interior.*

*Para paliarlo "tuvieron que cubrir la cúpula con lonas por dentro". (Valenciaplaza. 13/09/2013).*

Como se puede comprobar a simple vista, la utilización de un mecanismo de aire acondicionado no es la solución para paliar los problemas térmicos que ocurren dentro de la bóveda. Lo que propone una arquitectura bioclimática es, que la arquitectura del propio edificio tiene que ser suficiente para combatir estos problemas y que el coste energético sea el mínimo posible manteniendo un confort térmico en el interior.

El Palau de la Música, actúa como un gran invernadero, donde se utiliza al sol como fuente de energía y confort, en el cual la radiación entra en el edificio y queda atrapada, calentando el espacio. El vidrio se comporta de una manera curiosa ante la radiación: es transparente a la radiación visible, pero opaco ante la radiación infrarroja. Resulta de gran importancia alcanzar un nivel suficiente de aislamiento para garantizar tanto la reducción de la demanda como para propiciar una mayor eficiencia energética del edificio.

## 1.2 Antecedentes y estado actual. [2]

Desde sus inicios, los humanos han tenido muy en cuenta el Sol, y de ello hay un gran ejemplo, como es el observatorio de Stonehenge (3100 a. C.), donde el sol atraviesa el eje de la construcción.

Desde la antigüedad, ya se tenía muy en cuenta el clima en la arquitectura. Cabe destacar a figuras como Sócrates (470 a 399 a. C.) que defendía:

*"...en las casas orientadas al sur, el sol penetra por el pórtico en invierno, mientras que en verano el arco solar descrito se eleva sobre nuestras cabezas y por encima del tejado, de manera que hay sombra..."*

Más tarde, Aristóteles (384 a 322 a. C.) defendía:

*"resguardarse del frío norte y aprovechar el calor del sol es una forma moderna y civilizada".*

Además, Vitruvio (Siglo I a. C.) defendió sus ideas:

*“El estilo de los edificios debe ser manifiestamente diferente en Egipto que, en España, en Pontus y en Roma, y en países y regiones de características diferentes. Una parte de la tierra se encuentra abrumada por el sol en su recorrido; otra, se encuentra muy alejada de él; y, por último, existe una afectada por su radiación, pero a una distancia moderada.”*

Adelantando en el tiempo, nos encontramos con la arquitectura popular, la cual utilizaba los materiales de su entorno con el objetivo de obtener un confort térmico, minimizando los problemas que pudiera causar el clima.

De manera más reciente, la utilización de grandes invernaderos como fue el Palacio de Cristal de Londres de Joseph Paxton (1851), para utilizar al sol como fuente de energía y confort, y utilizando nuevos materiales como el vidrio y metal.

En el Siglo XX, Le Corbusier defendió:

*“el sol, la vegetación y el espacio son las tres materias primas del urbanismo.”*

También, el arquitecto Frank Lloyd Wright defendió:

*“sus viviendas debían ser parte de la naturaleza y crecer desde el suelo hasta la luz.”,  
“una integración tanto en el lugar, en el entorno como en la vida de sus habitantes.”*

Por último, cabe destacar a Victor Olgyay, que fue uno de los precursores en la relación entre la arquitectura y la energía.

### 1.3 Objetivos.

- General:

El objetivo es diseñar un modelo para el hall de entrada, donde se encuentra la cúpula de vidrio, siguiendo criterios de diseño bioclimático y que sea sostenible y eficiente a la vez. Permitiendo el aprovechamiento de los recursos naturales y ambientales, minimizando los efectos negativos al medio ambiente.

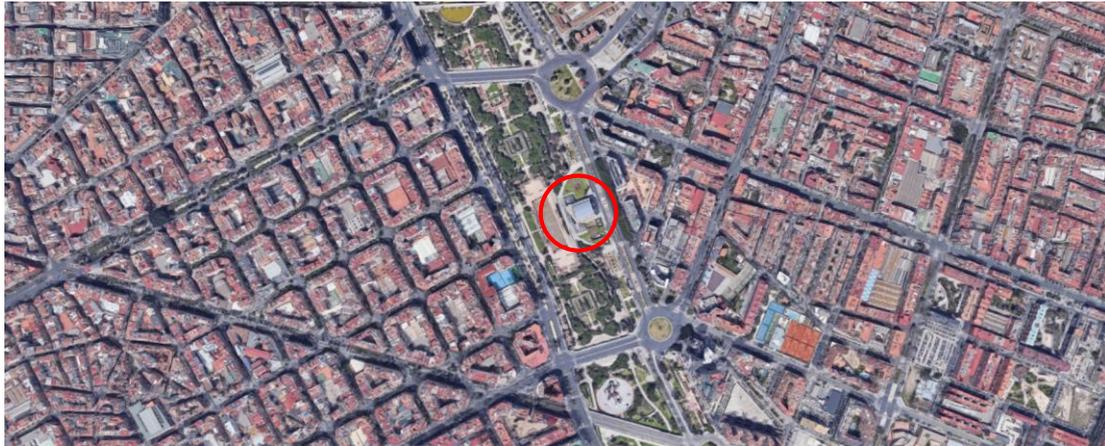
- Específico:

Establecer, por medio de comparación y la aplicación de criterios bioclimáticos, las características mejoradas del auditorio que satisfagan las necesidades de sostenibilidad para los usuarios, y acordes a los condicionantes ambientales.

## 2. ANÁLISIS DEL PALAU DE LA MÚSICA

### 2.1 Descripción

El Palau de la Música de Valencia, que es uno de los principales auditorios del país, está situado en una zona urbana, concretamente a orillas del cauce del río Turia, entre los puentes de Aragón y del Ángel Custodio (Paseo de la Alameda, 30). Este edificio fue inaugurado el 25 de abril de 1987 y diseñado por el arquitecto José María García de Paredes. [3]



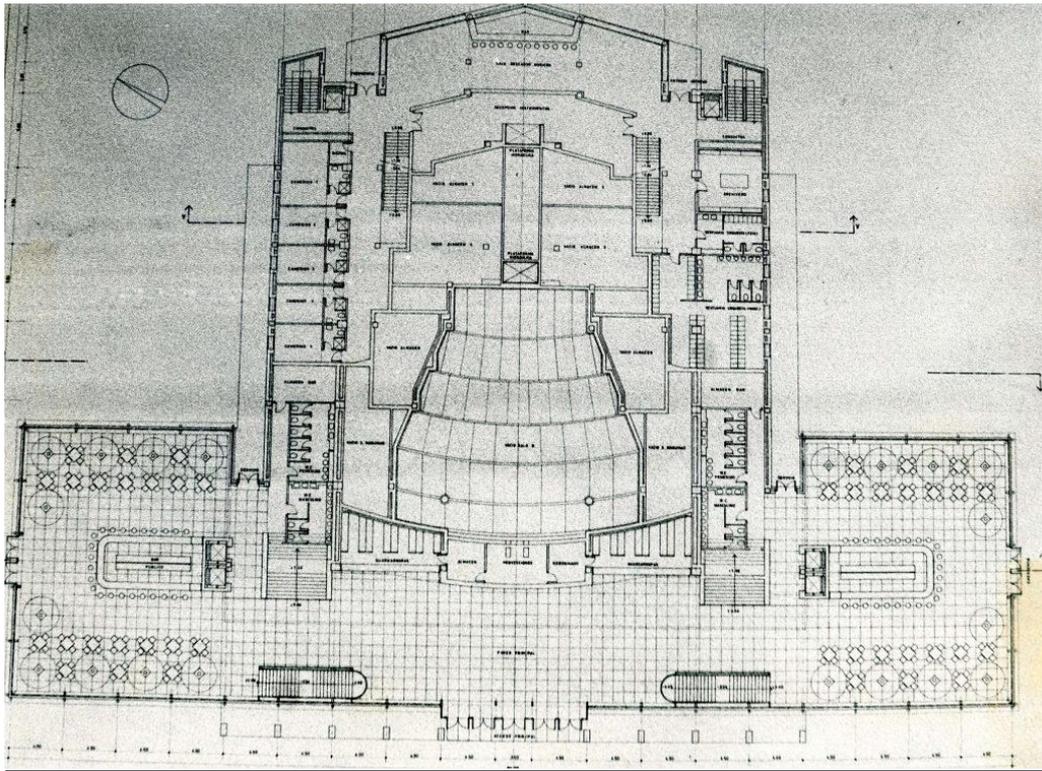
*Fig. 2 Emplazamiento del edificio en el río Turia de Valencia*



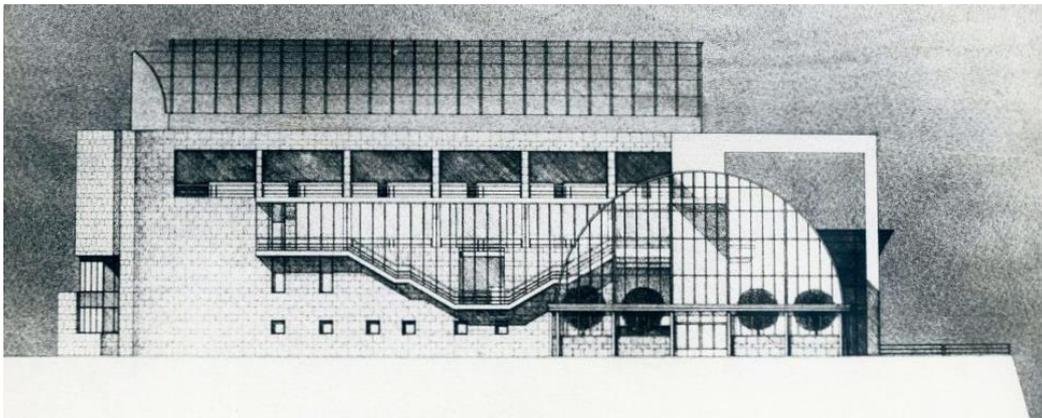
*Fig. 3 Situación del Palau de la Música*

En la fachada suroeste, se sitúa una gran bóveda vidriada que se integra en el río Turia, siendo el acceso principal del edificio. Este espacio, que sirve para iluminar todo el hall de entrada, tiene un área en planta aproximadamente de 1300 m<sup>2</sup>. Por otro lado, en la fachada noreste, se encuentra el acceso secundario al edificio (Paseo de la Alameda).

En cuanto a la incidencia solar, el Palau no está afectado por edificaciones próximas ya que se encuentra separado de las edificaciones.



*Fig. 4 Planta del Palau de la Música de València*



*Fig. 5 Alzado Noroeste del Palau de la Música de València*



*Fig. 6 Imagen fachada principal suroeste. Bóveda vidriada (Elaboración propia)*



Fig. 7 Interior de la bóveda (Elaboración propia)

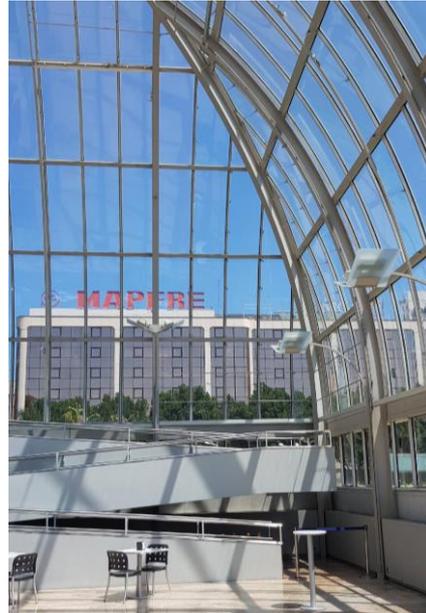


Fig. 8 Interior de la bóveda (Elaboración propia)

Tras la bóveda vidriada, se encuentran cuatro salas [3]:

- **Sala ITURBI**, es la sala principal del auditorio la gran sala de conciertos sinfónicos para 1.781 personas y sede de la Orquesta de Valencia.
- **Sala JOAQUÍN RODRIGO**, es una sala de cámara polivalente de un solo graderío, para 420 espectadores, donde se realizan conciertos de cámara y los recitales líricos
- **Salas VICENTE MARTIN I SOLER**, y **LUCRECIA BORI**, las dos con capacidad para 96 personas, adscritas a conferencias, lecturas poéticas, reuniones, congresos y usos multidisciplinarios, además de otros vestíbulos y espacios.

Además, cuenta con una **sala de exposiciones** que se encuentra situada en el mismo plano que la Sala Joaquín Rodrigo y las salas de conferencias.



Fig. 9 Sala Iturbi



Fig. 10 Sala Joaquín Rodrigo



Fig. 11 Sala Vicente Martin i Soler



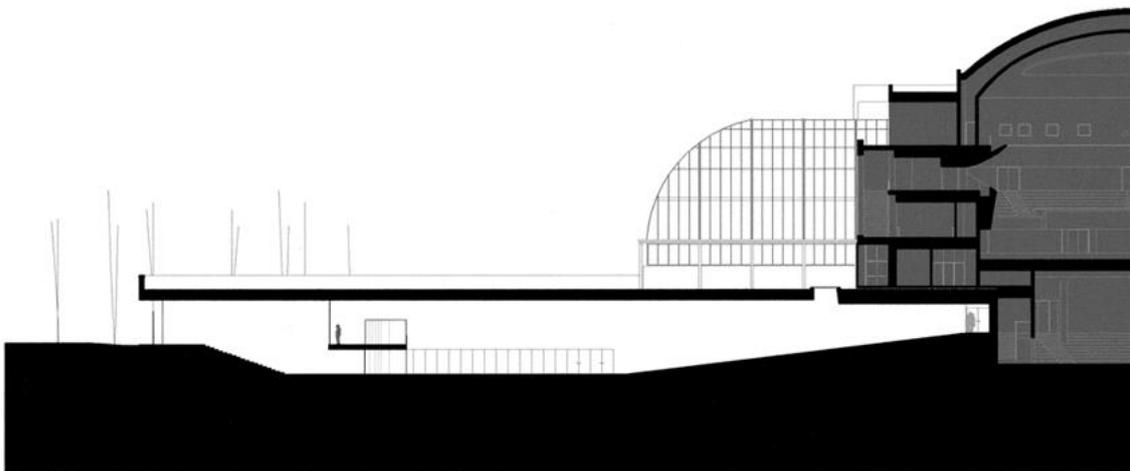
Fig. 12 Sala Lucrecia Bori

El 26 de noviembre de 2002, fue inaugurado el anexo al edificio. Se intervino en el Palau de la Música haciéndose una ampliación, llevada a cabo por el arquitecto Eduardo de Miguel. El objetivo de esta ampliación consistía en no querer quitar el protagonismo al edificio existente, por ello la ampliación está enterrada dándose una presencia mínima en la superficie. El programa cuenta con un aula de formación musical, espacios administrativos y cafetería con vistas al río Turia. [4]

La ampliación trata de dos plantas enterradas sobre la cota del edificio original del Palau de la Música y siempre relacionado con el entorno. La vegetación tiene mucho protagonismo debido a la conexión del edificio con el cauce del río Turia. Cuenta con una serie de patios situados alrededor por donde recibe la luz y de esta manera sirve para iluminar las estancias interiores situadas bajo tierra. Las cubiertas son vegetales, las cuales se pueden observar desde la cota 0, y ayudan a relacionarse con el entorno dando una continuidad a la vegetación. [4]



*Fig. 13 Vista aérea de la ampliación*



*Fig. 14 Sección transversal de la ampliación*



*Fig. 15 Acceso a la ampliación (Elaboración propia)*



*Fig. 16 Ampliación. Espacio interior con vista al patio (Elaboración propia)*



*Fig. 17 Cubierta vegetal de la ampliación (Elaboración propia)*

## 2.2 Análisis bioclimático.

### 2.2.1 Temperatura:

A continuación, en el siguiente gráfico se muestra las temperaturas máximas, medias y mínimas durante los meses del año 2018 en la ciudad de Valencia.

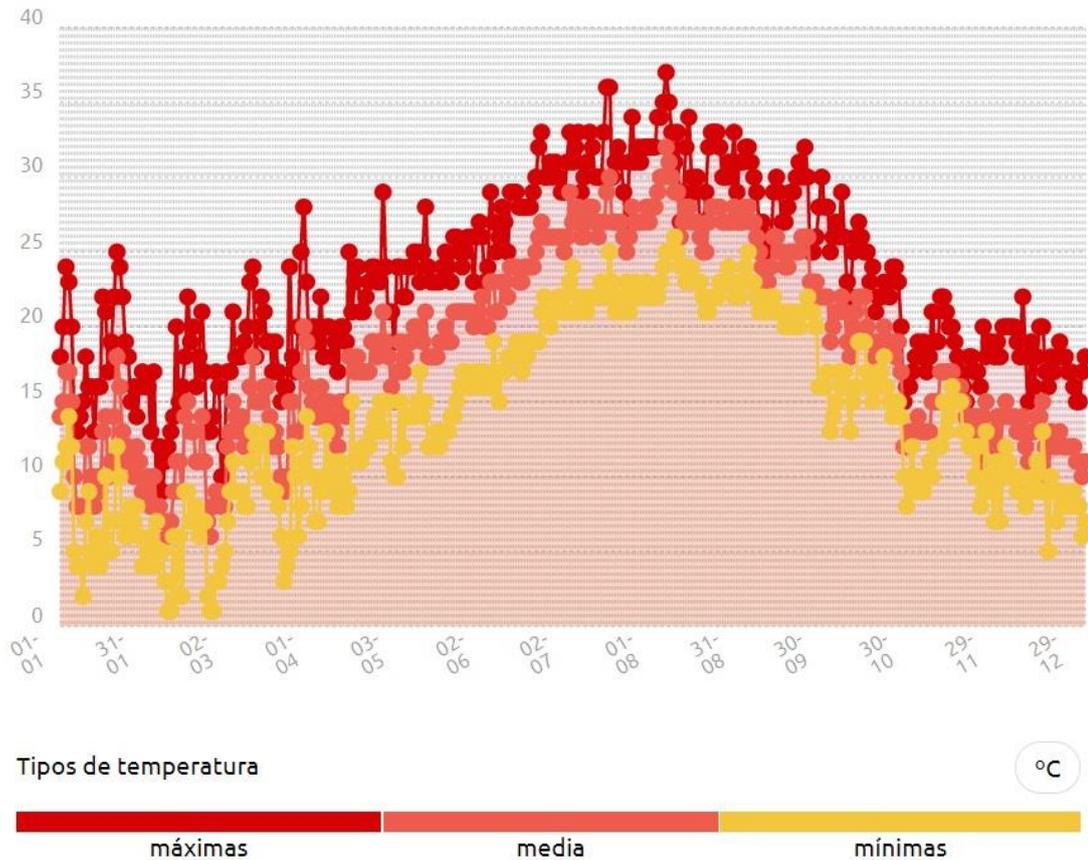


Fig. 18 Temperaturas provincia de Valencia 2018.

Las temperaturas máximas están comprendidas entre las estaciones de primavera y verano, dónde se alcanzan temperaturas de hasta 37°C en el mes de agosto. Por otro lado, en los meses fríos encontramos las temperaturas mínimas donde destacamos enero, febrero y marzo alcanzando en febrero 1°C.

