

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

*ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA Y  
DEL MEDIO NATURAL*

Proyecto de diseño y construcción de un jardín  
vertical de 162 m<sup>2</sup> en la fachada del Conservatorio  
Superior de Música de Valencia

**Trabajo Fin de Máster**

Javier del Hoyo Gibaja

**Junio de 2019**

Tutor: Alberto San Bautista Primo

Cotutor: Juan Manzano Juárez

**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA**

*ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA Y  
DEL MEDIO NATURAL*

Documento nº 1

# Memoria

Proyecto de diseño y construcción de un jardín  
vertical de 162 m<sup>2</sup> en la fachada del  
Conservatorio Superior de Música de Valencia

Javier del Hoyo Gibaja

**Junio de 2019**

## Resumen

**Título: Proyecto de diseño y construcción de un jardín vertical de 162 m<sup>2</sup> en la fachada del Conservatorio Superior de Música de Valencia**

**Autor: Javier del Hoyo Gibaja**

**Tutor / Cotutor: Alberto San Bautista Primo / Juan Manzano Juárez**

El presente Trabajo Fin de Máster consiste en la elaboración de un Proyecto de diseño y construcción de un jardín vertical de 162 m<sup>2</sup>, ubicado en la fachada principal del auditorio del Conservatorio Superior de Música de Valencia (C.S.M.V.).

Los objetivos que se persiguen son: por un lado, introducir un elemento termorregulador en la fachada sur del edificio para contribuir en la reducción de su gasto energético y, por otra parte, añadir valor estético al edificio revistiendo la fachada con un tapiz vegetal. Además, un objetivo indirecto del Proyecto es servir como impulsor para la puesta en marcha de otros proyectos similares, que aumentarían la cantidad de sumideros de carbono de la ciudad, fomentando la naturación urbana y la arquitectura bioclimática, dos conceptos fundamentales para las ciudades del futuro.

El jardín está formado por una estructura metálica independiente al edificio pero anclada a él, de donde cuelgan unos gaviones rellenos de sustrato universal a modo de maceta, en los cuales se asienta la vegetación. Estos gaviones irán cubiertos de brezo en su cara frontal, para ocultar el alambre de los gaviones y aportar estética visual. El jardín contará con un sistema de riego automatizado a través de una aplicación móvil, que permite modificar el riego que se ha programado si las condiciones ambientales, o de otra índole, lo requieren.

Para aportar coherencia entre el jardín y la institución donde se va a implantar, a modo de homenaje, se han seleccionado doce géneros botánicos y se ha creado una relación con las doce notas de la música occidental. El diseño ornamental está basado en esta relación “género botánico – nota musical” para distribuir las especies en base a la armonía musical y a progresiones características de la teoría musical reciente. La vegetación seleccionada combina diferentes especies ornamentales y aromáticas de los doce géneros mencionados, adaptadas todas ellas a las condiciones abióticas estudiadas durante la elaboración del Proyecto.

Igualmente, se ha procurado reducir los costes de mantenimiento. Para ello, se han usado, por un lado, gaviones estilo maceta que evitan la necesidad de fertirriego constante y, por otro lado, se ha instalado una línea de vida para trabajos en altura, evitando así tener que alquilar una plataforma elevadora cada vez que sea necesario acceder al jardín.

En definitiva, tras investigar sobre los diferentes sistemas existentes de jardín vertical, en este Trabajo Fin de Máster se ha optado por un proyecto que combina eficiencia energética y diseño estético; piezas clave para el desarrollo de una ciudad moderna y de progreso.

**PALABRAS CLAVE:** jardín vertical, naturación urbana, armonía, música

## Abstract

Title: **162 sqm green facade construction design for the Music Conservatory in Valencia**

Author: **Javier del Hoyo Gibaja**

Tutor / Cotutor: **Alberto San Bautista Primo / Juan Manzano Juárez**

The purpose of this Final Master Thesis is the design and constructive definition of a 162 m<sup>2</sup> green wall located on the main facade of the Superior Music Conservatory (C.S.M.V).

The aims of this study are three. On one hand, decreasing the buildings energy consumption by the installation of a thermoregulatory device on its southern facade. On the other, adding aesthetic value to the building by providing it with a plant tapestry. Lastly, this initiative could also serve as an example and prompt similar projects. As consequence, two of the most important elements of the future cities, such as bioclimatic architecture and the urban greening, are enhanced.

The green wall structure is formed by steel frames attached and fixed to the building. The planted vegetation is located inside the hanging gabions, filled up with universal soil. The front side of the flowerpots is covered by heather, in order to improve its aesthetics. The garden irrigation is controlled by a phone application, allowing to modify any parameter as required.

As a tribute to the location of the Project, the plant species distribution and selection is related to the western music system. The design criterion consists in relating the botanical genre with a music note. The contemporary music theory and harmony progressions were used for the design process. The selected species combine ornamental and aromatic plants that correspond to the twelve musical notes. They all are adapted to the abiotic conditions studied on the Project.

Finally, attempts have been made to reduce the maintenance costs. Therefore, the pot-gabions used on the project do not need constant supply of nutrients and irrigation. Also, a security system is planned for any height work needed without requiring additional lifting platforms to access the garden.

In short, the present Final Master Thesis investigates the existing green wall systems in order to elaborate a project that combines energy efficiency aesthetic design in urban greening; a keystone for the modern cities.

KEY WORDS: green wall, urban greening, harmony, music

## *Índice General del Proyecto*

### Documento nº 1 Memoria

Anejo I: Estudio climático

Anejo II: Estudio de la calidad del agua de riego

Anejo III: Estudio de soleamiento

Anejo IV: Elección del tipo de soporte y sustrato

Anejo V: Especies vegetales seleccionadas

Anejo VI: Diseño ornamental del jardín

Anejo VII: Cálculo estructural

Anejo VIII: Diseño del sistema de riego

Anejo IX: Mantenimiento del proyecto

Anejo X: Programación de la ejecución del proyecto

### Documento nº 2 Planos

Documento nº 3 Pliego de condiciones

Documento nº 4 Presupuesto

Estudio básico de seguridad y salud

## Índice de la memoria

1. Antecedentes .....	6
2. Objeto del Proyecto .....	8
2.1. Objetivo del Proyecto .....	8
2.2. Descripción de la zona .....	9
2.2.1. Localización.....	9
3. Condicionantes del Proyecto .....	11
3.1. Condicionantes físicos.....	11
3.1.1. Estudio climático .....	11
3.1.2. Estudio de la calidad del agua de riego .....	12
3.1.3. Estudio de soleamiento .....	12
3.2. Condicionantes legales .....	13
4. Descripción del Proyecto.....	14
4.1. Elección del sistema de soporte y sustrato .....	14
4.2. Especies vegetales seleccionadas .....	16
4.3. Diseño ornamental del jardín .....	18
4.4. Estructura metálica portante.....	21
4.5. Diseño del sistema de riego.....	23
4.6 Plagas y enfermedades .....	27
5. Mantenimiento del Proyecto .....	27
6. Calendario de ejecución del proyecto.....	28
7. Boceto ilustrativo de la fachada.....	30
8. Inversión y evaluación económica .....	31
8.1. Estudio económico del mantenimiento.....	31
8.2. Inversión del proyecto .....	32
9. Bibliografía.....	33