Como se observa en el anterior gráfico, las diferencias de temperaturas entre la estación de verano e invierno son bastantes amplias.

Debido al cambio climático, las temperaturas extremas están siendo cada vez más severas, y no afecta solamente a la temperatura, sino, a la radiación solar, vientos, lluvias, etc. Por lo tanto, esto es algo que afecta en gran medida al Palau de la Música porque se caldeará el interior en mayor medida.

En los siguientes gráficos, se puede observar el cambio existente de temperaturas entre el verano del año 2018 y el verano actual 2019. Hay una diferencia de 6°C entre las temperaturas máximas.

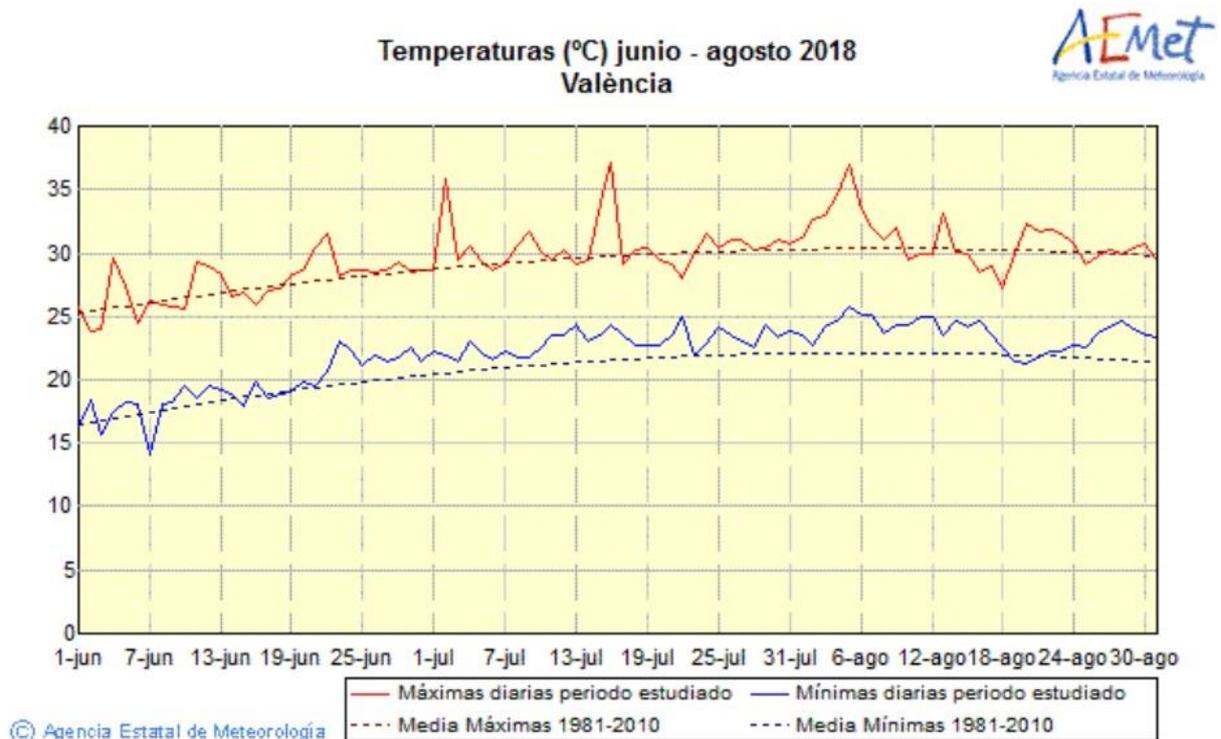


Fig. 19 Temperaturas provincia de Valencia entre junio y agosto de 2018.

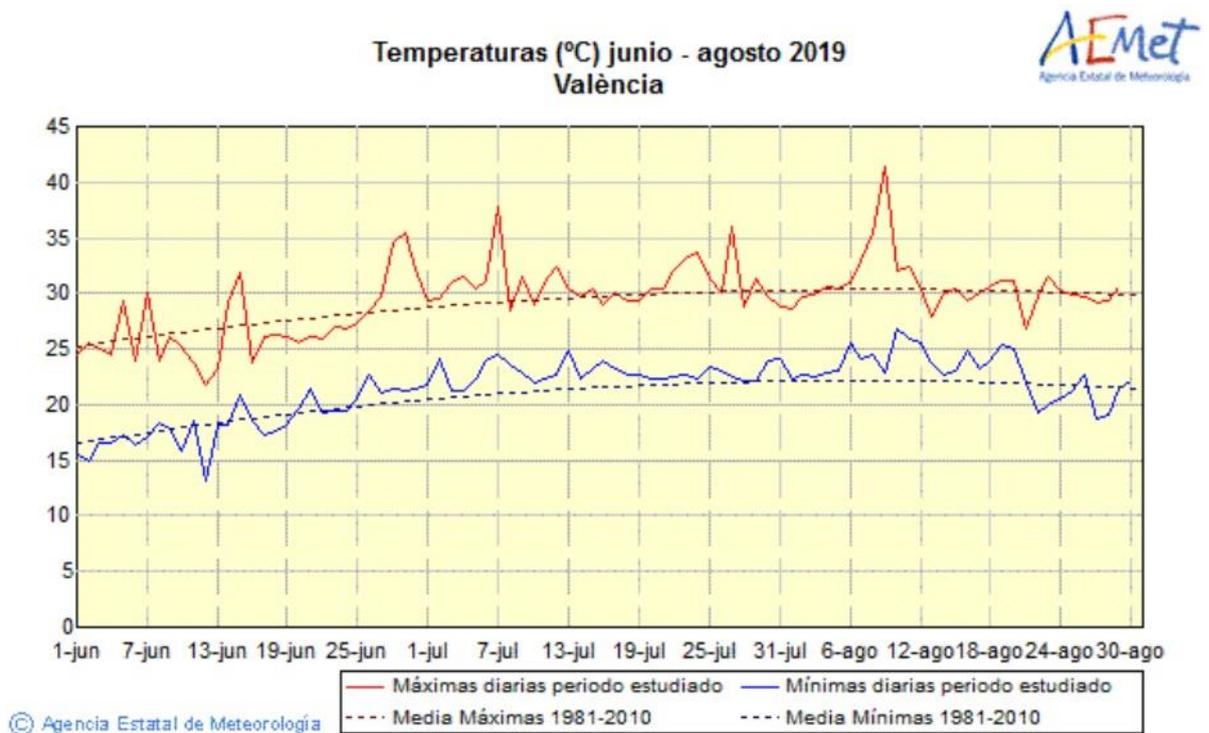


Fig. 20 Temperaturas provincia de Valencia entre junio y agosto de 2019.

Con los datos obtenidos en los gráficos, observamos el aumento de la temperatura en los meses más calurosos debido al cambio climático. En este año 2019 se ha alcanzado la cifra de 43°C, mientras que en el año posterior 2018 la máxima fue de 37°C.

Además, en las gráficas observamos como los valores de temperaturas máximas y mínimas en los años 2018 y 2019, se van alejando cada vez más de las medias máximas y mínimas desde 1981 a 2010.

El Palau de la Música está situado en una orientación suroeste, siendo la más desfavorable para el clima en el que se encuentra. Debido a que durante las horas de la tarde es necesaria la protección y no la captación.

En climas como el de Valencia, la orientación sureste es la más recomendable y suele ser la más positiva, ya que, a primeras horas de la mañana, incluso durante el verano, suele ser necesaria una cierta cantidad de calor.

### 2.2.2 Precipitaciones (mm):

En el siguiente gráfico, se muestran los valores de las precipitaciones en milímetros en una hora durante el año 2018 en la ciudad de Valencia.

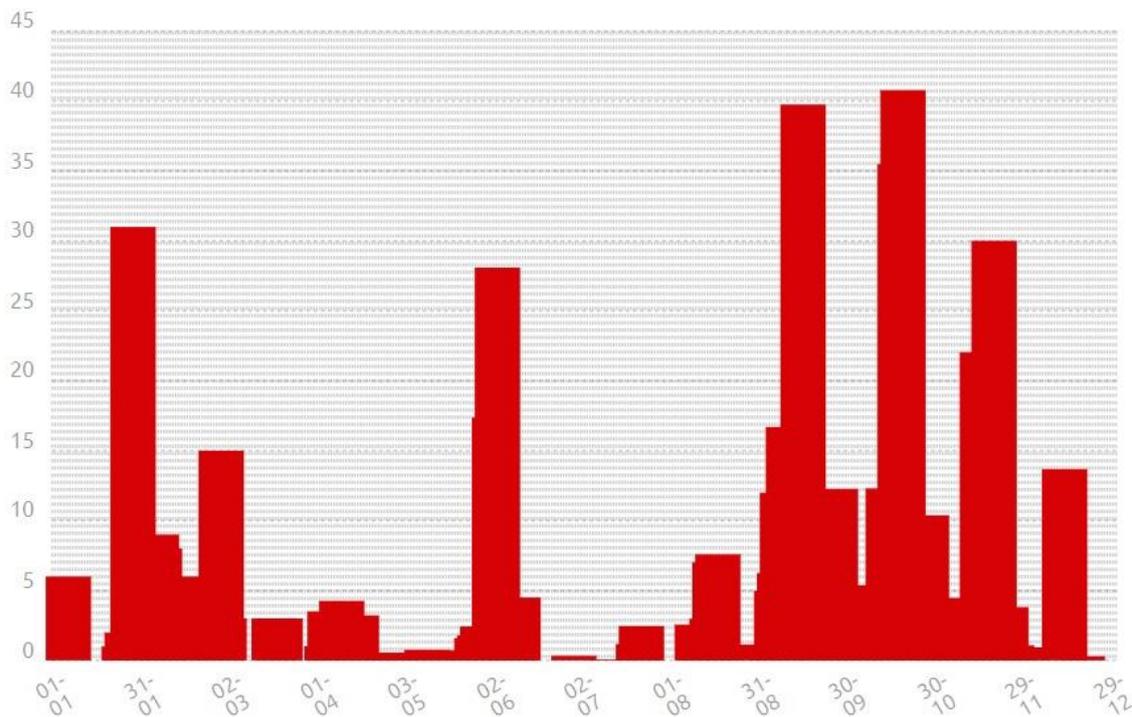


Fig. 21 Precipitaciones en Valencia año 2018.

Como se observa, en verano las precipitaciones son bastante escasas, los días de lluvia serán pocos y, por lo tanto, también los días nublados. En los meses más fríos es donde se encuentra la mayor cantidad de días lluviosos, los cuales no superaran los cinco días seguidos.

### 2.2.3 Irradiación solar:

La radiación solar es un factor muy importante a tener en cuenta en el estudio bioclimático de Valencia, debido a la cantidad de vidrio sin protección que tiene la cúpula del Palau de la Música.

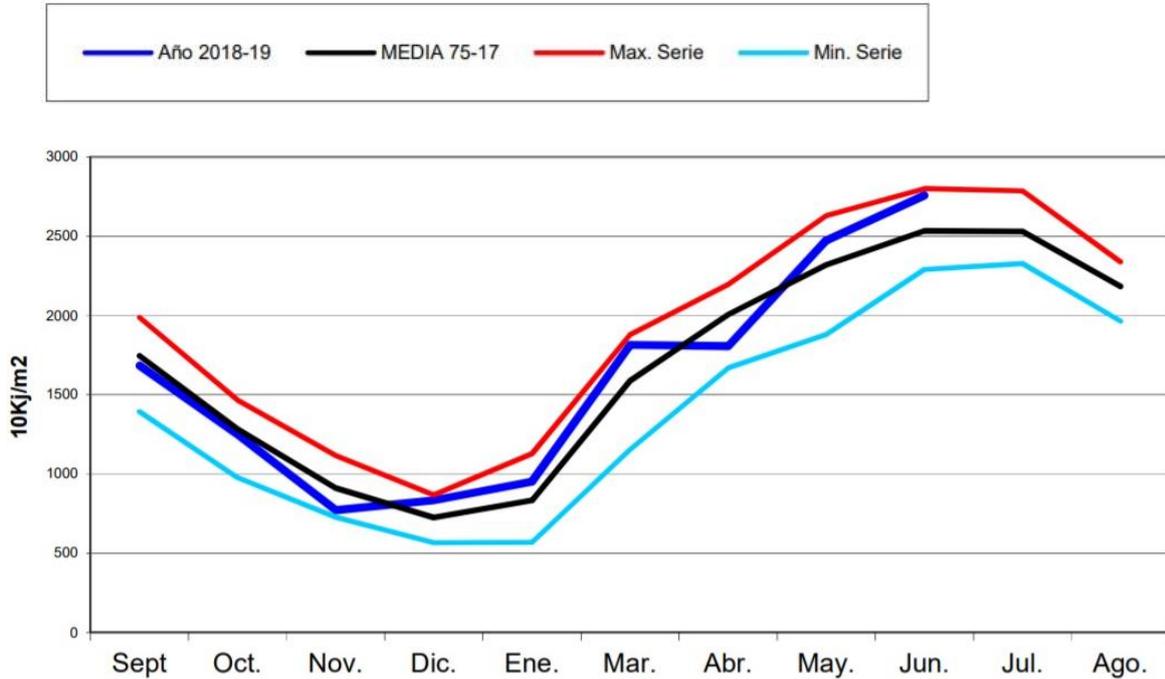


Fig. 22 Media diaria de radiación global en Valencia.

Según vemos en el gráfico, el período de tiempo en el que se obtendrá una mayor radiación en el Palau de la Música es en verano, entre los meses de mayo y agosto. Los datos de esta gráfica se basan en observaciones tomadas entre los meses de septiembre del 2018 y junio del 2019, y a la vez, se compara con la radiación solar tomada entre los años 1975 y 2017.



Fig. 23 Luz diurna media y promedio de insolación en Valencia año 2018.

Los meses con días más largos son junio y julio (con una luz diurna media de 15 horas). El mes con días más cortos es diciembre (con una luz diurna media de 9 horas). Además, el mes con más Sol es julio (con un promedio de insolación de 10.2 horas). El mes con menos Sol es diciembre (con un promedio de insolación de 5 horas).

#### 2.2.4 Dirección del viento:

El siguiente gráfico circular representa las estadísticas de la dirección del viento en Valencia. Las estadísticas están basadas en observaciones tomadas entre el mes de agosto del año 2002 y julio del año 2019, diariamente entre las 7:00 horas de la mañana y las 19:00 horas de la tarde hora oficial.

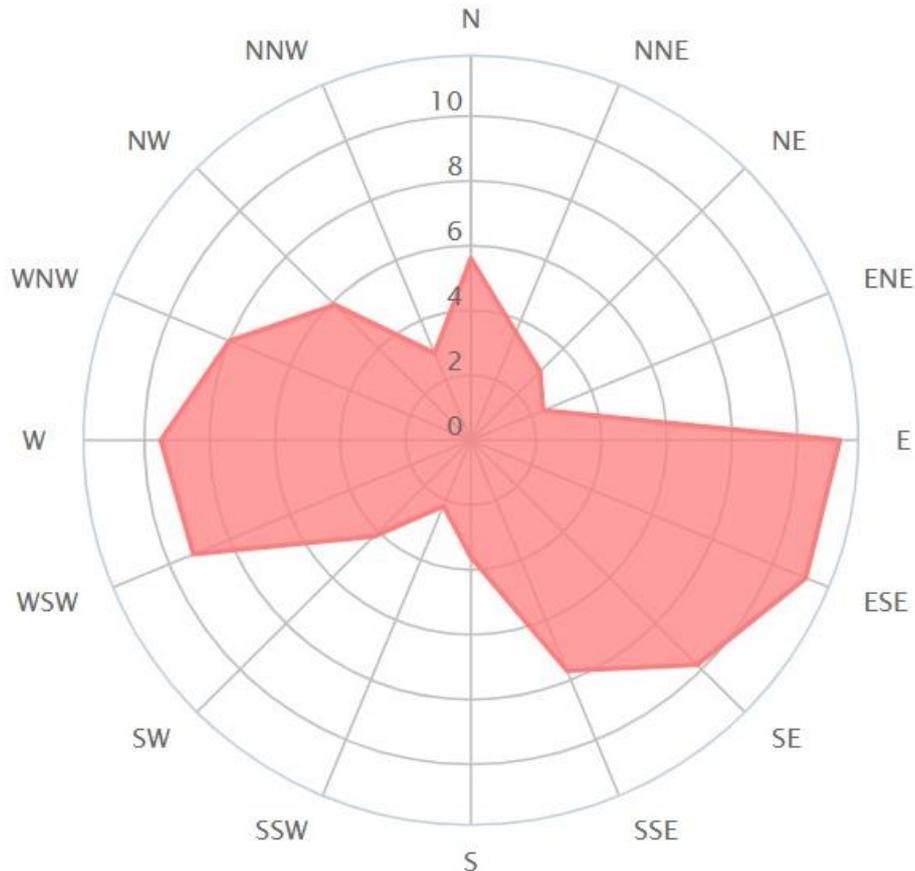


Fig. 24 Distribución de la dirección del viento en %.

Como se puede comprobar en el gráfico anterior, el viento sopla con más intensidad en las direcciones este (11.3 %), sureste (11.1 %) y oeste (9.5 %) debido a la cercanía de Valencia con el mar. Los valores mínimos los encontramos al suroeste (2.2 %), noreste (2.4 %) y noroeste (2.9 %).

En el caso de que se quiera ventilar el interior del Palau de la Música para regenerar el aire, se tendrá que tener en cuenta las direcciones por las cuales proviene el viento para disponer las aberturas necesarias en la fachada correspondiente teniendo en cuenta las presiones y depresiones del aire.

### 2.2.5 Humedad:

En el gráfico que se observa a continuación, se representa la humedad relativa en porcentajes, correspondiente a cada mes del año. Los datos de la gráfica corresponden al año 2018.

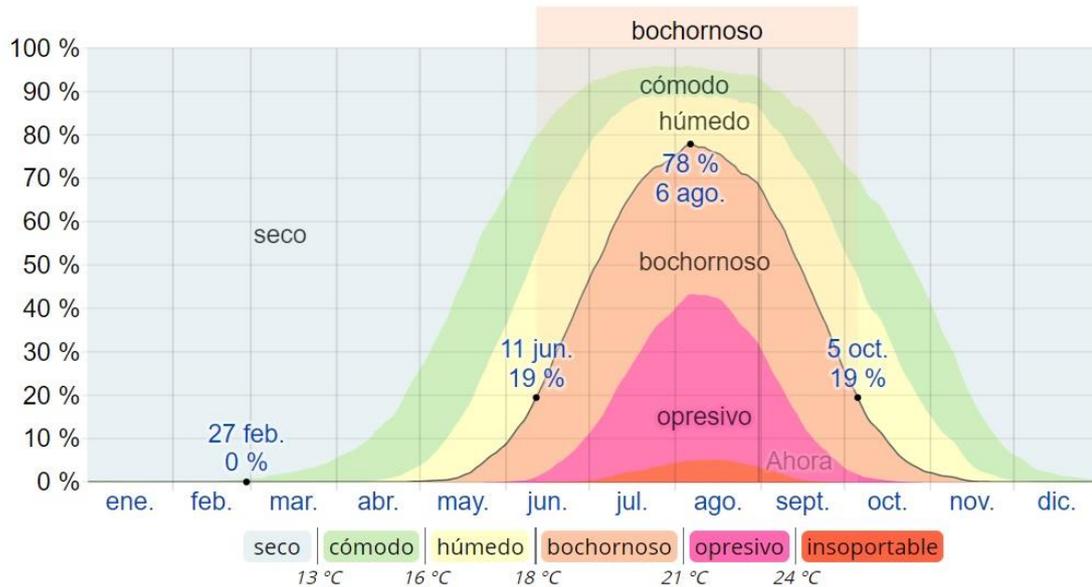


Fig. 25 Niveles de humedad en %. Año 2018 Valencia

En Valencia la humedad percibida varía extremadamente. El período más húmedo del año dura 3,8 meses, del 11 de junio al 5 de octubre, y durante ese tiempo el nivel de comodidad es bochornoso, opresivo o insoportable por lo menos durante el 19 % del tiempo. El día más húmedo del año es el 6 de agosto, con humedad el 78 % del tiempo. El día menos húmedo del año es el 27 de febrero cuando básicamente no hay condiciones húmedas.

En cuanto a las condiciones de confort en el interior del edificio, según el R.D. 1826/2009 (limitación de temperaturas) [5]:

- Verano: la humedad relativa estará comprendida entre 45% y 60%.
- Invierno: la humedad relativa estará comprendida entre 40% y 50%.

En los interiores se exige que la humedad relativa no sea superior al 80%.

Así, de modo general, como el edificio es un auditorio y no una vivienda, la temperatura interior debe variar entre 18°C y 21°C.

Para evitar el riesgo de condensación:

- Temperatura exterior, transmitancia U del cerramiento, y, por tanto, la temperatura superficial interior de los cerramientos.
- Temperatura interior y humedad relativa interior.

## 2.3 Análisis energético.

### 2.3.1 Estrategias arquitectónicas de diseño bioclimático en condiciones de invierno. [6]

Neila González, F.J. (2004) señala que:

“la arquitectura bioclimática, se fundamenta en tres pilares: la captación de la energía, su acumulación y su distribución.

- **Sistemas de captación**

La captación de la energía calorífica se puede realizar empleando dispositivos mecánicos o mediante sistemas pasivos. Los sistemas pasivos son aquellos que forman parte constituyente del edificio.

En condiciones de invierno, la fuente de energía térmica natural exterior es la radiación solar.

- Clasificación de los sistemas de captación.

“La captación solar puede ser de manera directa, cuando la energía penetra en el edificio en el mismo momento en el que incide sobre su envolvente exterior, o retardada, si entre el momento en el que se recibe la energía y en el que se aprovecha media un período prolongado de tiempo, como consecuencia de una acumulación previa.

- A) Sistemas de captación directa.
- B) Sistemas de captación directa con lazo convectivo.
- C) Sistemas de captación retardada por acumulación.
- D) Sistemas de captación directa con acumulación y lazo convectivo.” (p.262) [6]

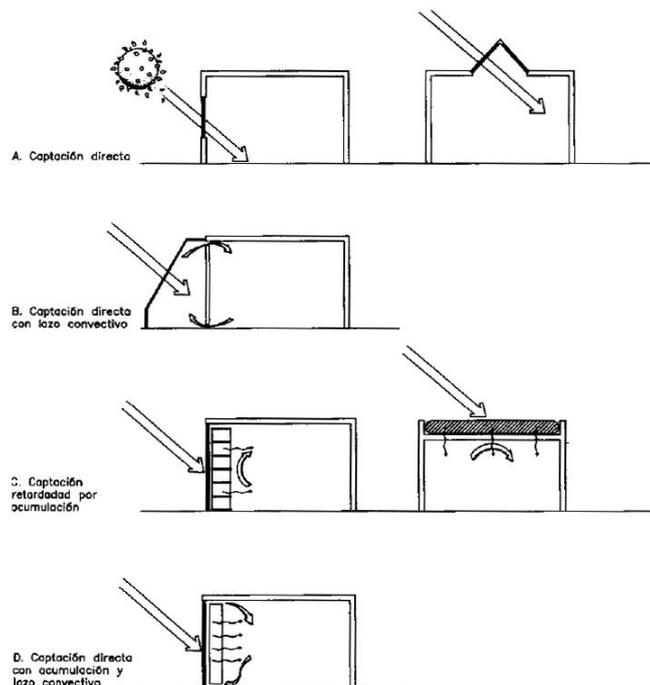


Fig. 26 Clasificación de los sistemas de captación

Como podemos observar en la imagen, los elementos arquitectónicos de captación que nos interesan debido a la cúpula de vidrio que forma el Palau son los apartados A y B, que contienen los sistemas de captación directa (ventana, ventanal y lucernario).

“La captación directa se limita a la disposición de suficiente superficie acristalada con la correcta orientación. Sólo exige un correcto diseño del edificio y no representa ningún coste adicional” (Neila González, 2004, p.263). Tiene como inconveniente el incontrolado proceso de acumulación del calor en el interior del edificio, que se produce en los suelos y paredes cercanos al punto de captación. En los sistemas de captación directa, al emplearse en una ciudad calurosa como es Valencia, hay que resolverlos con grandes apantallamientos interiores o exteriores. [6]

- **Acumulación**

Neila González, F.J. (2000) señala que “el recurso básico para reducir el golpe de energía y permitir su disfrute durante un período prolongado de tiempo es acumulándola según se capta. Un edificio con dispositivos bioclimáticos de captación de energía, sin ningún sistema de acumulación, tiene un funcionamiento interno peor que otro edificio convencional sin ningún tipo de captación. Elementos para acumular la energía:

- Aislamiento térmico por el exterior.
- Empleo de materiales con difusividades altas, como piedra, metales, cerámica.
- Empleo de materiales con efusividades altas, como piedra, metales, cerámica.
- Empleo del agua como acumulador de calor.” [7]

- **Efecto invernadero**

La radiación solar que recibe el vidrio de la envolvente lo atraviesa, pero no en su totalidad. Una parte se refleja y otra es absorbida por él.

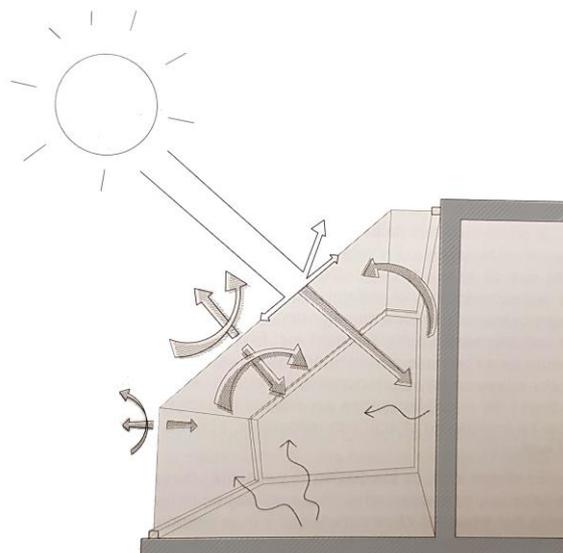


Fig. 27 Efecto invernadero (Elaboración propia)

“Un procedimiento que reduciría las pérdidas por radiación del vidrio sería emplear vidrios dobles con tratamiento bajo emisivo en una de sus caras. Por otro lado, el vidrio aislante también reduciría las pérdidas por transmisión y la radiación captada” (Neila González, 2004, p.275). Siempre intentando evitar el calentamiento excesivo del aire interior. [6]

- **Comportamiento en verano y distribución de los huecos**

La radiación solar en un clima como Valencia, a través de acristalamientos, se debe evitar durante el verano. El inconveniente de esto es que, hay que contemplar el problema de la distribución del acristalamiento anualmente porque no se puede diseñar independientemente para condiciones de verano o para invierno. Por lo tanto, la orientación que permite una ganancia energética siendo la más favorable, es la orientación sur. [6]

En invierno es necesario obtener radiación solar para calentar el edificio, y debido a que la altura solar en el solsticio de invierno es más baja ( $26.6^\circ$ ), los vidrios a sur obtienen valores mayores de irradiación. En verano, la altura solar en el solsticio de verano es más alta ( $73.4^\circ$ ), incide de manera más vertical e implica una abertura de los huecos muy inferior a la real. Las orientaciones este y oeste son las más desfavorables donde se obtienen los valores mayores en verano y mínimos en invierno. [6]

Los edificios más óptimos son los que tienen el máximo acristalamiento orientado a sur, y el mínimo al este y oeste (siendo pésimos en esta orientación). Además, la dimensión de las fachadas, las de mayor extensión deben ser las orientadas a norte y sur. [6]

- **Comportamiento frente a la luz**

“La función de los huecos acristalados es múltiple, sirven para captar el calor del sol, pero también para ventilar, permitir la conexión visual con el exterior e iluminar” (Neila González, 2004, p.278). [6]

La radiación directa puede producir deslumbramiento, tanto por el exceso de luminancia, como por la reflexión en las superficies interiores del edificio. Si el objetivo es iluminar el interior, los huecos deben estar orientados a norte o emplear un tratamiento que convierta la radiación directa en difusa. El suelo en el interior debe ser de un material con una baja reflectancia, para evitar el deslumbramiento. [6]

En el caso del Palau de la Música, que consta de una gran fachada acristalada, habría que evitar la visión directa del sol.

- **Energía auxiliar**

En invierno, si el edificio no es autosuficiente, para obtener una calefacción desde el punto de vista de la arquitectura bioclimática y teniendo en cuenta el ahorro energético, se recomienda el uso del suelo radiante. [6]

### 2.3.2 Estrategias arquitectónicas de diseño bioclimático en condiciones de **verano**. [6]

- El sobrecalentamiento

Como ocurre en el Palau de la Música, debido a que la cúpula vidriada es un espacio cerrado, la energía radiante se transforma en energía térmica y se produce un sobrecalentamiento en el interior. Este fenómeno, provoca que los espacios cerrados dentro del edificio, durante el verano puedan alcanzar en el interior temperaturas superiores a las del ambiente exterior. Por el contrario, en invierno no se alcanzan temperaturas interiores más frías que las exteriores. [6]

En fecha de 30 de Julio de 2019, entre las 14:00 horas y las 15:00 horas del mediodía, fue tomada la temperatura interior y exterior del Palau de la Música, además de la humedad, para corroborar el sobrecalentamiento que existe en su interior.



Fig. 28 Temperatura y humedad interior del Palau  
(Elaboración propia)

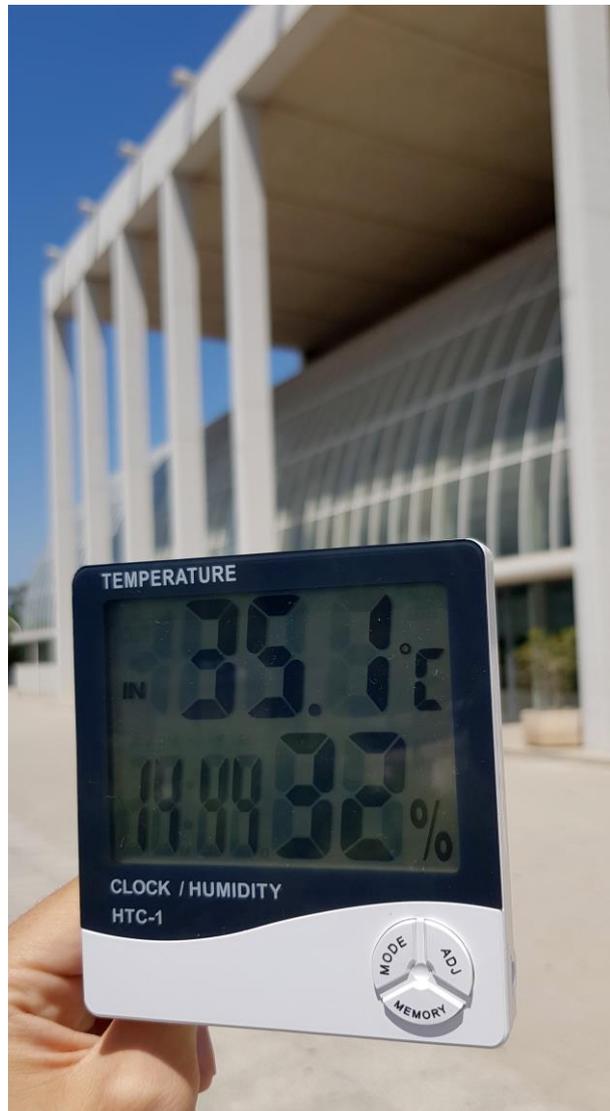


Fig. 29 Temperatura y humedad exterior del Palau  
(Elaboración propia)

Como se puede observar en las anteriores imágenes, la temperatura interior marcaba 40.8°C a las 14:32 horas con una humedad de 26%, mientras que la temperatura exterior marcaba 35.1°C a las 14:44 horas con una humedad de 32%, prácticamente a la misma hora había una diferencia de casi 6°C entre el interior y exterior. Las temperaturas fueron tomadas a una altura nivel de usuario, si la temperatura interior hubiese sido tomada unos metros más en altura sobre la cota 0, la temperatura ascendería unos grados más debido a que el calor en verano tiende a concentrarse en la parte superior de la cúpula de vidrio.

En Julio, un edificio el cual tiene la superficie acristalada orientada a sur, capta un 60% de radiación, si se utiliza la ventilación cruzada entre sur y norte, el valor se reduce a 54%, y si se utilizan sistemas de protección para el hueco sombreándolo en su totalidad, se obtiene un 45% de radiación. [6]

Una de las medidas para eliminar el sobrecalentamiento en verano dentro del edificio es la ventilación natural. Se debe utilizar para sustituir el aire interior sobrecalentado por aire exterior. Para solucionar la necesidad de ventilar, se propone dos formas; la sustitución del aire y su movimiento, para renovar el aire viciado y recircular el aire sin necesidad de sustituirlo.

La ventilación más adecuada es la ventilación natural cruzada entre huecos situados en fachadas distintas. Como se ha comprobado en el estudio bioclimático anteriormente descrito, en Valencia el viento sopla con más intensidad en las direcciones este y oeste. Por lo tanto, la ventilación actuaría con mayor eficacia en fachadas opuestas, es decir, siendo la fachada sureste sometida al viento y la noroeste produciendo depresiones ya que no recibe apenas viento. También ayudaría a este efecto que los huecos estén situados a alturas distintas, colocándose en la fachada noroeste cerca de la cubierta.

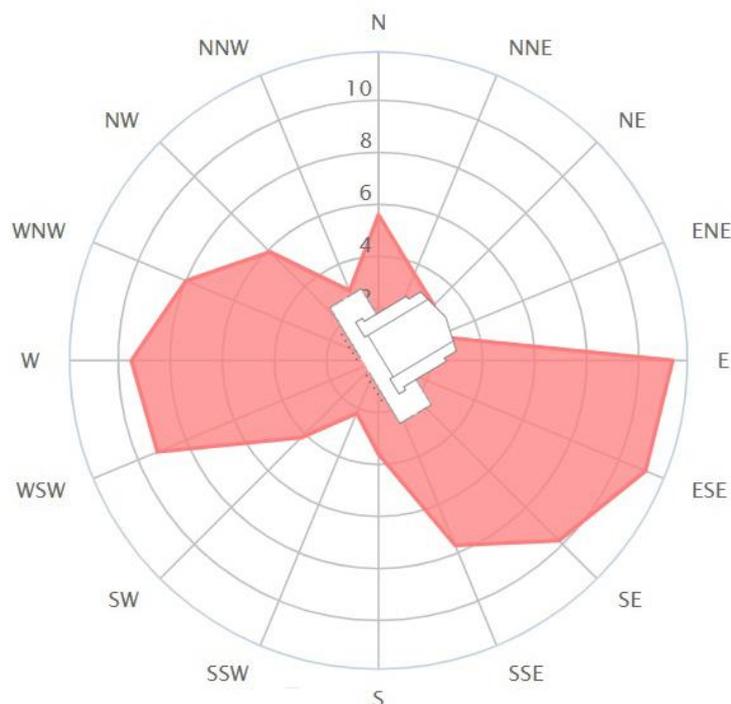


Fig. 30 Incidencia del viento sobre el Palau de la Música (Elaboración propia)

Actualmente, para resolver el problema de sobrecalentamiento que padece la cúpula de vidrio, se utilizan varios sistemas climatización para la refrigeración o, en invierno, para calefacción.

En la parte superior de la cúpula, se disponen toberas (difusor esférico de largo alcance desde 10 a 30 metros) de aire acondicionado durante toda la longitud del techo y en la parte inferior. Y, además, también se coloca aire acondicionado de tipo fan-coil (ventiloconvectores) en el intradós del muro de fachada, siendo uno de los sistemas de climatización más eficientes del mercado.

Debido a que la cúpula es de grandes dimensiones, tanto en altura como en longitud, el gasto energético que se genera anualmente para climatizar el espacio interior es enorme. Por este motivo, se proponen unas soluciones bioclimáticas para que el gasto energético sea mínimo.



*Fig. 31 Sistema de aire acondicionado en el interior del Palau de la Música (Elaboración propia)*



*Fig. 32 Sistema de aire acondicionado en el interior del Palau de la Música (Elaboración propia)*

- Ventilación natural pasiva

El objetivo es lograr el confort en el interior de los edificios renovando el aire, reduciendo la temperatura interna cuando las temperaturas en el exterior son bastante elevadas y así obtener una higiene ambiental en los espacios habitables.

Para conseguir una ventilación natural pasiva en los espacios interiores del Palau de la Música y en un clima mediterráneo como el de Valencia, existen varias formas para obtenerlo:

1. Sistemas de ventilación cruzada

Este tipo de ventilación es cuando las aberturas en una determinada construcción se disponen en paredes opuestas o adyacentes, lo que permite la entrada y salida de aire. Para climas como el de Valencia, más cálidos y húmedos, la ventilación cruzada tiene la ventaja de reducir la ganancia solar. [8]

- Efecto Venturi

Este fenómeno se produce por los cambios de presiones y temperaturas, donde el aire caliente tiende a subir. En los espacios interiores con altura, como en el Palau de la Música que dispone de 15 metros, la estrategia es ubicar ventanas superiores e inferiores que faciliten este efecto. La cúpula vidriada tiene ventanas tanto en la parte superior como inferior, por lo tanto, se puede llevar a cabo. [8]

En verano, cuando las diferencias de temperaturas interiores y exteriores son más elevadas, el edificio abrirá las ventanas durante la noche y las cerrará durante el día, de esta manera la ganancia de calor al interior es mínima. [8]

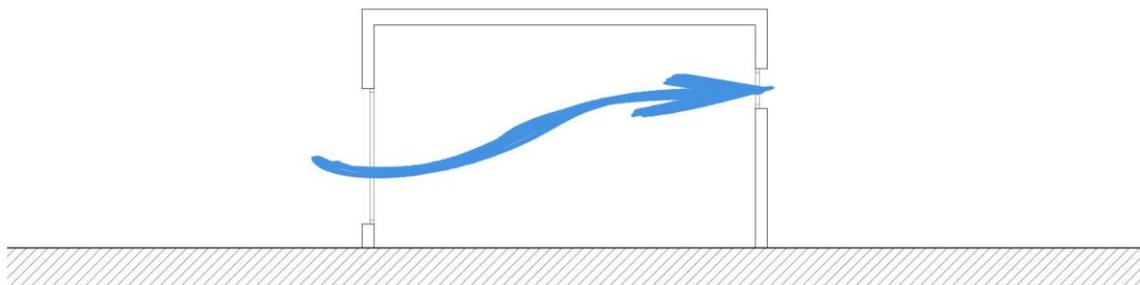


Fig. 33 Efecto venturi en sistema de ventilación cruzada (Elaboración propia).