## Índice de Ilustraciones y Tablas

Ilustración 1. Ejemplo de jardín vertical en una fachada de Londres (www.comunidadism.org) .....	6
Ilustración 2. Ejemplos históricos de arquitectura bioclimática.....	7
Ilustración 3. Localización de la ciudad de Valencia. (Fte: Google más).....	9
Ilustración 4. Localización del Conservatorio en la ciudad de Valencia. (Fte: Google maps) .....	10
Ilustración 5. Imagen del edificio. (Fte: Google maps) .....	10
Ilustración 6. Diagrama ombrotérmico.....	11
Ilustración 7. Soleamiento del C.S.M.V. en el solsticio de verano (izquierda) y en el de invierno (derecha) .....	13
Ilustración 8. Ejemplo de abandono de un jardín vertical con sistema geotextil (Fte: Google maps) .....	15
Ilustración 9. Ejemplo de sistema modular con gaviones y sustrato natural en saco (Fte: Viveros El Ciprés) .....	15
Tabla 1. Lista de géneros botánicos con su familia y su nota musical correspondiente.....	17
Tabla 2. Lista de especies seleccionadas y la familia a la que pertenecen .....	17
Tabla 3. Leyenda de la correspondencia entre especie y número en el esquema final.....	19
Tabla 4 Distribución de especies vegetales .....	20
Ilustración 10. Estructura metálica portante con cotas y descripción de los perfiles.....	21
Ilustración 11. Dimensiones de la zapata y separación máxima entre pilares (metros).....	22
Ilustración 12. Diseño de chapa perforada a utilizar para el Proyecto.....	23
Ilustración 13. Esquema del diseño del sistema de riego.....	24
Tabla 5. Resumen de resultados .....	26
Ilustración 14. Ejemplo de trabajos en altura en fachadas.....	27
Tabla 6 Calendario de ejecución del proyecto.....	29
Ilustración 3. Boceto del resultado del jardín .....	30
Tabla 7. Costes de mantenimiento .....	31

## 1. Antecedentes

En los últimos años se está produciendo una creciente preocupación por el medio ambiente y los efectos nocivos que supone la acción antrópica sobre el medio, en especial por las consecuencias que tiene sobre el cambio climático, definido éste como los cambios en los patrones climatológicos que se dan en la tierra por el aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) en diferentes capas de la atmósfera. (Guijarro et al., 2009).

En la lucha contra el cambio climático las ciudades ejercen un rol fundamental, ya que el número de personas que viven en ellas aumenta continuamente con respecto a las que viven en un entorno rural. Actualmente, en Europa el 74% de la población habita en las ciudades y las predicciones abogan por que este modelo se extenderá al resto del mundo, estimándose que en 2030 alrededor del 70% de la población mundial vivirá en ciudades (Noticias ONU, 2018), un hecho insólito hasta la fecha. Además, es en las ciudades donde se producen los mayores aportes de los mencionados GEI, debido a la quema de combustibles fósiles, ya que en ellas se produce en torno al 80% del consumo energético mundial (Guijarro et al., 2009), lo que traslada una responsabilidad fundamental a los espacios urbanos en el cambio del modelo energético.

Tal es la importancia de las ciudades que uno de los objetivos de desarrollo sostenible de la Agenda 2030 (ODS), aprobada en 2015 por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), está dedicado a las ciudades verdes y a la transición ecológica de las mismas, la cual debe realizarse en el marco de la sostenibilidad. Igualmente, en un documento de FAO, se menciona que los espacios verdes urbanos son de vital importancia frente a muchos desafíos como la salud pública, el desarrollo económico, las emisiones de gases de efecto invernadero y la contaminación. (Salbitano et al., 2017).



Ilustración 1. Ejemplo de jardín vertical en una fachada de Londres ([www.comunidadism.org](http://www.comunidadism.org))



Las estrategias principales para la lucha contra el cambio climático se basan en la adaptación y en la mitigación y, dentro de la segunda, lo principal es reducir las emisiones de GEI y aumentar el número de sumideros de carbono en forma de masas vegetales que absorben GEI (fundamentalmente CO<sub>2</sub>). Para ello, las ciudades pueden actuar aumentando sus masas vegetales en forma de parques, cubiertas vegetales y jardines verticales, ocupando las superficies desnudas y desaprovechadas. Además, tanto las cubiertas vegetales como los jardines verticales en fachadas cumplen una importante función termorreguladora del edificio donde se encuentran, contribuyendo a la reducción de su consumo energético y de sus emisiones; se generan así intervenciones sinérgicas para ayudar a la ciudad en su conjunto. (Guijarro et al., 2009)

Por ello, el concepto de naturación urbana ha ganado peso en la última década, entendiéndose como tal la incorporación de la naturaleza en las ciudades, tanto de la flora como de la fauna (Briz, 1999). Este concepto surge para dar respuesta a la creciente demanda de realizar una transición ecológica y a la vez satisfacer a una sociedad cada vez más concienciada con la necesidad de estar rodeada de un entorno más natural, más agradable. El biólogo especializado en sociobiología, Edward Osborne Wilson, ya afirmaba en su libro *"Biofilia"* (1989) que el contacto del humano con la naturaleza está directamente relacionado con un aumento de su satisfacción y felicidad diaria, y por ende con un estado psicológico y físico positivo. Esta idea, refuerza la necesidad de la sociedad de llevar un proceso de cambio mediante la naturación urbana y a encontrar un equilibrio entre un entorno antropizado y el medio natural.