### - Efecto chimenea solar

El objetivo de la chimenea solar es enfriar las estancias interiores mediante corrientes de aire. Durante las horas de sol, la radiación solar calienta la chimenea. Al calentarse las paredes de la chimenea, se calienta el aire en su interior que se desplaza en sentido ascendente extrayendo el aire caliente de los espacios interiores, debido a que el aire frío es más denso que el caliente, permitiendo así la renovación del aire fresco por las perforaciones ubicadas en la fachada o en la cumbre. En invierno debe cerrarse la abertura de salida para su buen funcionamiento. [9]

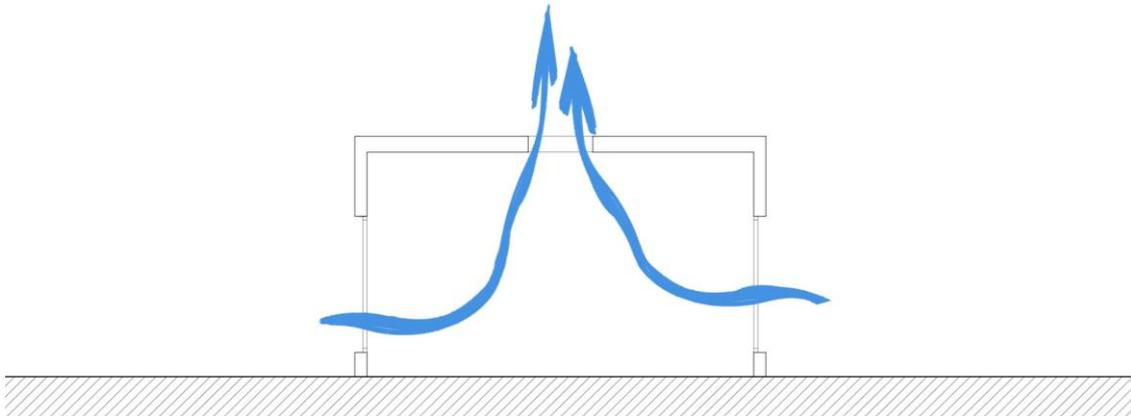


Fig. 34 Efecto chimenea solar en sistema de ventilación cruzada (Elaboración propia).

## 2. Torres de viento

El objetivo de las torres de viento es crear corrientes de aire en el interior cuando las temperaturas exteriores son muy altas. Gracias a estas corrientes de aire, el cuerpo humano puede disipar más fácilmente el calor. Para el clima mediterráneo se pueden utilizar varias torres de viento:

### - Torre de viento de paredes cruzadas

“La parte superior de la torre tiene aberturas en los cuatro lados y paredes que se cruzan en diagonal llegando hasta el techo de las estancias. Las brisas entran por un lado de la torre y salen por el otro”, arrastrando consigo el aire caliente que se acumula en el techo de la cúpula vidriada. [10]

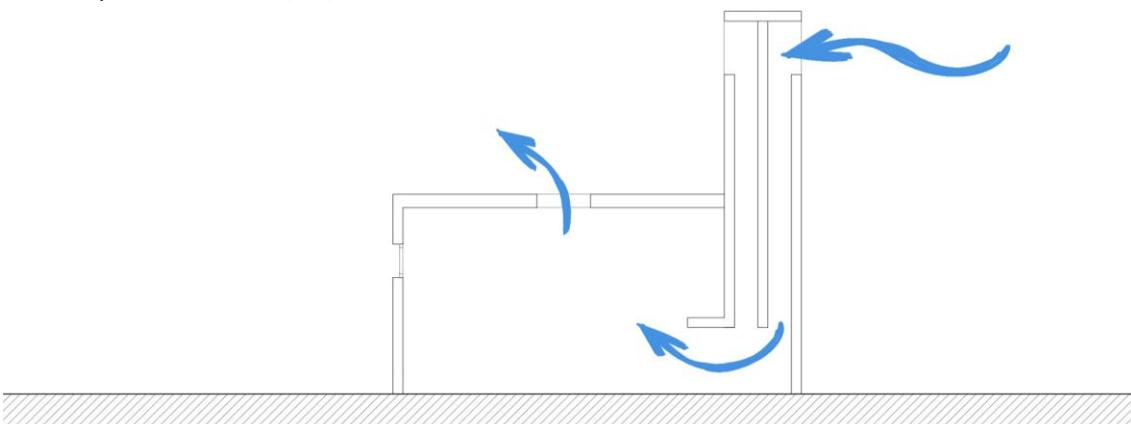


Fig. 35 Torre de viento de paredes cruzadas (Elaboración propia)

### - Torre de viento evaporativa

Este tipo de torre funciona bastante bien en climas cálidos como Valencia y secos. En este tipo de climas, el suelo recibe y acumula mucho calor provocando que el aire a cota 0 sea más elevado que el aire en cota de cubierta. [10]

Las torres captadoras recogen el aire más fresco arriba en la cubierta, donde circula a mayor velocidad. El aire recogido se va enfriando en la torre, mediante paños húmedos colgadas o humidificadores que absorben parte del calor y reducen la temperatura, y desciende hasta que llega al interior del local a enfriar. [10]

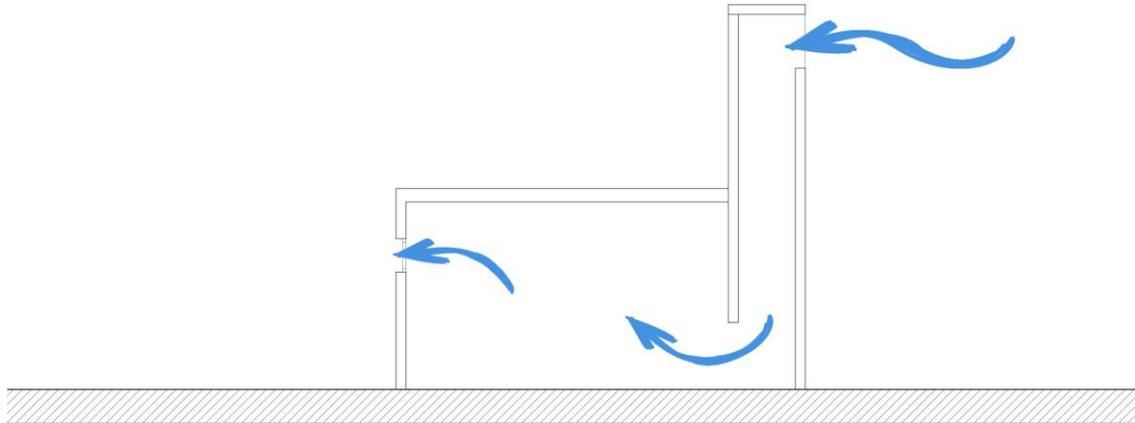


Fig. 36 Torre de viento evaporativa (Elaboración propia).

### 3. Ventilación a través de subsuelo

Consiste en dejar salir el aire caliente e introducir aire fresco mediante el subsuelo. Lo primero es dejar salir el aire caliente y para ello, se proponen unas aberturas en la parte superior del local ya que el aire caliente tiende a acumularse en esta zona porque es menos denso y tiende a ascender. [11]

Por lo tanto, teniendo en cuenta una profundidad de 2 metros, es posible tener la temperatura adecuada para obtener el nivel de confort en el interior. Las temperaturas oscilan entre los 18°C y 24° C en esta cota. Mediante unas tuberías, situadas en una zona con sombra para su entrada de aire, se conecta el exterior con el interior. El aire fresco del exterior entra en la tubería y empuja al aire caliente interior y este se evacuará por las aberturas en las zonas altas del local. [11]

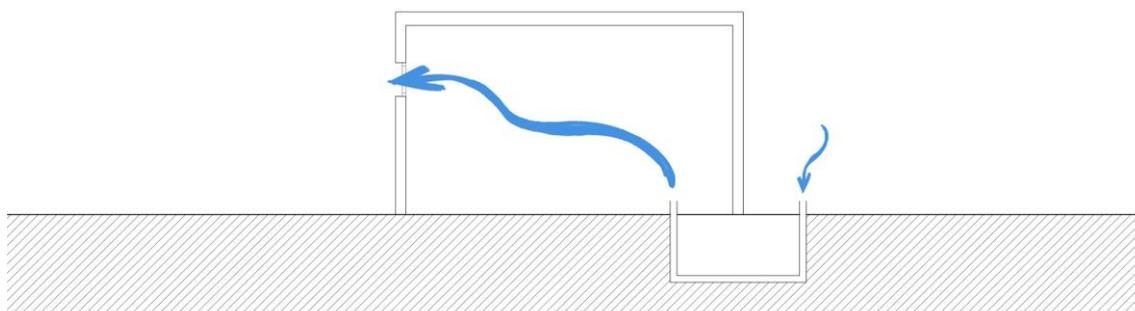


Fig. 37 Ventilación a través de subsuelo (Elaboración propia).

### 3. SOLUCIONES BIOCLIMÁTICAS

Actualmente, debido a los avances de la informática y la programación, se han perfeccionado los softwares para desarrollar simulaciones energéticas, y de esta manera facilitar el estudio y optimización de los requerimientos de climatización de los edificios.

Para la simulación energética del Palau de la Música, se ha utilizado el programa Autodesk Ecotect Analysis 2011.

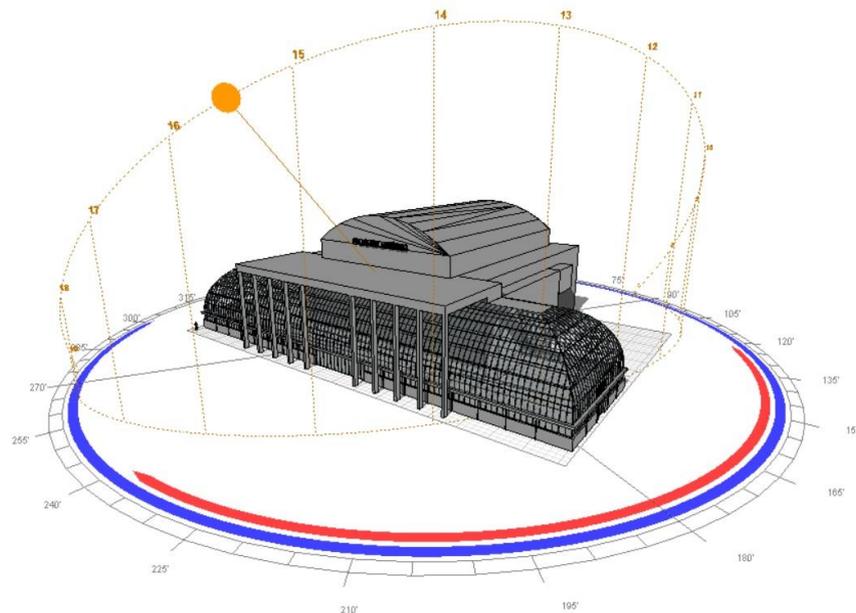


Fig. 38 Modelo del Palau de la Música en Ecotect Analysis (Elaboración propia)

#### 3.1 Autodesk Ecotect Analysis.

El Palau de la Música es un edificio que conforme está diseñado y construido, tiene un déficit energético, es decir, debido a su exposición diaria a la radiación solar, sin apenas protección en sus fachadas, conlleva a numerosas pérdidas en refrigeración y calefacción, produciendo un enorme gasto.

En el programa Autodesk Ecotect Analysis, se ha importado el Palau de la Música de Valencia, previamente diseñado en Autocad, para que de esta manera se pueda realizar un análisis del edificio. Con este análisis podemos afirmar si el edificio actualmente es eficiente o no, para ello obtenemos datos tanto de radiación solar recibida, demanda mensual de refrigeración y calefacción, ganancias y pérdidas anuales de varios elementos.

En primer lugar, se realiza un estudio de la radiación solar para saber en qué medida incide ésta sobre cada zona del edificio. Hay que tener en cuenta que en verano las temperaturas de Valencia son bastante elevadas y el estudio se ha realizado en Julio, ya que es el mes más desfavorable.

Para obtener los resultados de radiación solar, se han tenido que concretar varios valores, entre los que se encuentran los siguientes:

- Ajustes generales:

- Los vidrios translucidos con marco de doble acristalamiento
- Se considera una iluminación interior de 300 lux para la potencia de las luminarias.
- Potencia para los equipos existentes en el local (Frac. Rad. = 0,1 W/m<sup>2</sup>).
- Ganancia carga sensible de 5 w/m<sup>2</sup> y ganancia carga latente de 2 w/m<sup>2</sup>.
- Valores para el intercambio de aire entre zona y ambiente exterior, una renovación del aire de 0.50 air changes/hora y una sensibilidad del viento de 0.25 air changes/hora.

- Propiedades de confort:

- El tipo de sistema para refrigeración y calefacción, se elige el equipo aire acondicionado completo, ya que actualmente no se tiene en cuenta la ventilación natural en el edificio.
- Las temperaturas de confort en un rango de 18°C y 24°C.
- Los porcentajes de uso de la cúpula de vidrio, siendo los días entre semana, desde las 8:00 horas de la mañana hasta las 20:00 horas de la tarde y los fines de semana desde las 8:00 horas de la mañana hasta las 23:00 horas de la noche.

A continuación, se muestran una serie de imágenes exportadas del programa Ecotect Analysis donde se expone el Palau de la Música en una escala de colores que hacen referencia a la radiación solar recibida, y además los valores obtenidos en cada zona.

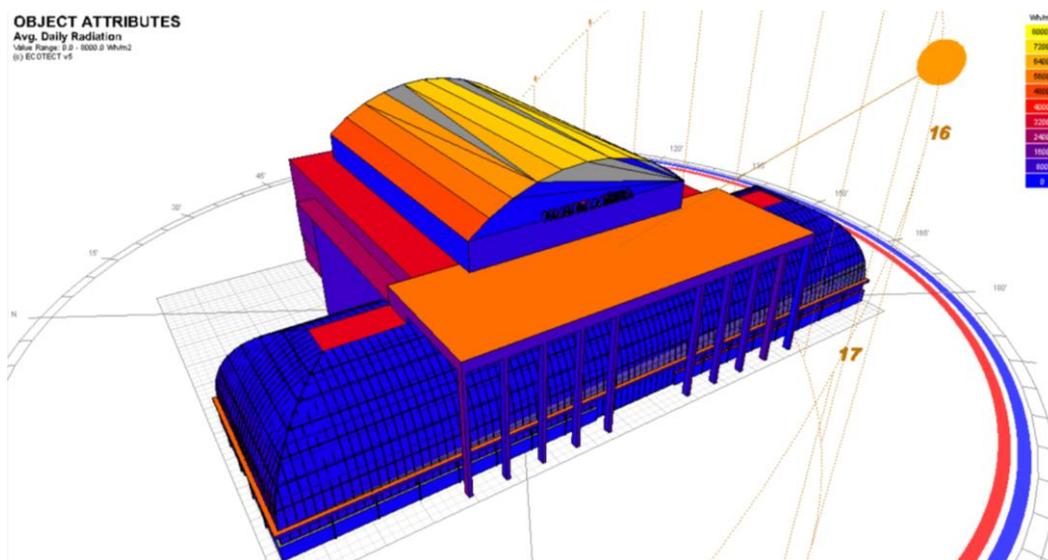


Fig. 39 Estudio de radiación solar sobre el Palau de la Música (Ecotect Analysis)

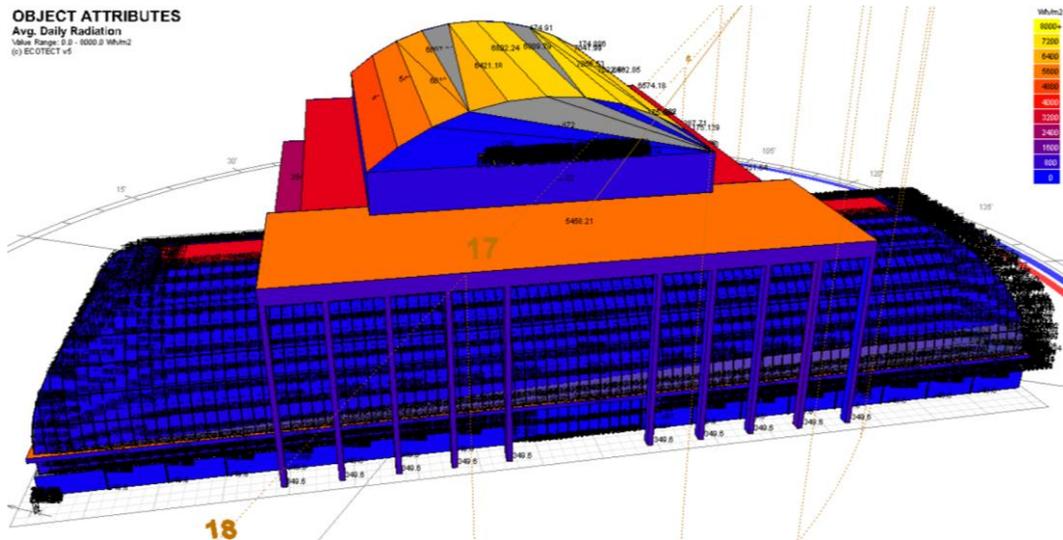


Fig. 40 Estudio de radiación solar sobre el Palau de la Música (Ecotect Analysis)

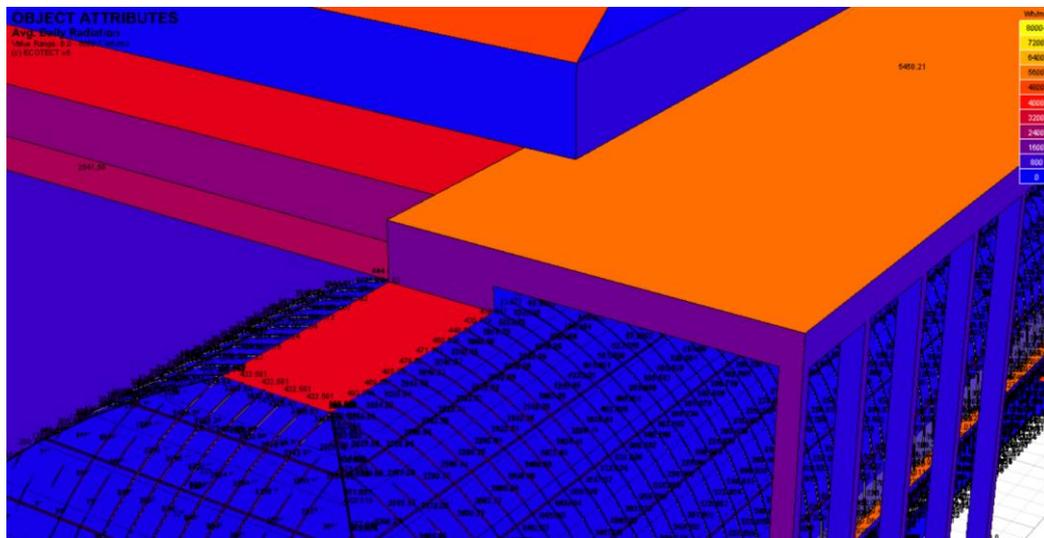


Fig. 41 Estudio de radiación solar sobre el Palau de la Música (Ecotect Analysis)

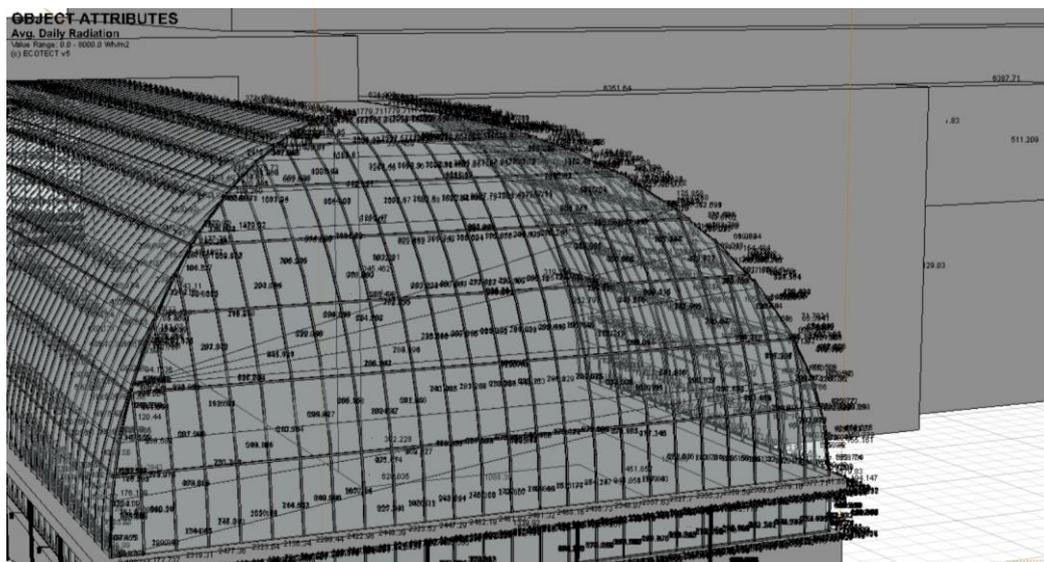


Fig. 42 Estudio de radiación solar sobre el Palau de la Música (Ecotect Analysis)

MAXIMUM		892.277	7056.527	5368.964	1744.759
MINIMUM		0.000	0.000	0.000	0.000
AVERAGE		1.018	614.186	346.111	268.070

Tabla 1. Resumen radiación solar sobre el Palau de la Música (Ecotect Analysis)

El rango de radiación solar en la envolvente de la cúpula vidriada oscila entre los 400 Wh/m<sup>2</sup> y 3000 Wh/m<sup>2</sup> aproximadamente, obteniéndose 1088,39 Wh/m<sup>2</sup> en el interior de la cúpula de vidrio, y siendo el valor máximo de 7056,527 Wh/m<sup>2</sup> alcanzándose en la cubierta del auditorio. El pórtico recibe una radiación de 5458,21 Wh/m<sup>2</sup> en la cubierta y 349,6 Wh/m<sup>2</sup> en los pilares exteriores.

Después de obtener la radiación solar en el edificio, se realiza un análisis para saber cuál es la demanda mensual y anual, de calefacción y refrigeración. Los valores obtenidos son muy desfavorables, siendo el mes de enero con mayor demanda de calefacción (44729,572 Kwh) y el mes de julio con mayor demanda de refrigeración (56619,120 Kwh). La demanda de calefacción y refrigeración es tan elevada debido a la cantidad de ventanas que tiene la cúpula, ya que el flujo de calor de pérdidas es más elevado.

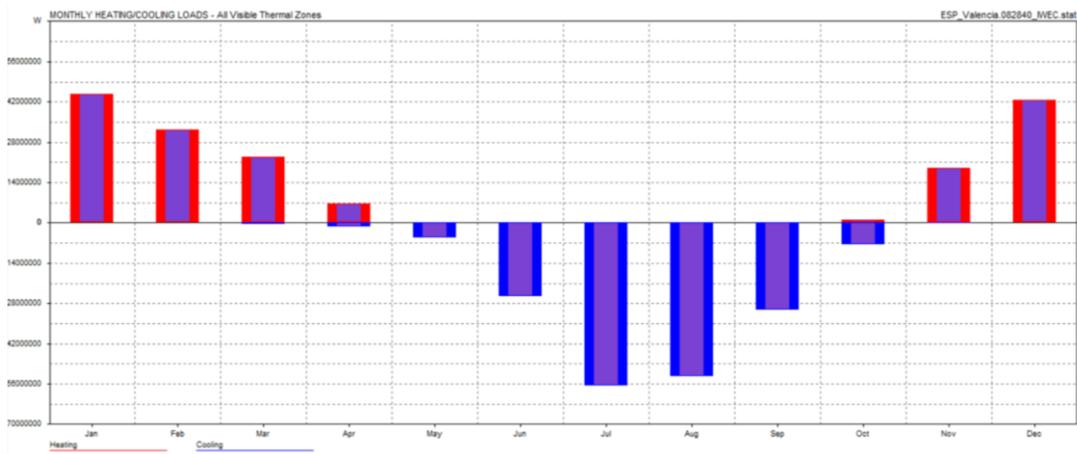


Fig. 43 Demanda mensual de calefacción y refrigeración (Ecotect Analysis)

El calentamiento máximo se obtiene el 16 de diciembre a las 23:00 horas con un gasto de 367,070 Kw y el enfriamiento máximo el 29 de julio a las 16:00 horas con un gasto de 375,465 Kw.

MONTH	HEATING (Wh)	COOLING (Wh)	TOTAL (Wh)
Jan	44729572	0	44729572
Feb	32354812	0	32354812
Mar	22935824	558575	23494400
Apr	6652688	1188389	7841077
May	288797	5313328	5602125
Jun	91265	25402810	25494076
Jul	0	56619120	56619120
Aug	0	53378968	53378968
Sep	12811	30225596	30238408
Oct	933410	7587149	8520559
Nov	19000790	273642	19274432
Dec	42760392	0	42760392
<b>TOTAL</b>	<b>169760352</b>	<b>180547584</b>	<b>350307936</b>
<b>PER M<sup>2</sup></b>	<b>530423</b>	<b>564128</b>	<b>1094551</b>
<b>Floor Area:</b>		<b>320.047 m<sup>2</sup></b>	

Tabla 2. Demanda mensual de calefacción y refrigeración (Ecotect Analysis)

Por último, se realiza un análisis para adquirir un desglose anual de las ganancias y pérdidas procedentes de la convección, conducción y radiación de los cerramientos sobre la cúpula de vidrio. Y, además, también se obtienen valores de las cargas internas como son la ocupación, la iluminación y los equipos.

La cúpula de vidrio recibe demasiada radiación solar directa, por ello la demanda energética es tan elevada. Además, existen muchas pérdidas por conducción y convección.

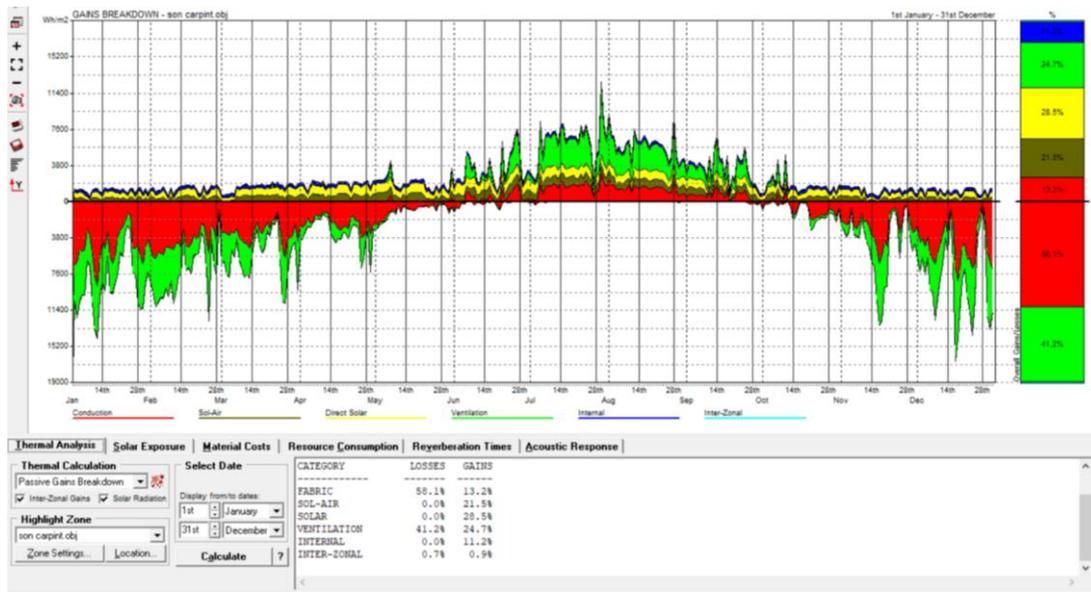


Fig. 44 Desglose de ganancias y pérdidas (Ecotect Analysis)

CATEGORÍA	PÉRDIDAS	GANANCIAS
Conducción/convección	58.1%	13.2%
Temperatura sol-aire	-	21.5%
Radiación solar directa	-	28.5%
Ventilación	41.2%	24.7%
Cargas internas	-	11.2%
Flujo de energías inter-zonal	0.7%	0.9%

Tabla 3. Tabla Porcentajes de ganancias y pérdidas obtenidas (Ecotect Analysis)

Por último, tras obtener los resultados en el programa Autodesk Ecotect Analysis, se afirma que la cúpula de vidrio y en definitiva el edificio, tiene una eficiencia negativa o nula.

Debido a que la cúpula de vidrio no está bien protegida contra la radiación solar, la demanda de energía es brutal. El gasto anual en calefacción y en refrigeración es tremendo provocando unas enormes pérdidas.

Por ello, se exponen unas propuestas de rehabilitación energética del edificio para que el gasto sea mínimo y tenga buen funcionamiento energético.

### 3.2 Propuestas de rehabilitación energética.

El Palau de la Música, tiene en orientación suroeste la fachada principal que sirve de acceso al hall de entrada del edificio, donde se sitúa la cúpula vidriada con vistas al cauce del río Turia. Por otro lado, las fachadas laterales, están orientadas a sureste y noroeste. La fachada principal junto con la fachada sureste, son las que mayor radiación solar reciben, por lo tanto, deben de estar protegidas ya que son las más desfavorables.

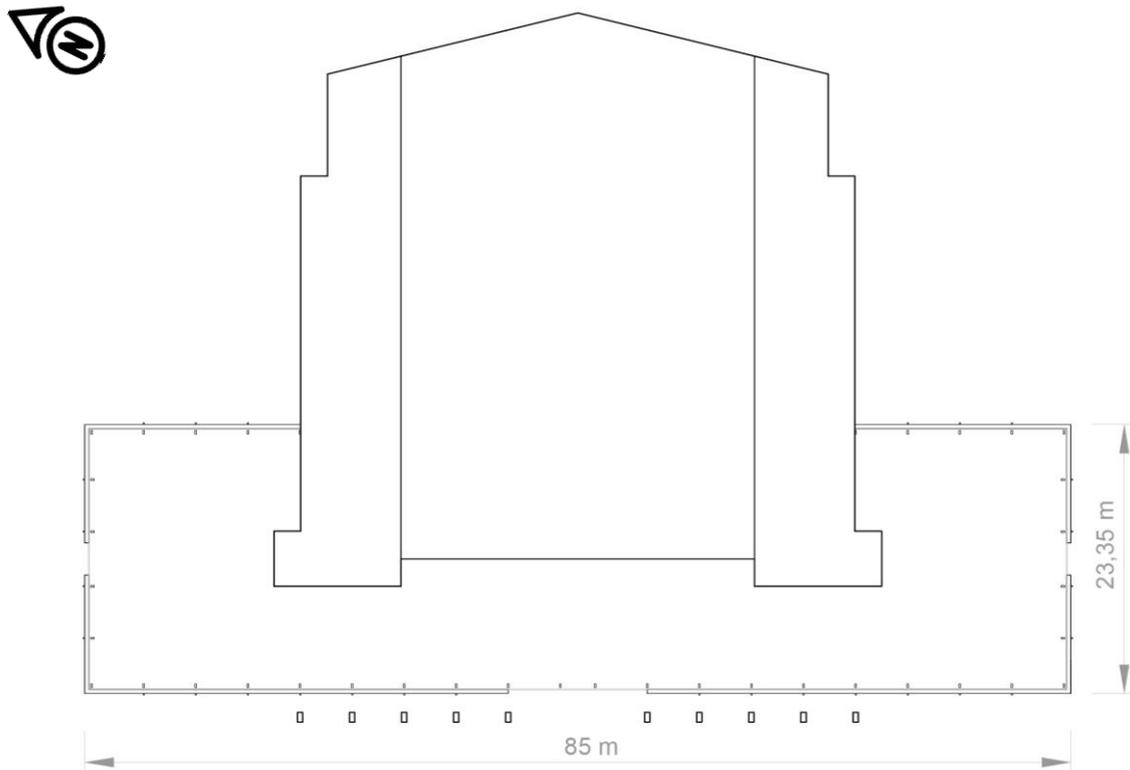


Fig. 45 Planta del Palau de la Música (Elaboración propia)



Fig. 46 Alzado principal Palau de la Música (Elaboración propia)

La cúpula de vidrio tiene unas dimensiones en planta de 85 metros x 23.35 metros, y una altura de 15 metros. Sobre el centro de la cúpula, se encuentra un pórtico, que genera una escasa protección horizontal en orientación suroeste. Este pórtico tiene unas dimensiones en planta de 48.35 metros y en altura desde la cota 0 de 17 metros.

Este pórtico central cubre aproximadamente la mitad de la cúpula de vidrio y tiene una distancia de separación con la fachada de 2.5 metros, esto es un factor negativo porque no protege la cúpula en su plenitud.

Para saber el período de tiempo en el cual la protección horizontal protege el edificio, utilizamos la gráfica de la carta solar estereográfica de Valencia (40° N). Se eligen los meses entre el 21 de marzo y el 23 de septiembre a las 9 horas, donde la altura solar alcanza una inclinación de 33.2°.

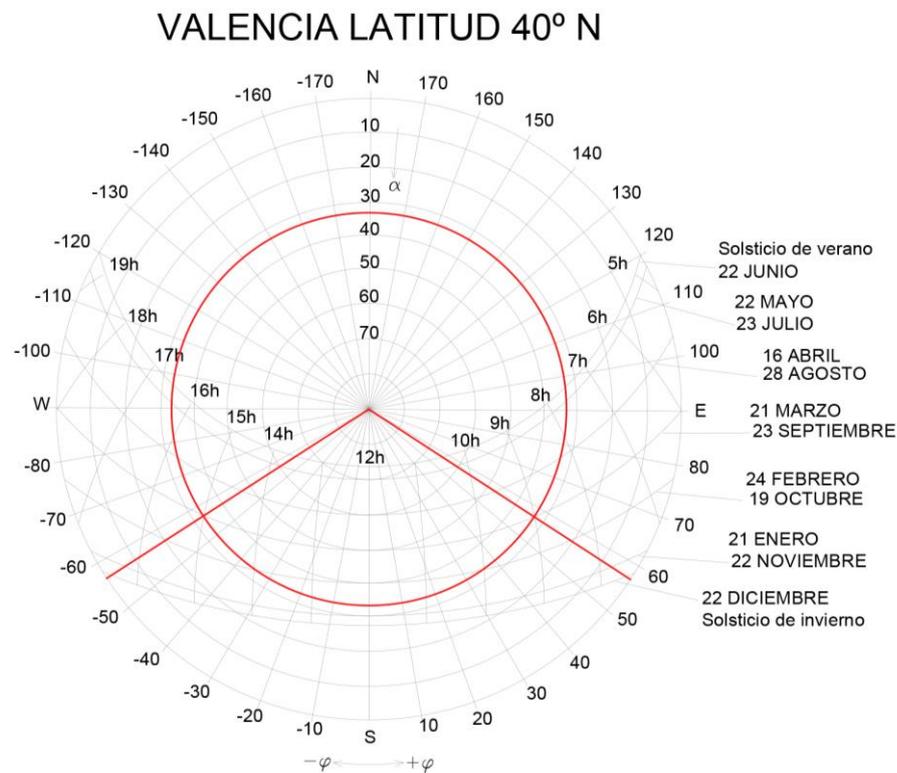


Fig. 47 Carta solar estereográfica de Valencia (Elaboración propia)

Por lo tanto, como se observa en la gráfica y debido a que las horas en la carta solar son dos horas menos que la hora civil oficial, la protección horizontal protegerá al edificio entre las 11:00 hora oficial (9 horas carta solar) y las 17:00 hora oficial (15 horas carta solar).

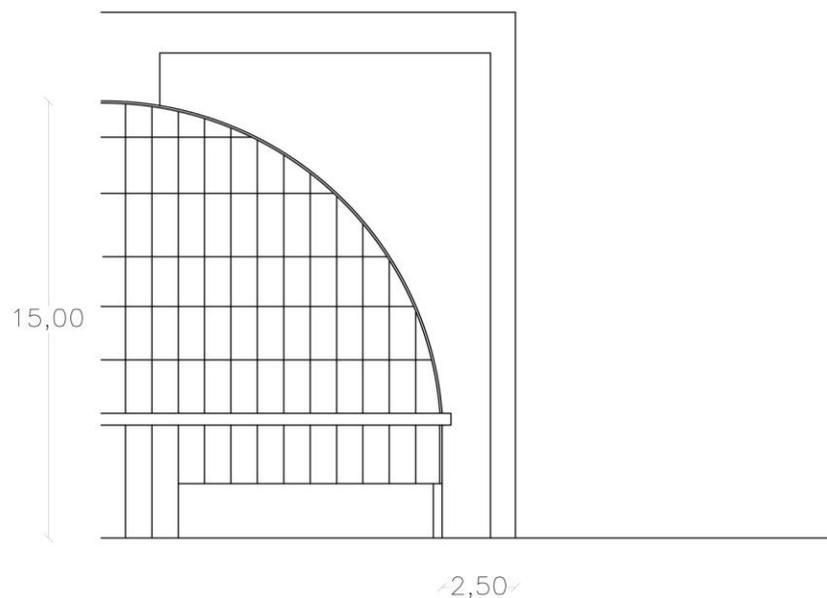


*Fig. 48 Pórtico en la fachada principal el 29 Julio a las 20:00 horas (Elaboración propia)*

Como podemos observar en la imagen anterior, la radiación solar en la fachada principal que está orientada a suroeste, es total hasta la puesta de sol.