Otro concepto interesante y ligado a la naturación urbana es la arquitectura bioclimática, que consiste en el diseño de edificios teniendo en cuenta las condiciones climáticas, para reducir los impactos ambientales y el consiguiente gasto de energía. Este concepto se ha utilizado a lo largo de la historia, como se puede apreciar en la arquitectura vernácula de diferentes lugares del mundo (Ilustración 2). Dentro de la arquitectura bioclimática, la vegetación de fachadas mediante jardines verticales es una estrategia fundamental y cada vez más utilizada. (Olivieri, 2009).



Ilustración 2. Ejemplos históricos de arquitectura bioclimática

La importancia de introducir la naturación urbana y la arquitectura bioclimática en las urbes se está haciendo patente y cada vez son más los países y ciudades que están adaptando su legislación y sus estrategias de actuación a estos aspectos: En Francia, la Asamblea Nacional ha decidido que los nuevos edificios deben contar todos con una azotea verde; en Japón se han acelerado los trámites burocráticos para actuaciones de esta naturaleza; en Alemania, los edificios que cuentan con cubiertas o fachadas vegetalizadas reciben rebajas fiscales; o en ayuntamientos de ciudades como Toronto o Chicago que están haciendo un énfasis especial en llevar a cabo un proceso de naturación urbana, premiando y motivando este tipo de intervenciones. (de Felipe, 2018).

Como conclusión, las ciudades españolas también deberían unirse la vía de la transición ecológica y de la naturación urbana. Promover este tipo de actuaciones es el único camino factible para equilibrar los ecosistemas urbanos y crear espacios resilientes en estos entornos. Las ciudades deben ofrecer calidad de vida, ser ciudades verdes. Esta debe ser una reivindicación prioritaria de la ciudadanía del presente y del futuro.

## **2. Objeto del Proyecto**

### **2.1. Objetivo del Proyecto**

El presente Proyecto tiene como objetivo el diseño y la construcción de un jardín vertical de 162 m<sup>2</sup>, localizado en la fachada principal del auditorio del Conservatorio Superior de Música de Valencia.

Al tratarse de una fachada con orientación sur, el jardín vertical toma un papel fundamental como regulador térmico del edificio, creando un efecto tampón al mitigar el aumento de temperatura ocasionado por la energía radiante que impacta sobre la fachada a lo largo del día, y reduciendo en cierta medida el consumo energético del edificio (Guijarro et al., 2009). Este hecho era uno de los requisitos fundamentales para decidir la ubicación del Proyecto, pues se pretende que el jardín tenga un beneficio medioambiental, al reducir el consumo de energía del edificio, además del que conlleva el aprovechar la fachada de un edificio, desnuda de por sí, como lugar donde asentar vegetación de cara a la absorción del CO<sub>2</sub> como sumidero de GEI y a la contribución de crear ciudades más sostenibles y en consonancia con los ODS y los principios de transición ecológica y naturación urbana planteados en el apartado anterior.

Sumado a lo anterior, el jardín debe de estar en consonancia con el lugar que ocupa y por ello el diseño ornamental del jardín debe ser exclusivo de la institución que lo acoge. La elección del Conservatorio Superior de Música como lugar donde ubicar el Proyecto no ha sido casual: el Proyectista tiene un vínculo natural con la

música y dedica gran parte de su tiempo a la práctica de este arte, siendo ésta una de sus pasiones; razón por la cual ha decidido localizar su Trabajo Final de Máster en la sede de una de las instituciones más representativas de esta disciplina. El jardín guardará en su diseño una relación directa con la música, generando así un atractivo sobre todo aquel usuario del centro y transeúnte que desee contemplar y dejarse cautivar por las sensaciones que desprende, así como por los misterios que esconde.

Por último, se procurará dotar al jardín de la máxima sostenibilidad posible. Si bien, un jardín de estas características siempre va a requerir un mantenimiento, éste tratará de reducirse al máximo para ser congruente con las premisas mostradas en los antecedentes, relativas a la sostenibilidad de las ciudades y a la forma en que esta sostenibilidad debe ser construida.

En consecuencia, este Proyecto trata de conjugar tres elementos: sostenibilidad, belleza visual y arte musical.

## *2.2. Descripción de la zona*

### **2.2.1. Localización**

El Proyecto se localiza en el Conservatorio Superior de Música de Valencia “Joaquín Rodrigo” (el cual se nombrará en posteriores ocasiones como C.S.M.V.) en la ciudad de Valencia.



Ilustración 3. Localización de la ciudad de Valencia. (Fte: Google más)

El edificio se localiza en la Calle de Ricardo Muñoz Suay (46013, Valencia), en la latitud 39 27'1" N, longitud 00°21'30" O y a una altitud de 6 m.s.n.m. Dentro de los

barrios de la ciudad, se encuentra en el distrito de Quatre Carreres y en concreto en el barrio de Montolivete. El C.S.M.V se halla a escasos quinientos metros de la Ciudad de las Artes y las Ciencias, una zona de elevado atractivo turístico, por lo que un Proyecto de esta naturaleza podría suscitar un gran interés.



Ilustración 4. Localización del Conservatorio en la ciudad de Valencia. (Fte: Google maps)

Como ya se ha mencionado, el lugar escogido para ubicar el jardín vertical es la fachada principal del auditorio del C.S.M.V., la cual se muestra en la parte izquierda de la Ilustración 5. En concreto, el jardín ocupará el espacio rectangular que queda libre entre las letras que señalan la institución que acoge el edificio y la única ventana que posee la fachada. Esto deja un espacio libre para colocar un tapiz vegetal de 9 m de alto por 18 m de ancho, ocupando el jardín los ya mencionados 162 m<sup>2</sup> cuadrados de superficie.



Ilustración 5. Imagen del edificio. (Fte: Google maps)

## 3. Condicionantes del Proyecto

### 3.1. Condicionantes físicos

#### 3.1.1. Estudio climático

Los datos climáticos utilizados corresponden a una serie de 30 años (1988-2018) que han sido obtenidos de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), en concreto de la estación de observación 8416, situada en el centro de la ciudad de Valencia, en la latitud 39° 28' 31" N, longitud 0° 22' 32" O. a 16 m.s.n.m. La estación se encuentra a 2 km de distancia del lugar donde se localiza el proyecto y es la estación más cercana al lugar con posibilidad de ofrecer una serie tan larga con datos de carácter público.

Los datos con los que se ha trabajado se pueden consultar en el Anejo I *Estudio climático*, donde también se justifica todo el proceso por el cual se ha llegado a las clasificaciones y evidencias que en este apartado se resumen.