Para saber cuál sería la longitud de protección horizontal necesaria para proteger las fachadas vidriadas en su totalidad, tanto la suroeste como la sureste, hay que realizar una serie de cálculos.

Para realizar los cálculos nos fijamos en los datos obtenidos en la carta solar. Se escoge la fecha entre el 21 de marzo y 23 de septiembre, y las horas de cálculo entre las 9 horas, las 11 horas y las 15 horas.



*Fig. 49 Sección transversal del Palau de la Música (Elaboración propia)*

A continuación, se realiza una sección vertical por la fachada vidriada, se traza una recta con una inclinación respecto a la horizontal inferior y se vuelve a trazar otra recta horizontal desde la parte superior de la fachada.

- A las 9 horas carta solar (11 horas reales)
    - Orientación suroeste (fachada principal). No es necesaria la protección horizontal en el edificio porque la radiación solar no incide sobre esta fachada.
    - Orientación sureste (fachada lateral). A primera hora de la mañana es la fachada que mayor radiación recibe, por lo tanto, se debe proteger. Nos fijamos en la carta solar, obtenemos un acimut de  $56.8^\circ$  debido a la intersección entre el período de tiempo y la hora de cálculo, y con esto la altura solar  $33.2^\circ$  ( $90^\circ - 56.8^\circ$ ).
- Se obtiene un voladizo de 19.75 metros perpendicular a la fachada.

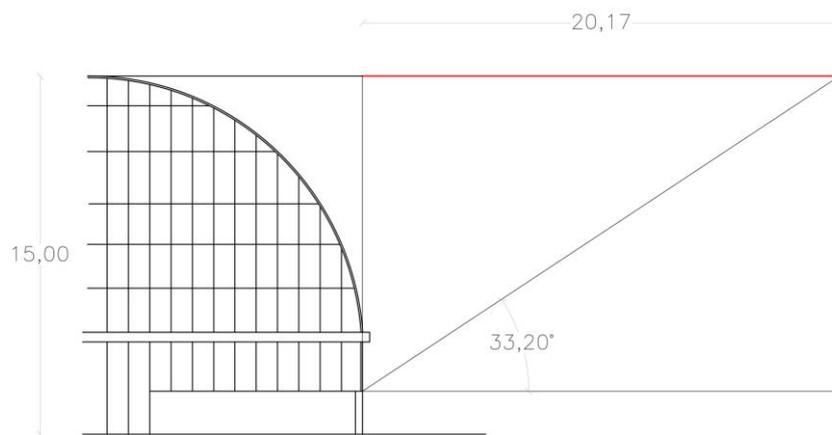


Fig. 50 Longitud de voladizo a las 9 horas (Elaboración propia)

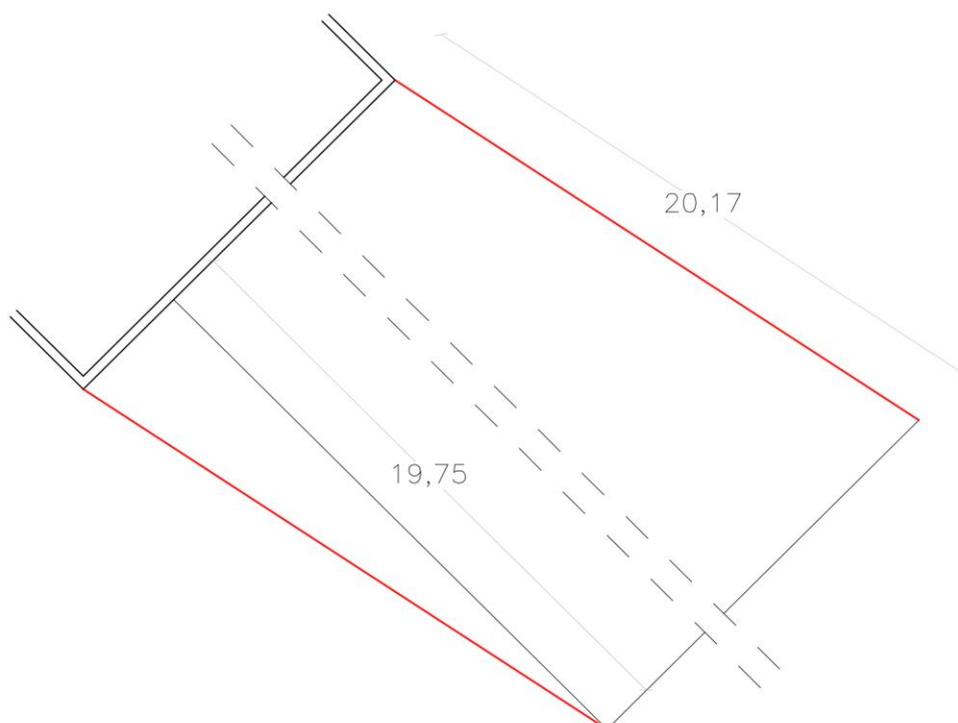


Fig. 51 Longitud de voladizo en orientación sureste 9 horas (Elaboración propia)

- A las 11 horas carta solar (13 horas reales)

- Orientación suroeste (fachada principal). Es necesario la protección horizontal porque a esta hora ya incide la radiación solar. Para ello, nos fijamos en la carta solar, obtenemos un acimut de  $21.57^\circ$  debido a la intersección entre el período de tiempo y la hora de cálculo, y con esto la altura solar  $68.43^\circ$  ( $90^\circ - 21.57^\circ$ ).

Se obtiene un voladizo de 2.07 metros perpendicular a la fachada

- Orientación sureste (fachada lateral). También es necesario la protección horizontal porque a esta hora sigue incidiendo la radiación solar.

Con el mismo acimut y altura solar obtenemos un voladizo de 4.77 metros perpendicular a la fachada.

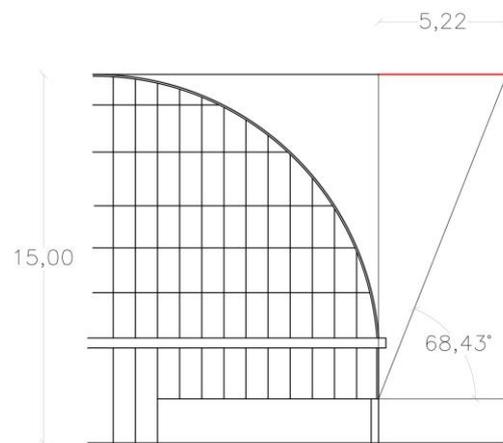


Fig. 52 Longitud de voladizo a las 11 horas (Elaboración propia)

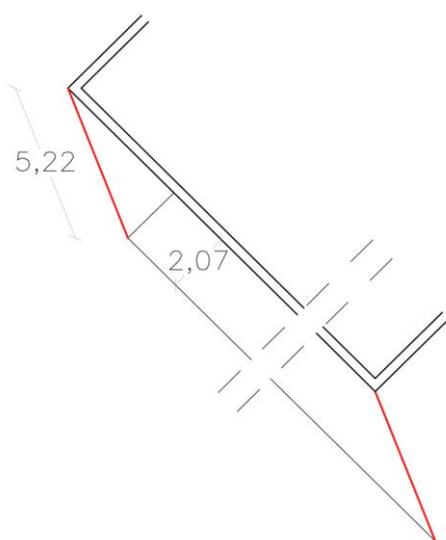


Fig. 53 Longitud de voladizo en orientación suroeste 11 horas (Elaboración propia)

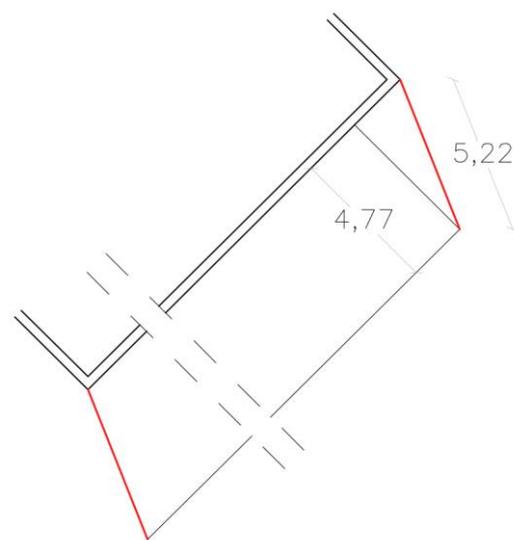


Fig. 54 Longitud de voladizo en orientación sureste 11 horas (Elaboración propia)

- A las 15 horas carta solar (17 horas reales)
  - Orientación suroeste (fachada principal). Es cuando más protección horizontal necesitan los huecos en esta fachada. Obtenemos un acimut de  $57.06^\circ$  y una altura solar de  $32.94^\circ$  ( $90^\circ - 57.06^\circ$ ).

Se obtiene un voladizo de 19.92 metros perpendicular a la fachada.

- Orientación sureste (fachada lateral). No es necesaria la protección horizontal en el edificio porque la radiación solar ya no incide sobre esta fachada.

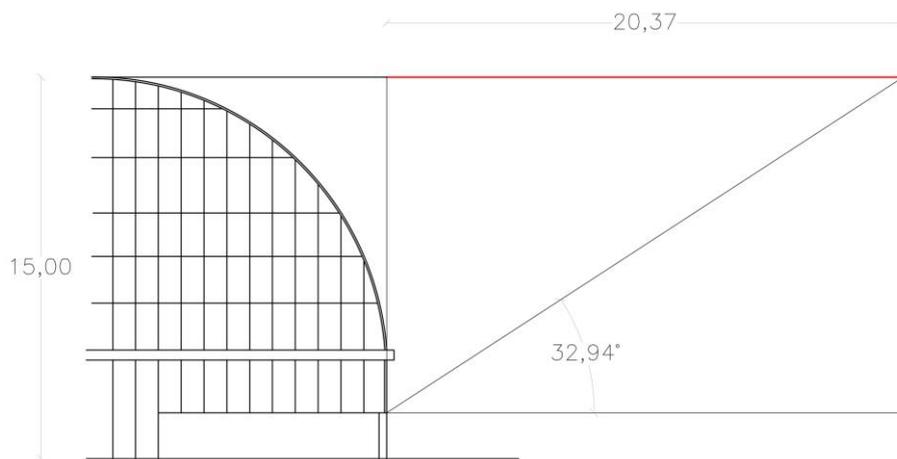


Fig. 55 Longitud de voladizo a las 15 horas (Elaboración propia)

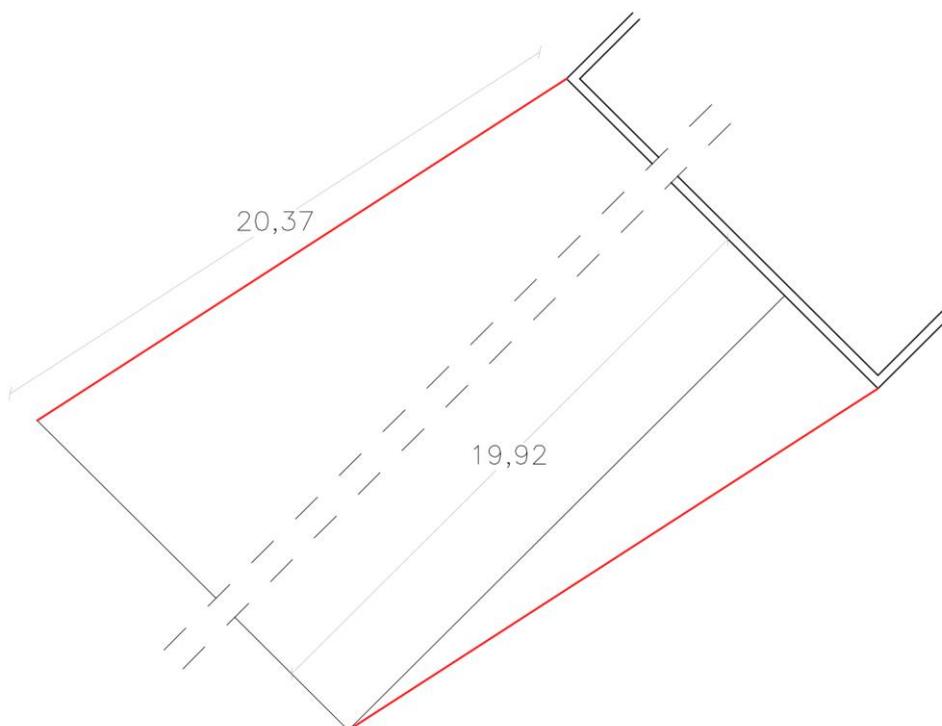


Fig. 56 Longitud de voladizo en orientación suroeste 15 horas (Elaboración propia)

Como se ha podido comprobar con las anteriores imágenes, el actual pórtico central del Palau de la Música, sólo protege al edificio hasta las 11 horas de carta solar (13 horas reales) en la fachada suroeste, dejando la otra fachada sureste sin protección alguna ante la radiación solar. Además, el pórtico solo protege prácticamente a la mitad de la cúpula, es decir, la cúpula de vidrio recibe radiación solar durante todo el día.

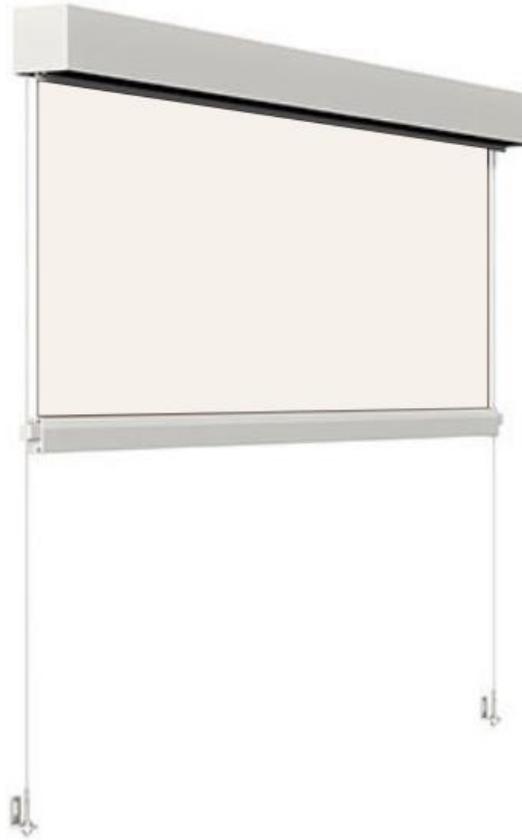
Después de analizar la protección horizontal necesaria para proteger al edificio, se propone una serie de soluciones:

- El pórtico central actual tiene una función y es la de proteger la cúpula vidriada de la radiación solar, y como se ha comprobado, esta función es prácticamente nula. Se propone aumentar este pórtico central en sus dos direcciones laterales sobre la fachada suroeste, debido a que de los 85 metros de longitud que tiene la cúpula, el pórtico sólo cubre 48 metros. Se aumenta siguiendo la modulación del edificio y de los pilares que lo sustentan, hasta llegar a los 90 metros. Con esto, se propone, junto con el aumento del pórtico central, seguir con la modulación de pilares en sus dos fachadas laterales, sureste y noroeste, y las posteriores, de esta manera ayuda a la sustentación de la cubierta.



*Fig. 57 Alzado principal con aumento del pórtico a las 16 horas (Elaboración propia)*

- Sobre la fachada principal suroeste y las laterales sureste y noroeste, se propone colocar unos toldos verticales blancos o de tonos claros, motorizados mediante perfiles de guías metálicas. Estos toldos se sitúan entre pilares siendo de 4 metros de longitud en anchura y 12 metros en altura, protegiendo la fachada desde la cota de 4 metros hasta la cubierta (16 metros). El objetivo de estos toldos motorizados es servir de protección en los meses calurosos de verano y que, a la misma vez, se puedan retirar para ganar radiación solar en invierno.



*Fig. 58 Toldo vertical motorizado*

- Ventajas de los toldos motorizados:

La ventaja de instalar un toldo vertical motorizado es que se puede controlar con un dispositivo a distancia. Con dispositivo electrónico, el toldo se extenderá y recogerá sin esfuerzo alguno. Esta característica es importante en el caso de toldos de grandes dimensiones y pesados, como en el caso del Palau de la Música. Todo ello sin olvidar que un toldo motorizado se puede manejar a distancia gracias a la domótica. [2]

Debido a que la temperatura puede variar bastante durante todo el día, se pueden disponer sensores solares o de calor. Este tipo de sensor ajusta el funcionamiento del toldo vertical a la luz solar. De esta manera, se extiende de manera automática cuando detecta que la intensidad de la luz exterior es muy elevada o que el sol incide directamente en la zona que se debe proteger. [2]

Además, los toldos motorizados pueden disponer de sensores para que este se recoja automáticamente en caso de aparecer la lluvia o el viento sople con una cierta intensidad. Aunque las lonas de los toldos son muy resistentes a cualquier elemento meteorológico, gracias a estos tipos de sensores, la duración del toldo aumenta notablemente en el tiempo. En el caso de que el toldo no los lleve incorporados, se pueden colocar este tipo de dispositivos sin ningún problema. [2]

Se lleva a cabo esta solución debido a que la construcción de un voladizo de 20 metros en cada fachada para proteger la cúpula vidriada es inviable.