A continuación, se muestra el diagrama ombrotérmico que se ha realizado con los datos de temperatura media mensual y de precipitación media total mensual. En él se aprecia que los meses de verano son los más críticos, y es durante esos meses que habrá que cuidar especialmente el riego del jardín para asegurar su pervivencia.

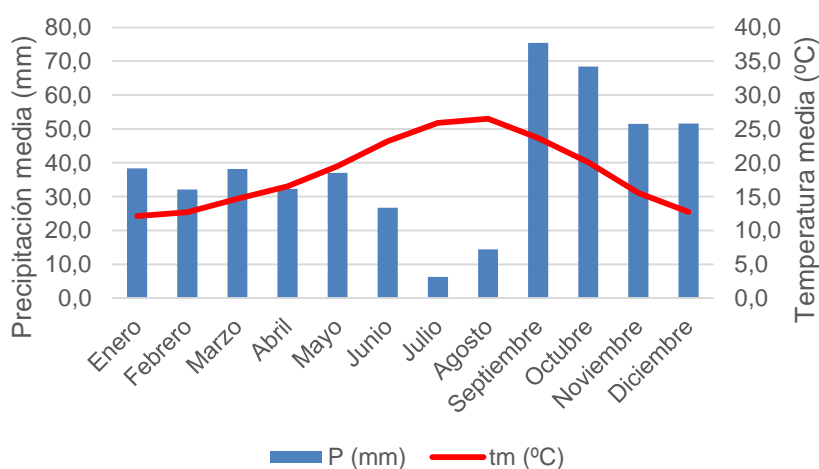


Ilustración 6. Diagrama ombrotérmico

También se ha recurrido a cuatro clasificaciones climáticas, halladas a partir de los datos consultados, con el fin de comprender correctamente las características del lugar donde se localiza el proyecto. Se puede consultar el ya citado Anejo I *Estudio climático* donde se justifica y se explica con más detalle los procesos y cálculos que han dado como resultado estas clasificaciones. En resumen, los resultados obtenidos son:

- *Pisos bioclimáticos de Rivas - Martínez: Piso Termomediterráneo*
- *Ombroclimas de Rivas - Martínez: Ombroclima seco*
- *Clasificación de Köppen: Estepa cálida (BSh)*

- *Clasificación de Allue: región IV3, de orden 2 → “zona de mediterráneo genuino cálido y seco con inviernos tibios”.*

### 3.1.2. Estudio de la calidad del agua de riego

La ciudad de Valencia cuenta con una red de agua de baldeo para el riego de parques y jardines, que será la que se utilizará en el presente proyecto con el fin de evitar utilizar el agua potable y además aprovechar el abastecimiento que ya hace de ella el C.S.M.V para sus zonas ajardinadas.

El análisis que se ha empleado para el estudio del agua procede del Ayuntamiento de Valencia, en concreto del Servicio Laboratorio Municipal y del Medio Ambiente y sus resultados pueden consultarse en el Anejo II *Estudio de la calidad del agua de riego*, así como el estudio completo de la calidad del agua de riego y la justificación de las afirmaciones que aquí se realizan.

A partir del análisis del agua mentado, se ha calculado el **RAS ajustado** que tiene un **valor de 2,29**; un valor aceptable. Se ha hallado la concentración de sales totales en el agua, que tiene un valor de 0,6 g/l; por lo que no alcanza umbrales preocupantes pero se debe tener en cuenta. También se ha determinado que se trata de un **agua dura**, según la clasificación tras el cálculo de los Grados Hidrométricos Franceses de Dureza. Por lo demás, no presenta problemas de carbonatos ni de fitotoxicidad por sodio, cloro o boro.

Según la norma Riverside, este agua de riego se clasifica como de tipo C3 – S1, lo cual según esta norma implica elevados contenidos de sales en el agua, aunque puede ser utilizada como agua de riego (C3), y un bajo contenido de sodio lo que la hace óptima para su utilización de riego en este sentido (S1). (Richards, 1954).

### 3.1.3. Estudio de soleamiento

Para diseñar un jardín vertical es fundamental contar con un estudio de soleamiento que permita observar cómo se comporta la radiación solar sobre la fachada objeto del proyecto. Este estudio se puede ver en detalle en el Anejo III *Estudio de soleamiento*. Para realizar este estudio se ha utilizado un programa informático muy conocido en el mundo de la arquitectura: Rhinoceros 3D, que junto a su *plugin* Vray, permite observar cómo afecta la luz solar en cualquier parte del globo. Con él, se han sacado instantáneas donde se aprecia cómo se comporta la luz solar sobre la fachada objeto del proyecto a lo largo del día en los equinoccios y los solsticios.

Con las imágenes exportadas se observa que la fachada recibe radiación solar todas las mañanas, si bien el número de horas es menor en verano que en invierno: desde los primeros rayos de sol hasta las 14h en pleno verano y hasta las 16h en

invierno, hallándose entre estos dos valores en los equinoccios (que se pueden consultar en el citado Anejo III). Aunque recibe una gran cantidad de horas de luz en el solsticio de verano, que es cuando se van a presentar los mayores problemas de insolación, sin embargo es el momento del año que antes se queda en sombra la fachada sobre la que se proyecta el jardín, por lo que es un aspecto positivo con el que trabajar. Asimismo, las plantas introducidas, que habrán sido escogidas para aguantar una elevada insolación, en diciembre recibirán más horas de luz de tarde lo que será beneficioso para ellas.

A continuación, se muestran las imágenes de cómo incide el sol en la fachada en los solsticios de verano (izquierda) y en el de invierno (derecha), a las 8h, 10h, 12h, 14h, 16h y 18h, de izquierda a derecha y de arriba abajo.

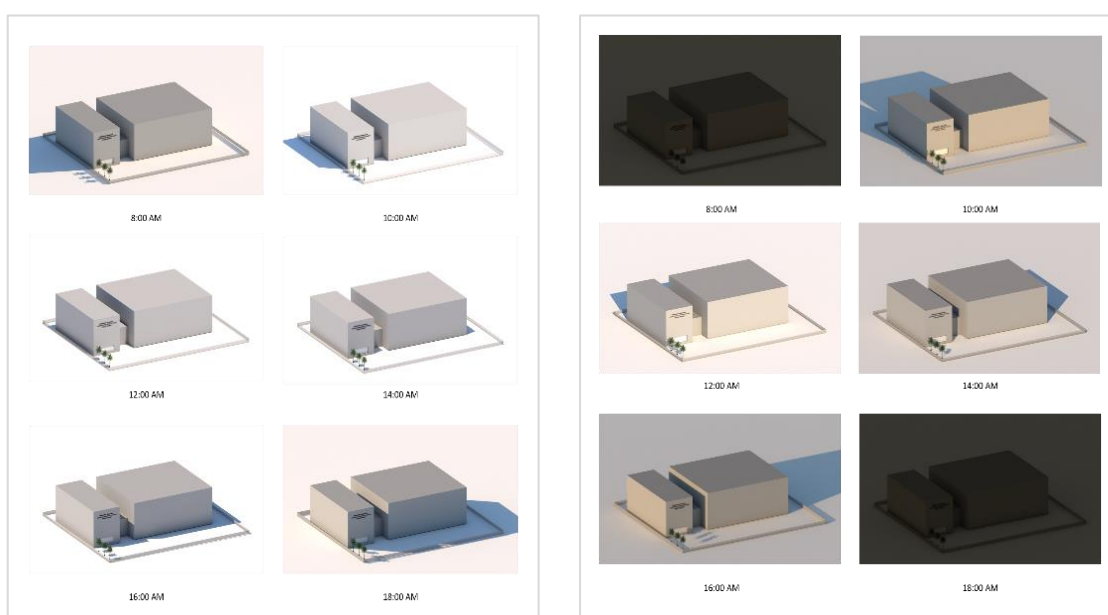


Ilustración 7. Soleamiento del C.S.M.V. en el solsticio de verano (izquierda) y en el de invierno (derecha)

### 3.2. Condicionantes legales

Se han tomado unas normas de referencia, entre el amplio abanico jurídico de aplicación en este tipo de contratos, para que la ejecución de las labores descritas en el presente Proyecto se desarrolle con los criterios de legalidad, calidad y sostenibilidad adecuados. Para ello, una parte de la legislación aplicable es la siguiente:

- *Ley 1/2019 de 5 de febrero, de Ordenación del Territorio, Urbanismo y Paisaje, de la Comunidad Valenciana.*
- *Ley 7/85 de 2 de abril, reguladora de las Bases de Régimen Local que en su redacción en el art. 25.2 prevé que “el municipio ejercerá, en todo caso, competencias, en los términos de la legislación del Estado y de las Comunidades Autónomas, en las siguientes materias: [ ] d) parques y jardines.” , dando la competencia de*

*conservación de estas zonas verdes a los municipios, y en este caso del Pliego de Prescripciones Técnicas que se redacta, a la corporación municipal de Valencia, localidad donde se desarrollaría esta actuación de restauración paisajística que expresamos en el presente Proyecto.*

- *Ley 16/2002, de 1 de julio, de Prevención y Control Integrados de la Contaminación, siempre que el objeto del contrato afecte o pueda afectar al medio ambiente, aplicando criterios de sostenibilidad y protección ambiental, de acuerdo con las definiciones y principios regulados en los artículos 3 y 4 de esta ley.*
- *Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.*
- *Ordenanza de abastecimiento de aguas publicada en el BOP el 15 de julio de 2015.*
- *Real Decreto 1201/2002, de 20 de noviembre, por el que se regula la producción integrada de productos agrícolas y redactado al amparo de las Órdenes de 26 de julio de 1983 y de 17 de noviembre de 1989, del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, donde se trata de promocionar la aplicación de técnicas de cultivo que se aproximan a la lucha integrada en cuanto a los tratamientos fitosanitarios.*

## **4. Descripción del Proyecto**

### **4.1. Elección del sistema de soporte y sustrato**

Existen numerosos sistemas de jardín vertical pero las variaciones que presentan son mínimas y se diferencian más por el sistema de riego, de fertilización o de sustrato utilizado, sin llegar a constituir diferentes como sistema en sí. Por tanto, tal y como se detalla a continuación, se puede diferenciar principalmente dos sistemas de jardín vertical: utilizando geotextiles tipo hidropónicos o utilizando módulos a modo de maceta (se excluyen los jardines verticales con plantas trepadoras).

El primero se hizo muy popular con la ejecución del proyecto del jardín vertical del Caixa Fórum de Madrid, obra del botánico Patrick Blanc. Sin embargo, estos sistemas hidropónicos en grandes superficies requieren un fertirriego constante y el más mínimo fallo de estos sistemas en verano, aunque sea de unas pocas horas, puede acarrear graves problemas al jardín. En un clima como el valenciano y con la elevada insolación del jardín debido a su orientación sur, mencionada en el apartado anterior, las consecuencias podrían ser fatales. Todo esto se puede solventar con un control tecnificado, pero ello vuelve a incrementar los costes de ejecución y de mantenimiento



y no todos los clientes pueden asumir ese gasto, como ocurrió con el jardín vertical sobre geotextiles de Paterna, que fue abandonado por su elevado coste de mantenimiento.



Ilustración 8. Ejemplo de abandono de un jardín vertical con sistema geotextil (Fte: Google maps)

La ventaja del sistema modular es que se basa en plantar en módulos que hagan las veces de macetas, con sustrato natural. De esta manera, la planta puede aguantar espacios de tiempo más largos sin regar (a diferencia de los geotextiles), incluso varios días, si se produce algún problema en el riego pues el sustrato puede mantener humedad y nutrientes retenidos; da tiempo a observar el fallo y a solucionarlo antes de que se mueran las plantas o al menos gran parte de ellas y es una opción mucho más sostenible y asequible desde el punto de vista del mantenimiento.

Las dos alternativas son presentadas y detalladas en el Anejo IV *Elección del sistema de soporte y sustrato* y, entre ellas, se decidió elegir el sistema modular basado en gaviones de malla electrosoldada, que permite introducir sacos de polipropileno con los que rellenar los módulos de sustratos natural, reduciendo los costes de mantenimiento y la complejidad del manejo frente a sustratos artificiales, siguiendo en línea con los criterios de sostenibilidad del Proyecto.



Ilustración 9. Ejemplo de sistema modular con gaviones y sustrato natural en saco (Fte: Viveros El Ciprés)

Los gaviones seleccionados son de dimensiones 50x30x20 cm y se colocarán en filas, dejando 10 cm de hueco entre cada fila para poder manejar los gaviones, y acceder a la parte superior de la maceta donde se encuentra el riego y el sustrato al descubierto, etc. Esto supone que cada gavión ocupará una superficie de 50x40 cm (contando con este hueco) por lo que en el jardín habrá treinta y seis columnas en sus 18 m de ancho, correspondiente al ancho de la fachada, y veintidós filas de gaviones en sus 9 m de alto, restando 30 cm de alto para el receptor de agua drenada que se debe colocar debajo del todo.