Fig. 59 Alzado principal con toldos motorizados a las 16 horas (Elaboración propia)

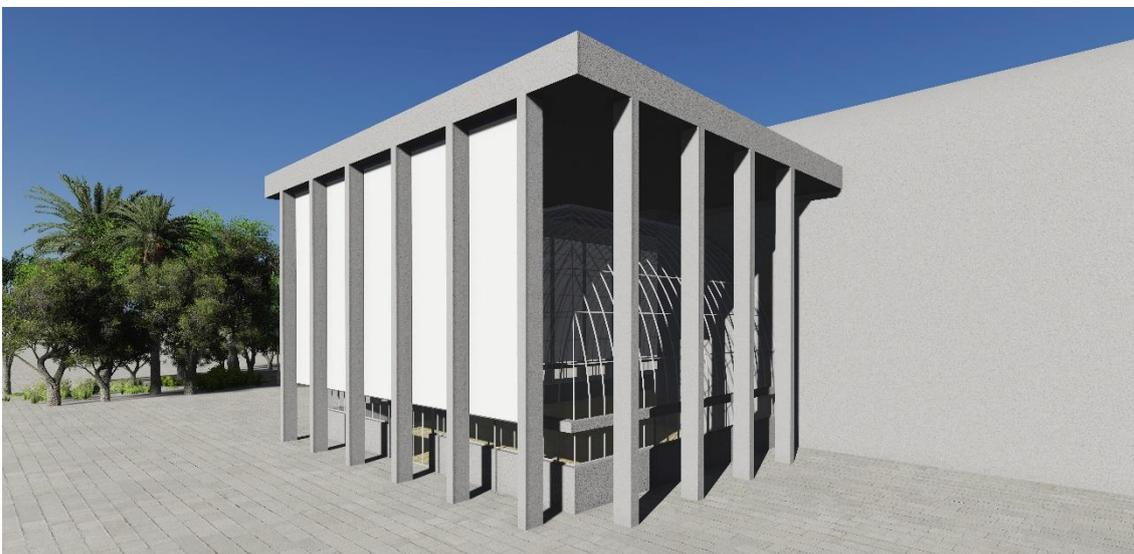


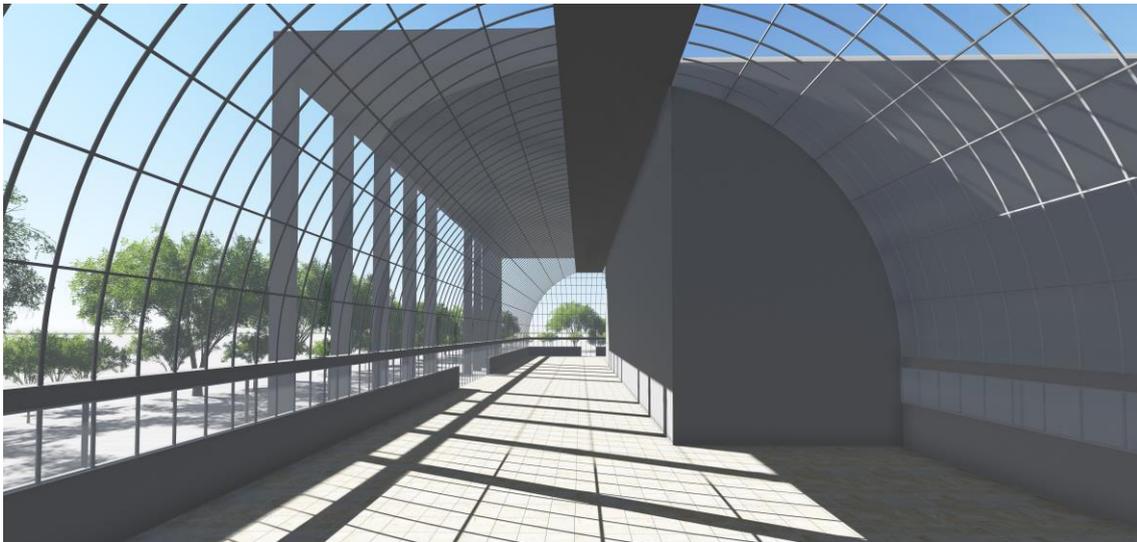
Fig. 60 Alzado sureste con toldos motorizados a las 10 horas (Elaboración propia)

Como se muestra en las anteriores imágenes, el objetivo de los toldos verticales se cumple a la perfección ya que, en las horas de máximo asoleo, el interior de la cúpula se encuentra en sombra casi en su totalidad.

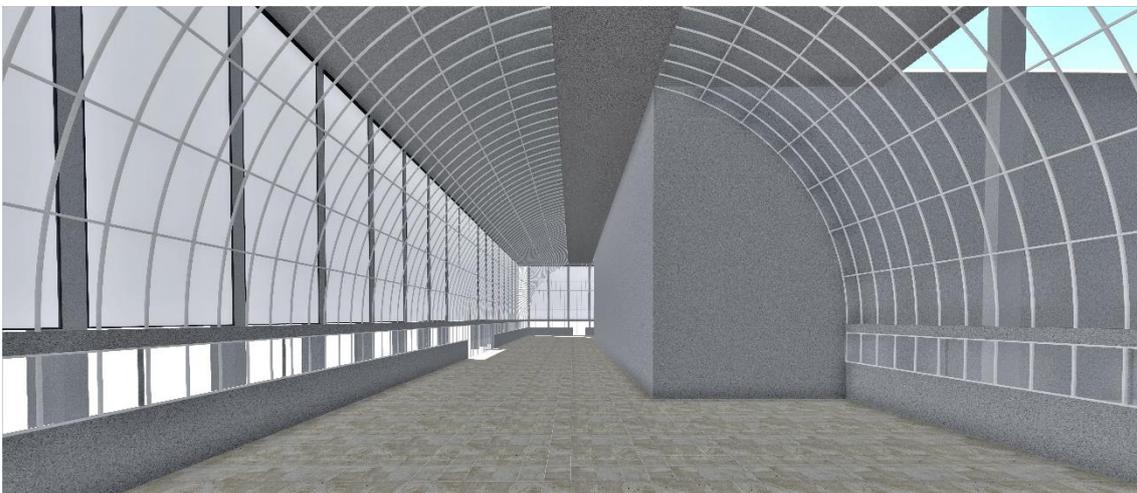
En cuanto al presupuesto necesario para la colocación de los toldos verticales motorizados, se ha basado en la empresa "Habitissimo" para saber una estimación. Los precios para toldos verticales motorizados de medidas estándar, varían entre 150€ y 1.295€, siendo un precio medio de 431€. Estos precios dependen de la calidad del material elegido, la duración de la obra y las dimensiones del toldo. [12]

La dimensión necesaria del toldo para el Palau de la Música es de 4 metros de ancho x 12 metros de altura, siendo unas dimensiones poco frecuentes en este tipo de toldos para fachadas, esto conlleva a que la duración de la obra para su colocación será más extensa y su dificultad más elevada, por ello el precio será elevado. Además, contaría con 26 toldos verticales en total, y que, añadido a sus características, el precio podría ser incluso mayor al estipulado por la empresa "Habitissimo".

A continuació, se mostren dos imatges, el interior del Palau de la Música en el seu estat actual i el interior amb els canvis anteriorment descrits. Les dues imatges estan realitzades a la mateixa hora solar i es pot comprovar la incidència del Sol sobre les seues façanes. Actualment, durant les hores de màxima radiació l'edifici està exposat completament al Sol ja que no disposa de protecció, i, per un altre costat, amb els canvis de proposta descrits, la cúpula vidriada està protegida de la radiació solar produint confort en l'edifici.



*Fig. 61 Interior actual a las 16 horas (Elaboración propia)*



*Fig. 62 Interior con toldos motorizados a las 16 horas (Elaboración propia)*

Se propone la mejora de los elementos que componen el edificio como otra solución posible:

- Para permitir un buen aislamiento del exterior con el interior o viceversa, los marcos que envuelven los vidrios, deben ser carpinterías de alta hermeticidad. Se proponen marcos de PVC, aluminio con ruptura de puente térmico, madera o poliuretano.

- En cuanto a las superficies acristaladas, la cúpula está formada casi en su totalidad por vidrio, por ello se propone un tipo para un buen funcionamiento energético. Los vidrios dobles bajo emisivos serán los más recomendables junto con los triples bajo emisivos, ya que son unos vidrios altamente aislantes. Coloreados o reflectantes. El factor solar de un acristalamiento permite obtener la protección que ofrece un vidrio a la radiación solar. [6]

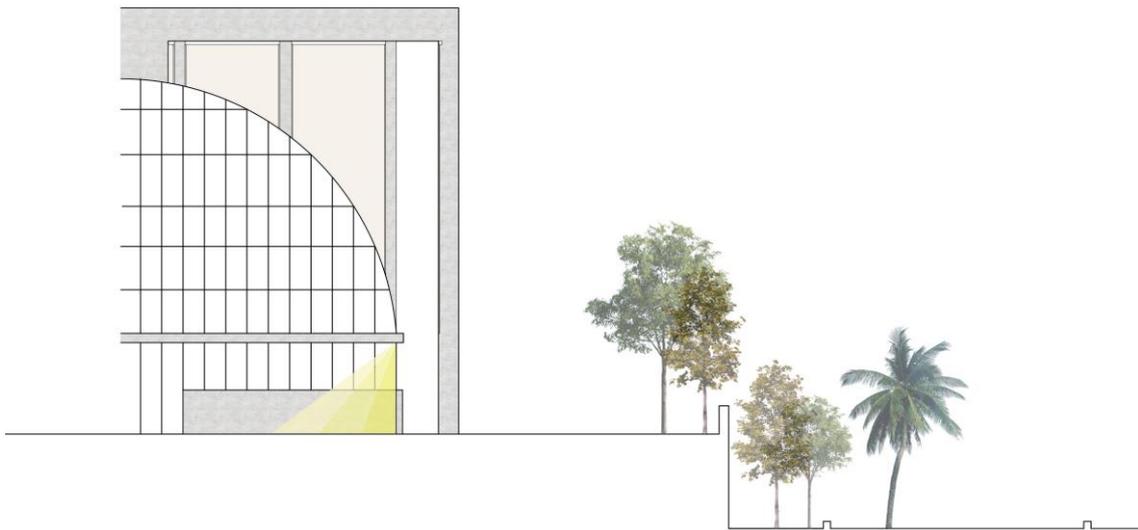
TIPO DE VIDRIO	FACTOR SOLAR
Luna incolora de 36 mm	0.85
Luna coloreada en rosa	0.78
Vidrio aislante 6+6+6 de lunas incoloras	0.72
Vidrio aislante 6+6+6 con una luna coloreada en rosa	0.72
Luna coloreada en gris	0.60
Vidrio aislante 6+6+6 con una luna coloreada en bronce	0.48
Luna incolora reflectante en azul	0.37
Luna incolora reflectante en ocre	0.22
Vidrio aislante 6+6+6 con una luna coloreada y reflectante	0.12
Vidrio aislante 6+6+6 con una luna incolora reflectante en oro	0.11

*Tabla 4. Factor solar en los vidrios de 6 mm (Elaboración propia)*

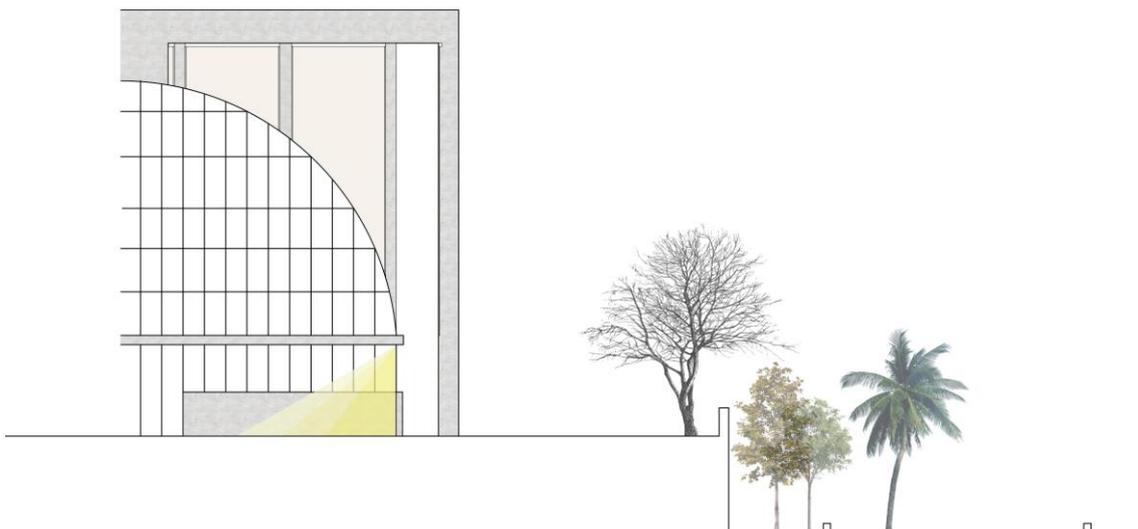
Como podemos observar en la tabla, un tipo de vidrio de luna incolora de 6 mm permite el paso de la radiación en un 85% y un vidrio aislante 6+6+6 con una luna incolora y reflectante en oro solo permite el paso de un 11%. Un vidrio triple bajo emisivo con cámara de aire  $U=1.80 \text{ W/m}^2\text{K}$  mejora significativamente la demanda de calefacción.

- Ventilación. Para asegurar una correcta ventilación en el interior del edificio, y de esta manera obtener un aire renovado, deben situarse varias ventanas en los extremos para permitir la ventilación cruzada y así, una correcta distribución de la energía sin ningún gasto adicional.
- La cubierta es el elemento del edificio que más radiación recibe y durante mayor tiempo. El acabado claro es lo más adecuado para su solución. La mejor solución es la cubierta ajardinada y ecológica, tiene numerosas ventajas tanto energéticas como con el medio ambiente. Además, ayuda a integrarse en el paisaje del antiguo cauce del río Turia y con la vegetación que lo envuelve. Ayuda a prevenir el sobrecalentamiento que se produce en el Palau de la Música en verano.
- La vegetación, es una solución que se trataría a largo plazo debido al tiempo que tiene que transcurrir para que se desarrolle y crezca lo suficiente para satisfacer los objetivos de proyecto.

La vegetación, debe colocarse orientada al sur, concretamente en las fachadas sureste y suroeste. Debido a que hasta la cota de 4 metros el Palau no está protegido mediante los toldos verticales motorizados, se utilizará un tipo de vegetación caduca para arrojar sombra en los meses de verano y así actuar como filtro ante la radiación solar, cuando este se encuentra en su punto más elevado. Sin embargo, en invierno el Sol está en el punto más bajo, la hoja caduca permite la entrada de luz y radiación durante estos meses y penetra sin obstáculos en el edificio. Además, sirve para evitar algunos tipos de contaminación como la ambiental o el ruido.



*Fig. 63 Vegetación en soleamiento de verano (Elaboración propia)*



*Fig. 64 Vegetación en soleamiento de invierno (Elaboración propia)*

## 4. PRESUPUESTO

Se ha elaborado un presupuesto para la instalación de los toldos verticales motorizados en su plenitud (26 toldos en total). Para ello, se ha empleado el programa de presupuestos y medición "Arquímedes", y el Generador de precios (España), un software para Arquitectura, Ingeniería y Construcción de "CYPE".

Para la realización del presupuesto se ha escogido el tipo de estor/toldo enrollable con accionamiento motorizado, con un tejido ignífugo perforado para casos de existencia de fuego o incendio, el material de hilos de fibra de vidrio recubiertos de PVC y de color claro, en este caso beige tanto por la cara interior como por la exterior. La colocación será anclada al techo de cubierta del pórtico exterior. [13]

Debido a las dimensiones inusuales del toldo vertical motorizado necesario para satisfacer las necesidades de control solar, se va a estimar un presupuesto aproximado para obtener un precio total de las características requeridas para la solución en el Palau de la Música. Para ello se van a extrapolar los resultados obtenidos en los programas, debido a que la longitud de 12 metros de altura no está disponible en los programas. Se utilizan las medidas de 4 metros de ancho x 1 metro de altura y 4 metros de ancho x 4 metros de altura para obtener el presupuesto total.

LSE010 Ud Estor enrollable.				882,11€		
Estor enrollable, de 4000 mm de anchura y 1000 mm de altura, con tejido ignífugo perforado, de hilos de fibra de vidrio recubiertos de PVC, accionamiento motorizado vía radio 230 V, con mando a distancia de 4 canales; fijado en el techo con anclajes mecánicos.						
Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe	
<b>1 Materiales</b>						
mt44stm010aaEatc	Ud	Estor enrollable, de 4000 mm de anchura y 1000 mm de altura, con tejido ignífugo perforado, de hilos de fibra de vidrio recubiertos de PVC, con la cara exterior de color beige y la cara interior de color beige, incluso anclajes mecánicos para fijación al soporte.	1,000	513,32	513,32	
mt44stm030h	Ud	Motorización de estor enrollable vía radio 230 V, con mando a distancia de 4 canales, para regulación de la altura.	1,000	273,39	273,39	
					<b>Subtotal materiales:</b>	<b>786,71</b>
<b>2 Mano de obra</b>						
mo011	h	Oficial 1º montador.	1,445	19,11	27,61	
mo080	h	Ayudante montador.	2,167	17,53	37,99	
mo003	h	Oficial 1º electricista.	0,654	19,11	12,50	
					<b>Subtotal mano de obra:</b>	<b>78,10</b>
<b>3 Costes directos complementarios</b>						
	%	Costes directos complementarios	2,000	864,81	17,30	
Coste de mantenimiento decenal: 438,94€ en los primeros 10 años.					<b>Costes directos (1+2+3):</b>	<b>882,11</b>

Tabla 5. Presupuesto de toldo vertical motorizado 4m ancho x 1m altura

LSE010 Ud Estor enrollable.				1.322,67€		
Estor enrollable, de 4000 mm de anchura y 4000 mm de altura, con tejido ignífugo perforado, de hilos de fibra de vidrio recubiertos de PVC, accionamiento motorizado vía radio 230 V, con mando a distancia de 4 canales; fijado en el techo con anclajes mecánicos.						
Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe	
<b>1 Materiales</b>						
mt44stm010aaEEatc	Ud	Estor enrollable, de 4000 mm de anchura y 4000 mm de altura, con tejido ignífugo perforado, de hilos de fibra de vidrio recubiertos de PVC, con la cara exterior de color beige y la cara interior de color beige, incluso anclajes mecánicos para fijación al soporte.	1,000	886,97	886,97	
mt44stm030h	Ud	Motorización de estor enrollable vía radio 230 V, con mando a distancia de 4 canales, para regulación de la altura.	1,000	273,39	273,39	
					<b>Subtotal materiales:</b>	<b>1.160,36</b>
<b>2 Mano de obra</b>						
mo011	h	Oficial 1º montador.	2,728	19,11	52,13	
mo080	h	Ayudante montador.	4,093	17,53	71,75	
mo003	h	Oficial 1º electricista.	0,654	19,11	12,50	
					<b>Subtotal mano de obra:</b>	<b>136,38</b>
<b>3 Costes directos complementarios</b>						
	%	Costes directos complementarios	2,000	1.296,74	25,93	
Coste de mantenimiento decenal: 658,16€ en los primeros 10 años.					<b>Costes directos (1+2+3):</b>	<b>1.322,67</b>

Tabla 6. Presupuesto de toldo vertical motorizado de 4m ancho x 4m altura

Como se observa en las anteriores tablas, para unas dimensiones de toldo motorizado de 4 metros de ancho y 1 metro de altura se obtiene un precio de 513,32 € y para unas dimensiones de 4 metros de ancho y 4 metros de altura un precio de 886,97 €. Con estos datos se procede a una extrapolación de resultados y de esta manera obtener un precio para las dimensiones deseadas de 4 metros de ancho y 12 metros de altura.