Los gaviones se cubrirán en su parte frontal exterior con paneles de brezo, para naturalizar la cara visible del jardín y no mostrar un jardín de acero cuando las plantas no estén desarrolladas, aportando así armonía visual.

El sustrato que se utilizará será un sustrato universal de características definidas en el Anejo mencionado.

El sustrato que se ha elegido para el jardín debe ser un sustrato universal de bajo peso y de granulometría fina y homogénea, con buena capacidad de retención de agua y aireación elaborado a partir de turba rubia de *sphagnum*, cortezas de pino finas compostadas, compost vegetal y perlita, además de contar con un elevado contenido de ácido fúlvicos y húmicos. Sus características técnicas pueden ser observadas en el mentado Anejo. Con el sustrato se mezclará un abono de liberación lenta (NPK 14-14-14) en cantidades de 1 kg/m<sup>3</sup> de sustrato y un hidrogel retenedor de agua similar al distribuido por *Stockosorb*, con certificación de seguridad ambiental y biodegradable que sirve para evitar encharcamientos y del cual se mezclará 1,3 kg/m<sup>3</sup> de sustrato.

## 4.2. Especies vegetales seleccionadas

Para que la composición guarde consonancia con la localización del proyecto, el Conservatorio Superior de Música de Valencia, se ha decidió escoger doce géneros botánicos para formar el jardín, haciendo homenaje a cada una de las doce notas musicales (siete naturales y cinco alteradas) que se utiliza en la música occidental desde el siglo XIX, según la escala cromática de temperamento igual. (Nuño, 2013).

La selección de los géneros se ha realizado a partir de los estudios realizados en los tres primeros anejos acerca del clima, el agua de riego y el soleamiento de la fachada. Con ellos, se han escogido géneros que poseen especies vegetales adaptadas a estas situaciones y que se pueden encontrar en la naturaleza o en jardines con condiciones similares y que aportan características visuales y/u olfativas que enriquecen el jardín.

Como ya se ha comentado, se han escogido doce géneros en homenaje a las doce notas musicales y se ha decidido crear una relación entre cada uno de los géneros botánicos escogidos y cada una de las notas musicales existentes. Esta correspondencia se ha realizado ordenando los géneros por orden alfabético y las

notas musicales comenzando por Do, pues es la nota considerada la base del sistema tonal debido a que es la única cuya escala mayor no posee alteraciones, según el sistema que se emplea actualmente en occidente.

Tabla 1. Lista de géneros botánicos con su familia y su nota musical correspondiente

Género	Nota musical
<i>Begonia</i>	Do
<i>Capparis</i>	Do#/Reb
<i>Cistus</i>	Re
<i>Dianthus</i>	Re#/Mib
<i>Festuca</i>	Mi
<i>Lantana</i>	Fa
<i>Lavandula</i>	Fa#/Solb
<i>Mesembryanthemum</i>	Sol
<i>Pentas</i>	Sol#/Lab
<i>Salvia</i>	La
<i>Thymus</i>	La#/Sib
<i>Verbena</i>	Si

Dentro de los géneros expuestos, se han buscado aquellas especies vegetales que se pueden encontrar en viveros cercanos, con flores llamativas y algunas aromáticas con olores especiales que inunden el entorno del jardín. A continuación, se muestra una lista de las especies seleccionadas, que suman un total de veintiséis. En el Anejo V *Especies vegetales seleccionadas* se puede ver un catálogo fotográfico de las especies, sacadas todas del catálogo personal del Proyectista.

Tabla 2. Lista de especies seleccionadas y la familia a la que pertenecen

ESPECIE	FAMILIA
<i>Begonia elatior</i>	<i>Begoniaceae</i>
<i>Begonia semperflorens</i>	<i>Begoniaceae</i>
<i>Capparis spinosa "inermis"</i>	<i>Capparaceae</i>
<i>Cistus albidus</i>	<i>Cistaceae</i>
<i>Cistus salviifolius</i>	<i>Cistaceae</i>
<i>Dianthus barbatus</i>	<i>Caryophyllaceae</i>
<i>Dianthus caryophyllus "mini"</i>	<i>Caryophyllaceae</i>
<i>Dianthus deltoides</i>	<i>Caryophyllaceae</i>
<i>Festuca glauca</i>	<i>Poaceae</i>
<i>Lantana delicatissima "alba"</i>	<i>Verbenaceae</i>
<i>Lantana montevidensis</i>	<i>Verbenaceae</i>
<i>Lantana delicatissima "sellowiana"</i>	<i>Verbenaceae</i>
<i>Lavandula dentata</i>	<i>Lamiaceae</i>
<i>Lavandula latifolia</i>	<i>Lamiaceae</i>
<i>Lavandula stoechas</i>	<i>Lamiaceae</i>

ESPECIE	FAMILIA
<i>Mesembryanthemum</i> spp.	Aizoaceae
<i>Pentas lanceolata</i>	Rubiaceae
<i>Salvia amistad "mexicana"</i>	Lamiaceae
<i>Salvia chamaedroides</i>	Lamiaceae
<i>Salvia farinacea</i>	Lamiaceae
<i>Salvia greggi "alba"</i>	Lamiaceae
<i>Salvia nemerosa</i>	Lamiaceae
<i>Salvia royal "bumble"</i>	Lamiaceae
<i>Thymus vulgaris</i>	Lamiaceae
<i>Thymus zygis</i>	Lamiaceae
<i>Verbena repens</i>	Verbenaceae

### 4.3. Diseño ornamental del jardín

A partir de la relación creada entre géneros botánicos y notas musicales, se decidió que la distribución de las especies en el jardín también tuviese una conexión musical y que no quedase esta relación como una simple anécdota sino que la música se encontrase en el alma del jardín.

Por ello, para decidir cómo se distribuyen las especies en el jardín se ha decidido utilizar esta relación creada y ciertas bases de la teoría musical. Cada gavión contendrá varios ejemplares de una única especie y por tanto de un único género, por lo que cada gavión equivale a una nota musical. Con esta premisa, se tomó la decisión de que cada tres gaviones consecutivos de una misma columna (salvo las cuatro últimas columnas, cuya excepción se explica en el Anejo VI) formarían un acorde tríada (de tres notas), es decir un grupo. El último paso era decidir cómo distribuir estos acordes o grupos de gaviones y para ello, se recolectaron una serie de progresiones musicales típicas de la armonía de la música occidental. Son progresiones que han creado numerosas canciones, clásicas y modernas, repartidas por el mundo y que todas las personas han escuchado en algún momento de sus vidas; series de frecuencias que evocan diferentes emociones en los seres humanos.

Con estas tres relaciones, se obtuvo lo que se denominó **diseño armónico del jardín**, donde cada especie o nota musical ocupaba un lugar por una razón. La justificación detallada de este diseño, así como los esquemas donde se muestra cómo evoluciona el diseño pasando por la ubicación de las progresiones, de los acordes, de las notas musicales y por último de las especies vegetales (Tabla 3), se puede consultar en el Anejo VI *Diseño ornamental del jardín*.

A continuación, se muestra el diseño armónico del jardín, donde aparece el lugar que ocupa cada una de las especies. Los colores no son relevantes en cuanto a la distribución de las especies y si se quiere comprender en profundidad conviene acudir al anteriormente citado Anejo VI. Basta con saber que las filas coloreadas forman

grupo con las dos siguientes, hasta que vuelve a haber una nueva columna coloreada; y que las últimas cuatro filas van juntas pues son acordes que se componen de cuatro notas en vez de tres como las anteriores.

Se muestra también la leyenda del esquema pues, para no poner todos los nombres que ocuparían mucho espacio, se han asignado dos número a cada especie: el primero va del 1 al 12 y refiere al género y, por tanto, a las notas musicales (como se aprecia, va cambiando conforme cambia el género); el segundo número sirve para diferenciar la especie dentro del género, dando tantos valores como especies haya dentro del género.

Tabla 3. Leyenda de la correspondencia entre especie y número en el esquema final

Especie vegetal	Número asignado	Nota musical
<i>Begonia elatior</i>	1.1	Do
<i>Begonia semperflorens</i>	1.2	Do
<i>Capparis spinosa "inermis"</i>	2.1	Do#/Reb
<i>Cistus albidus</i>	3.1	Re
<i>Cistus salviifolius</i>	3.2	Re
<i>Dianthus barbatus</i>	4.1	Re#/Mib
<i>Dianthus caryophyllus "mini"</i>	4.2	Re#/Mib
<i>Dianthus deltoides</i>	5.1	Re#/Mib
<i>Festuca glauca</i>	6.1	Mi
<i>Lantana delicatissima "alba"</i>	6.2	Fa
<i>Lantana montevidensis</i>	6.3	Fa
<i>Lantana delicatissima "sellowiana"</i>	6.4	Fa
<i>Lavandula dentata</i>	7.1	Fa#/Solb
<i>Lavandula latifolia</i>	7.2	Fa#/Solb
<i>Lavandula stoechas</i>	7.3	Fa#/Solb
<i>Mesembryanthemum spp.</i>	8.1	Sol
<i>Pentas lanceolata</i>	9.1	Sol#/Lab
<i>Salvia amistad "mexicana"</i>	10.1	La
<i>Salvia chamaedroides</i>	10.2	La
<i>Salvia farinacea</i>	10.3	La
<i>Salvia greggi "alba"</i>	10.4	La
<i>Salvia nemerosa</i>	10.5	La
<i>Salvia royal "bumble"</i>	10.6	La
<i>Thymus vulgaris</i>	11.1	La#/Sib
<i>Thymus zygis</i>	11.2	La#/Sib
<i>Verbena repens</i>	12.1	Si