4 metros de ancho x 1 metro de altura → 513,32 €

4 metros de ancho x 4 metros de altura → 886,97 €

4 metros de ancho x 12 metros de altura → X €

$(886,97 - X) * (4 - 1) = (886,97 - 513,32) * (4 - 12) \rightarrow 1.883,37 \text{ €}$

Mediante la extrapolación se obtiene el precio para un toldo motorizado con dimensiones de 4 metros de ancho y 12 metros de altura de **1.883,37 €**. A continuación, se muestran desglosados en forma de tabla los costes resumidos referente a cada apartado que interviene en la instalación del protector solar. El precio total obtenido para su instalación completa, tras la suma de todos los componentes y de los 26 toldos, es de **60.814,073€**.

DESCRIPCIÓN	Rendimiento	Precio €	Importe €
Toldo vertical motorizado 4m x 12m	1,00 Ud	<b>1.883,37</b>	<b>1.883,37</b>
Motorización del toldo vertical enrollable vía radio 230 V, con mando a distancia para regulación de altura	1,00 Ud	<b>273,39</b>	<b>273,39</b>
Subtotal materiales:			<b>2.156,76</b>
<b>MANO DE OBRA</b>			
Oficial 1ª montador	2,728	<b>19,11</b>	<b>52,13</b>
Ayudante montador	4,093	<b>17,53</b>	<b>71,75</b>
Oficial 1ª electricista	0,654	<b>19,11</b>	<b>12,50</b>
Subtotal mano de obra:			<b>136,38</b>
<b>COSTES DIRECTOS COMPLEMENTARIOS</b>			
Costes directos complementarios	2 %	<b>2.293,14</b>	<b>45,8628</b>
<b>COSTE PRECIO TOTAL 1 TOLDO</b>			<b>2.339,003€</b>
<b>COSTE PRECIO TOTAL 26 TOLDOS = 60.814,073 €</b>			

Tabla 7. Costes totales obtenidos en Generador de precios (Elaboración propia)

A continuación, se calcula el coste de mantenimiento para los 10 primeros años desde su instalación. Para ello, se vuelve a utilizar el cálculo mediante extrapolación para obtener el coste.

4 metros de ancho x 1 metro de altura  $\longrightarrow$  438,94 €

4 metros de ancho x 4 metros de altura  $\longrightarrow$  658,16 €

4 metros de ancho x 12 metros de altura  $\longrightarrow$  X €

$(658,16 - X) * (4 - 1) = (658,16 - 438,94) * (4 - 12) \longrightarrow$  **1.242,746 €**

Se obtiene un coste de mantenimiento para una duración en los 10 primeros años desde su instalación de **1.242,746 €**.

Además del presupuesto obtenido para la instalación de los toldos verticales motorizados, se elabora un presupuesto aproximado para estimar el precio de la ampliación de la cubierta y pilares del pórtico exterior.

El Palau de la Música de Valencia es un edificio público y, según el programa de presupuestos y medición "Arquímedes", para las características de la ampliación el precio es de 280 €/m<sup>2</sup>. En este precio se incluye la cimentación, los pilares, el forjado y la cubierta.

La ampliación del pórtico cuenta con un área a cada lado de 588,64 m<sup>2</sup>, siendo un área total de 1.177,28 m<sup>2</sup>. Por lo tanto, se calcula el precio de la ampliación:

$1.177,28 \text{ m}^2 \text{ (área total ampliación)} \times 280 \text{ €/m}^2 =$  **329.638,40 €**

Por lo tanto, tras obtener el precio de los toldos verticales motorizados y el precio de la ampliación donde se incluye la cimentación, los pilares, el forjado y la cubierta, se calcula el precio total:

**PRECIO TOTAL:** 60.814,073 € + 329.638,40 € = **390.452,473 €**

A parte del presupuesto, habrá que tener en cuenta un pliego de condiciones para la correcta instalación de los toldos verticales motorizados. [13]

*"- Condiciones previas que han de cumplirse antes de la ejecución de las unidades de obra.*

- *Del soporte: Se debe comprobar que el paramento soporte al que se tienen que fijar los anclajes tiene la suficiente resistencia.*

- *Proceso de ejecución:*

- *Fase de ejecución: Replanteo. Anclaje al paramento de los elementos de fijación. Montaje del toldo vertical motorizado. Instalación del motor y los componentes del accionamiento. Conexión eléctrico.*
- *Condiciones de terminación: El toldo quedará perfectamente aplomado, fijado al paramento soporte y limpio.*

- *Conservación y mantenimiento:*

- *Los toldos motorizados se mantendrán limpios y protegidos frente a golpes o rozaduras. Se evitará el vertido, sobre el toldo, de agua contaminada procedente de la limpieza de obra.*

- *Criterio de medición en obra y condiciones de abono:*

- *Se medirá el número de unidades (26 toldos motorizados en total) realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto” (Generador de precios). [13]*

## 5. CONCLUSIONES

En este trabajo final de grado, se ha analizado bioclimáticamente el auditorio Palau de la Música de Valencia, con la finalidad de que el edificio sea confortable y saludable para los usuarios, teniendo en cuenta criterios bioclimáticos en la zona que se encuentra y así conseguir un gasto mínimo energético.

- **Palau de la Música de Valencia**

Dentro de las conclusiones generales, se destaca que tras desarrollar el estudio bioclimático de la ciudad de Valencia junto con el estudio energético del Palau de la Música, se puede afirmar que no presenta un funcionamiento energético adecuado para ser un edificio público importante y visitado en Valencia, sino todo lo contrario, tiene una eficiencia desfavorable. Por lo que se ha propuesto unas modificaciones en su diseño actual y construcción, para su buen funcionamiento.

Mediante el análisis del edificio con el programa *Ecotect Analysis*, donde se ha obtenido el nivel de radiación solar recibido en cada zona de la cúpula vidriada, y el consumo desorbitado de refrigeración en verano y calefacción en invierno, se obtiene el balance energético del Palau de la Música, produciendo un coste muy elevado, y numerosas pérdidas económicas.

Una vez obtenido el análisis con el programa *Ecotect Analysis*, se propone una solución para proteger la cúpula vidriada de la radiación solar, ya que es la principal causa del mal funcionamiento energético del edificio. Esta solución, requiere una serie de cambios en la envolvente de la cúpula vidriada, con los cuales se intenta mantener el mismo lenguaje arquitectónico, por ello se amplía el pórtico central en toda la longitud de la fachada principal suroeste manteniendo el mismo módulo y estilo, tal como se aprecia en las imágenes anteriores.

Junto con la ampliación del pórtico y la utilización de toldos verticales motorizados, se consigue disminuir casi en su totalidad la radiación solar sobre la cúpula vidriada consiguiendo de esta manera el objetivo de mejorar el confort en el interior.

El presupuesto total que se ha obtenido es de **390.452,473 €**. Este presupuesto es la suma de la ampliación donde se incluye la cimentación, los pilares, el forjado y la cubierta, con un precio de **329.638,40 €** y la ejecución e instalación de todos los toldos verticales motorizados con un precio de **60.814,073 €** siendo un precio bastante asequible para ser un edificio público con gran importancia en Valencia y con el que se palian gran parte de los problemas que tiene el edificio a nivel energético. Además, el coste de mantenimiento para los toldos verticales motorizados en los 10 primeros años es de **1.242,746 €**, siendo un precio factible.

En definitiva, con el presente trabajo se ha propuesto una rehabilitación de mejora para el buen funcionamiento energético del auditorio Palau de la Música de Valencia, teniendo en cuenta aspectos bioclimáticos, con el objetivo cumplido de que el edificio sea confortable y saludable para sus usuarios.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

### PÁGINAS WEB

- [1] Valenciaplaza. *Un experto en arquitectura sostenible califica al Palau de la Música como "un microondas"*.  
<http://epoca1.valenciaplaza.com/ver/101944/palau-de-la-musica-valencia-microondas.html>
- [2] Pedro J. Hernández. *Antecedentes históricos de la Arquitectura bioclimática*.  
<https://pedrojhernandez.com/2014/03/01/antecedentes-historicos-de-la-arquitectura-bioclimatica/>
- [3] Palau de la Música. <https://www.palauvalencia.com/es/palau/edificio/>
- [4] Via Arquitectura. *Ampliación Palau de la Música. Valencia*.  
<https://www.via-arquitectura.net/15/15-042.htm>
- [8] El cerramiento. *Ventilación cruzada y efecto venturi*.  
[http://elcerramiento.mx/notas.php?id\\_nota=729221306&id](http://elcerramiento.mx/notas.php?id_nota=729221306&id)
- [9] Twenergy. *Chimenea solar: un sistema de ventilación natural*.  
<https://twenergy.com/eficiencia-energetica/como-ahorrar-energia-casa/chimenea-solar-un-sistema-de-ventilacion-natural-2318/>
- [10] M<sup>a</sup> Dolores García L. *Arquitectura bioclimática*.  
<http://abioclimatica.blogspot.com/2008/10/arquitectura-bioclimtica.html>
- [11] Abouthaus. *Un Sistema de Climatización que Utiliza la Energía del Subsuelo*. <https://about-haus.com/como-construir-un-pozo-canadiense/>
- [12] Habitissimo. *Toldo motorizado: ventajas y precios*.  
<https://www.habitissimo.es/presupuestos/toldo-motorizado>
- [13] Generador de precios. *Presupuesto*. <http://www.generadordeprecios.info>
- Código Técnico. <https://www.codigotecnico.org>
- EcoHabitar. *Arquitectura bioclimática: Conceptos y técnicas*.  
<http://www.ecohabitar.org/conceptos-y-tecnicas-de-la-arquitectura-bioclimatica-2/>

## LIBROS

- [5] de Vicente Valiente, Vicente., Langa Sanchis, Jaime., Sequí San Miguel, Ana. (2018) *Arquitectura y energía. Introducción a las instalaciones de confort higrotérmico*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- [6] Neila González, F.J. (2004) *Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible*, Munilla-Lería: Madrid.
- [7] Neila González, F.J. (2000) *Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible: buenas prácticas edificatorias*. Textos sobre sostenibilidad, 91. Madrid
- Wassouf, M. (2014) *De la casa pasiva al estándar Passivhaus: la arquitectura pasiva en climas cálidos*. Editorial Gustavo Gili: Barcelona; México.
- Arq. Garzón, Beatriz (2007) *Arquitectura Bioclimática*. Buenos Aires: Nobuko
- Olgyay, Victor. (2002) *Arquitectura y clima: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*. Editorial Gustavo Gili: Barcelona.
- Taberner Pastor, Francisco. (2007) *Guía de Arquitectura de Valencia*. 303 Palau de la Música.

## REVISTAS

- *Ampliación del Palau de la Música* (2005) nº 339 pag 14-17. Madrid  
<http://www.coam.es/media/Default%20Files/fundacion/biblioteca/revista-arquitectura-100/2000-2008/docs/revista-articulos/revista-arquitectura-2005-n339-pag14-17.pdf>

## PROGRAMAS SOFTWARE

- Autodesk Ecotect Analysis 2011
- Generador de precios (España)
- Autocad

## 7. ÍNDICE DE ILUSTRACIONES Y TABLAS

### ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1. Esquema general Arquitectura Bioclimática. Fuente: Elaboración propia basada en metodología de diseño bioclimático.

Figura 2. Emplazamiento del edificio en el río Turia de Valencia. Fuente: <https://www.google.es/maps/>

Figura 3. Situación del Palau de la Música. Fuente: <https://www.google.es/maps/>

Figura 4. Planta del Palau de la Música de Valencia. Fuente: <https://www.palauvalencia.com/es/palau/edificio/>

Figura 5. Alzado Noroeste del Palau de la Música de Valencia. Fuente: <https://www.palauvalencia.com/es/palau/edificio/>

Figura 6. Imagen fachada principal suroeste. Bóveda vidriada donde se sitúa el hall de entrada. Fuente: Elaboración propia, fotografía desde el antiguo cauce del Rio Turia.

Figura 7. Interior de la bóveda. Fuente: Elaboración propia.

Figura 8. Interior de la bóveda. Fuente: Elaboración propia.

Figura 9. Sala Iturbi. Fuente: <https://www.palauvalencia.com/es/sala/sala-jose-iturbi/>

Figura 10. Sala Joaquín Rodrigo. Fuente: <https://www.palauvalencia.com/es/contratacion/sala-joaquin-rodrigo/>

Figura 11. Sala Vicente Martín i Soler. Fuente: <https://www.palauvalencia.com/es/contratacion/sala-martin-y-soler/>

Figura 12. Sala Lucrecia Bori. Fuente: <https://www.palauvalencia.com/es/contratacion/sala-martin-y-soler-y-lucrecia-bori/>

Figura 13. Vista aérea de la ampliación. Fuente: <https://www.google.es/maps/>

Figura 14. Sección transversal de la ampliación. Fuente: <https://www.via-arquitectura.net/15/15-042.htm>

Figura 15. Acceso a la ampliación. Fuente: Elaboración propia.

Figura 16. Ampliación. Espacio interior con vista al patio. Fuente: Elaboración propia.

Figura 17. Cubierta vegetal de la ampliación. Fuente: Elaboración propia.

Figura 18. Temperaturas provincia de Valencia 2018. Fuente: [www.eltiempo.es](http://www.eltiempo.es)

Figura 19. Temperaturas provincia de Valencia entre junio y agosto de 2018. Fuente: [http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/vigilancia\\_clima/analisis\\_estacional?w=0&l=8416&datos=temp](http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/vigilancia_clima/analisis_estacional?w=0&l=8416&datos=temp)

Figura 20. Temperaturas provincia de Valencia entre junio y agosto de 2019. Fuente: [http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/vigilancia\\_clima/analisis\\_estacional?w=3&l=8416&datos=temp](http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/vigilancia_clima/analisis_estacional?w=3&l=8416&datos=temp)

Figura 21. Precipitaciones en Valencia año 2018. Fuente: [www.eltiempo.es](http://www.eltiempo.es)

Figura 22. Media diaria de radiación global en Valencia. Fuente: [www.aemet.es](http://www.aemet.es)

Figura 23. Luz diurna media y promedio de insolación en Valencia año 2018. Fuente: <https://www.weather-es.com/es/espana/valencia-clima>

Figura 24. Distribución de la dirección del viento en %.  
Fuente: <https://es.windfinder.com/windstatistics/valencia>

Figura 25. Niveles de humedad en %. Año 2018. Fuente: <https://es.weatherspark.com/y/42614/Clima-promedio-en-Valencia-España-durante-todo-el-año>

Figura 26. Clasificación de los sistemas de captación. Fuente: Neila González, F.J. (2004) *Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible*

Figura 27. Efecto invernadero. Fuente: Elaboración propia recuperado de Neila González, F.J. (2004) *Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible*.

Figura 28. Temperatura y humedad interior del Palau de la Música. Fuente: Elaboración propia.

Figura 29. Temperatura y humedad exterior del Palau de la Música. Fuente: Elaboración propia.

Figura 30. Incidencia del viento sobre el Palau de la Música. Fuente: Elaboración propia.

Figura 31. Sistema de aire acondicionado por toberas en el interior del Palau de la Música. Fuente: Elaboración propia.

Figura 32. Sistema de aire acondicionado por fan-coil en el interior del Palau de la Música. Fuente: Elaboración propia.

Figura 33. Efecto venturi en sistema de ventilación cruzada. Fuente: Elaboración propia.

Figura 34. Efecto chimenea solar en sistema de ventilación cruzada. Fuente: Elaboración propia.

Figura 35. Torre de viento de paredes cruzadas. Fuente: Elaboración propia.

Figura 36. Torre de viento evaporativa. Fuente: Elaboración propia.

Figura 37. Ventilación a través de subsuelo. Fuente: Elaboración propia.

Figura 38. Modelo del Palau de la Música en Ecotect Analysis. Fuente: Elaboración propia.

Figura 39. Estudio de radiación solar sobre el Palau de la Música. Fuente: Ecotect Analysis.

Figura 40. Estudio de radiación solar sobre el Palau de la Música. Fuente: Ecotect Analysis.

Figura 41. Estudio de radiación solar sobre el Palau de la Música. Fuente: Ecotect Analysis.

Figura 42. Estudio de radiación solar sobre el Palau de la Música. Fuente: Ecotect Analysis.

Figura 43. Demanda mensual de calefacción y refrigeración. Fuente: Ecotect Analysis.

Figura 44. Desglose de ganancias y pérdidas. Fuente: Ecotect Analysis.

Figura 45. Planta Palau de la Música. Fuente: Elaboración propia.

Figura 46. Alzado principal Palau de la Música. Fuente: Elaboración propia.

Figura 47. Carta solar estereográfica de Valencia. Fuente: Elaboración propia.

Figura 48. Pórtico en la fachada principal el 29 Julio a las 20:00 horas. Fuente: Elaboración propia.

Figura 49. Sección transversal del Palau de la Música. Fuente: Elaboración propia.

Figura 50. Longitud de voladizo a las 9 horas. Fuente: Elaboración propia.

Figura 51. Longitud de voladizo en orientación sureste a las 9 horas. Fuente: Elaboración propia.

Figura 52. Longitud de voladizo a las 11 horas. Fuente: Elaboración propia.

Figura 53. Longitud de voladizo en orientación suroeste a las 11 horas. Fuente: Elaboración propia.

Figura 54. Longitud de voladizo en orientación sureste a las 11 horas. Fuente: Elaboración propia.

Figura 55. Longitud de voladizo a las 15 horas. Fuente: Elaboración propia.

Figura 56. Longitud de voladizo en orientación suroeste a las 15 horas. Fuente: Elaboración propia.

Figura 57. Alzado principal con aumento del pórtico. Fuente: Elaboración propia.

Figura 58. Toldo vertical motorizado. Fuente: <https://www.keoutdoordesign.com>

Figura 59. Alzado principal con toldos motorizados. Fuente: Elaboración propia.

Figura 60. Alzado sureste con toldos motorizados a las 10 horas. Fuente: Elaboración propia.

Figura 61. Interior actual a las 16 horas. Fuente: Elaboración propia.

Figura 62. Interior con toldos motorizados a las 16 horas. Fuente: Elaboración propia.

Figura 63. Vegetación en soleamiento de verano. Fuente: Elaboración propia.

Figura 64. Vegetación en soleamiento de invierno. Fuente: Elaboración propia.

Figura 65. Coste unitario de ejecución en IVE. Fuente:

<https://www.five.es/productos/herramientas-on-line/modulo-de-edificacion/>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resumen radiación solar sobre el Palau de la Música. Fuente: Autodesk Ecotect Analysis 2011.

Tabla 2. Demanda mensual de calefacción y refrigeración. Fuente: Autodesk Ecotect Analysis 2011.

Tabla 3. Tabla Porcentajes de ganancias y pérdidas obtenidas en Ecotect Analysis. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Factor solar en los vidrios de 6 mm. Fuente: Elaboración propia recuperado de Neila González, F.J. (2004) *Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible*.

Tabla 5. Presupuesto de toldo vertical motorizado de 4m ancho x 1m altura. Fuente: Generador de precios (España)

Tabla 6. Presupuesto de toldo vertical motorizado de 4m ancho x 4m altura. Fuente: Generador de precios (España)

Tabla 7. Costes totales obtenidos en Generador de precios. Fuente: Elaboración propia.