Tabla 4 Distribución de especies vegetales

Filas / Columnas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
1	1.1	6.2	8.1	11.1	8.1	6.1	6.1	4.1	9.1	2.1	7.1	8.1	5.1	3.1	2.1	11.1	10.4	10.1	8.1	3.1	10.1	3.1	8.1	1.2	1.1	8.1	6.3	6.3	1.2	8.1	1.1	8.1	1.2	6.4	11.2	6.4
2	5.1	10.3	12.1	3.2	11.1	10.2	10.2	7.1	1.1	6.2	10.6	12.1	9.1	7.2	6.1	3.2	2.1	2.1	12.1	7.2	1.2	6.2	12.1	5.1	5.1	12.1	10.4	10.4	5.1	12.1	5.1	12.1	5.1	10.3	3.1	10.3
3	8.1	1.2	3.2	6.3	3.2	1.1	1.2	11.2	4.1	9.1	2.1	3.1	12.1	10.6	9.1	6.3	5.1	5.1	3.1	10.1	5.1	10.5	3.1	8.1	8.1	3.2	1.2	1.2	8.1	3.1	8.1	3.1	8.1	1.1	6.2	1.2
4	12.1	5.1	2.1	7.3	12.1	7.2	9.1	4.2	5.1	12.1	5.1	7.3	10.5	5.1	6.3	1.1	10.5	5.1	6.2	1.2	6.2	6.2	5.1	1.1	9.1	6.4	4.2	4.2	7.1	12.1	4.1	4.1	5.1	2.1	11.1	10.5
5	4.1	9.1	6.4	11.2	4.1	11.2	1.2	7.3	9.1	4.2	9.1	11.1	2.1	9.1	9.1	5.1	2.1	9.1	9.1	5.1	9.1	10.1	9.1	5.1	12.1	9.1	8.1	8.1	10.3	4.1	8.1	7.2	9.1	6.1	2.1	2.1
6	7.1	12.1	9.1	2.1	7.3	2.1	4.2	11.1	12.1	7.2	12.1	2.1	5.1	12.1	1.1	8.1	5.1	12.1	1.2	8.1	1.1	1.2	12.1	8.1	4.1	1.1	11.1	11.1	2.1	7.1	11.2	11.2	12.1	9.1	6.2	5.1
7	7.2	6.1	3.2	1.2	8.1	12.1	6.2	11.1	4.1	4.1	11.1	9.1	9.1	4.2	11.1	4.2	11.1	4.2	9.1	1.2	9.1	3.1	8.1	5.1	10.4	3.1	10.2	12.1	7.2	8.1	3.1	8.1	10.6	6.3	1.2	2.1
8	11.2	10.5	7.1	5.1	12.1	3.1	9.1	3.2	8.1	8.1	3.2	1.2	1.2	8.1	3.1	8.1	3.1	8.1	1.1	5.1	1.1	7.3	12.1	9.1	2.1	7.2	2.1	3.2	10.3	12.1	7.1	12.1	2.1	10.6	5.1	5.1
9	2.1	1.1	10.5	8.1	3.1	7.2	1.2	6.2	11.2	11.2	6.3	4.1	4.1	11.1	6.2	11.2	6.2	11.2	4.2	8.1	4.2	10.2	3.1	12.1	5.1	10.2	5.1	7.3	2.1	3.2	10.1	3.2	5.1	1.2	8.1	9.1
10	9.1	6.1	1.2	2.1	9.1	2.1	12.1	5.1	7.1	3.1	12.1	6.3	6.3	4.1	7.3	2.1	3.2	4.2	1.1	5.1	4.2	1.2	12.1	2.1	12.1	7.1	1.1	6.1	11.2	4.2	4.2	11.2	9.1	11.1	4.1	11.1
11	1.2	10.5	5.1	5.1	1.1	5.1	4.1	9.1	11.2	7.2	3.2	10.6	10.6	7.3	11.2	6.2	6.2	8.1	5.1	8.1	8.1	5.1	4.2	6.1	4.2	11.1	4.1	9.1	3.1	8.1	8.1	3.2	1.2	3.2	8.1	3.1
12	4.1	1.2	8.1	9.1	4.1	9.1	7.1	12.1	2.1	10.6	7.3	1.1	1.1	11.2	2.1	9.1	10.3	11.2	8.1	12.1	11.2	8.1	7.1	10.4	7.1	2.1	8.1	1.2	6.3	11.1	11.1	6.4	4.2	6.4	11.2	6.3
13	4.1	11.1	4.1	9.1	2.1	9.1	10.4	3.2	12.1	5.1	10.6	5.1	7.3	2.1	3.1	10.3	3.1	5.1	1.1	8.1	9.1	4.2	1.2	8.1	9.1	4.1	9.1	2.1	7.2	9.1	12.1	9.1	7.1	7.1	10.4	3.2
14	8.1	3.2	8.1	1.1	6.4	1.2	2.1	7.2	4.2	10.1	2.1	9.1	11.2	5.1	7.1	2.1	7.1	9.1	5.1	12.1	12.1	8.1	5.1	12.1	12.1	8.1	12.1	6.1	9.1	1.1	4.2	1.2	11.2	11.2	1.1	7.1
15	11.1	6.3	11.1	4.1	9.1	4.1	5.1	10.3	7.3	12.1	5.1	12.1	2.1	9.1	10.4	5.1	10.1	12.1	8.1	3.2	4.2	11.2	8.1	3.1	4.1	11.2	4.1	9.1	1.2	4.2	7.2	4.2	2.1	2.1	5.1	10.2
16	8.1	11.1	12.1	9.1	1.1	12.1	9.1	8.1	8.1	6.3	1.2	7.2	2.1	5.1	11.1	11.1	5.1	3.2	3.2	11.2	5.1	11.2	5.1	11.1	3.2	9.1	3.2	10.5	3.1	12.1	5.1	10.4	5.1	6.3	2.1	3.1
17	12.1	2.1	4.2	1.2	4.2	3.2	1.1	12.1	12.1	10.1	5.1	10.1	5.1	9.1	3.1	3.1	9.1	7.3	7.3	3.2	9.1	3.2	9.1	3.2	7.3	1.1	7.3	2.1	7.1	4.1	9.1	2.1	9.1	9.1	5.1	7.2
18	3.1	6.3	7.2	4.2	8.1	7.3	4.1	3.1	3.1	1.2	8.1	2.1	9.1	12.1	6.4	6.4	12.1	10.4	10.4	6.1	12.1	6.1	12.1	6.4	10.2	4.2	10.5	5.1	10.5	7.3	12.1	5.1	12.1	1.1	9.1	10.2
19	10.6	7.2	8.1	7.2	6.2	10.6	6.2	8.1	2.1	11.2	4.2	9.1	2.1	7.2	4.2	7.2	4.2	9.1	5.1	2.1	2.1	1.2	12.1	8.1	4.1	6.4	1.1	10.1	3.2	8.1	1.1	10.5	7.1	9.1	6.2	11.1
20	2.1	11.2	11.2	11.2	10.6	1.2	10.3	12.1	6.4	3.2	7.2	1.1	6.1	11.1	8.1	11.1	8.1	1.1	9.1	6.4	5.1	5.1	4.2	11.2	8.1	9.1	4.1	2.1	6.4	12.1	4.2	2.1	11.2	12.1	10.3	2.1
21	5.1	2.1	3.1	2.1	1.2	5.1	1.1	3.2	9.1	6.1	11.1	4.2	9.1	2.1	11.1	2.1	11.1	4.2	12.1	9.1	9.1	8.1	7.3	3.2	11.2	1.1	8.1	5.1	10.1	3.1	8.1	5.1	2.1	4.1	1.1	6.1
22	10.2	5.1	8.1	7.1	6.4	10.2	4.1	8.1	2.1	9.1	4.1	7.1	2.1	7.3	2.1	7.3	2.1	9.1	3.2	12.1	2.1	11.1	12.1	8.1	2.1	6.1	1.1	8.1	3.1	6.1	1.1	8.1	5.1	9.1	4.1	11.1

### 4.4. Estructura metálica portante

Para sujetar los gaviones que componen el jardín vertical se ha decidido construir una estructura metálica independiente del edificio pero anclado a su fachada. De esta forma, la estructura estará fijada a la fachada pero sin trasladar en ella el enorme peso que supone el jardín. Además, se crea un hueco entre el jardín y la fachada que permite la aireación y previene en mayor medida la entrada de humedad, aunque se impermeabilizará la fachada con tela asfáltica como se menciona en el Anejo VII *Cálculo estructural*.

Para el cálculo y dimensionado de la estructura metálica, se ha utilizado la herramienta informática CYPE 3D. En el recién citado Anejo VII, se muestran las dos alternativas planteadas y los cálculos que verifican la idoneidad de los perfiles utilizados en la solución adoptada, así como otros detalles como por ejemplo cómo se calcularon los pesos del jardín que debía soportar la estructura.

El diseño de estructura que se va a utilizar se muestra en la siguiente Ilustración. Consta de siete pilares de acero laminado S275JR perfil IPE 120 y de veintidós travesaños (uno por cada fila de gaviones) de acero conformado S275 tubular hueco de dimensiones 100x50x4,5 mm. Los tres pilares centrales han sido colocados de tal forma que coinciden con los montantes de los marcos de la ventana que se halla en la fachada, con el fin de guardar una armonía con el edificio y sus usuarios.

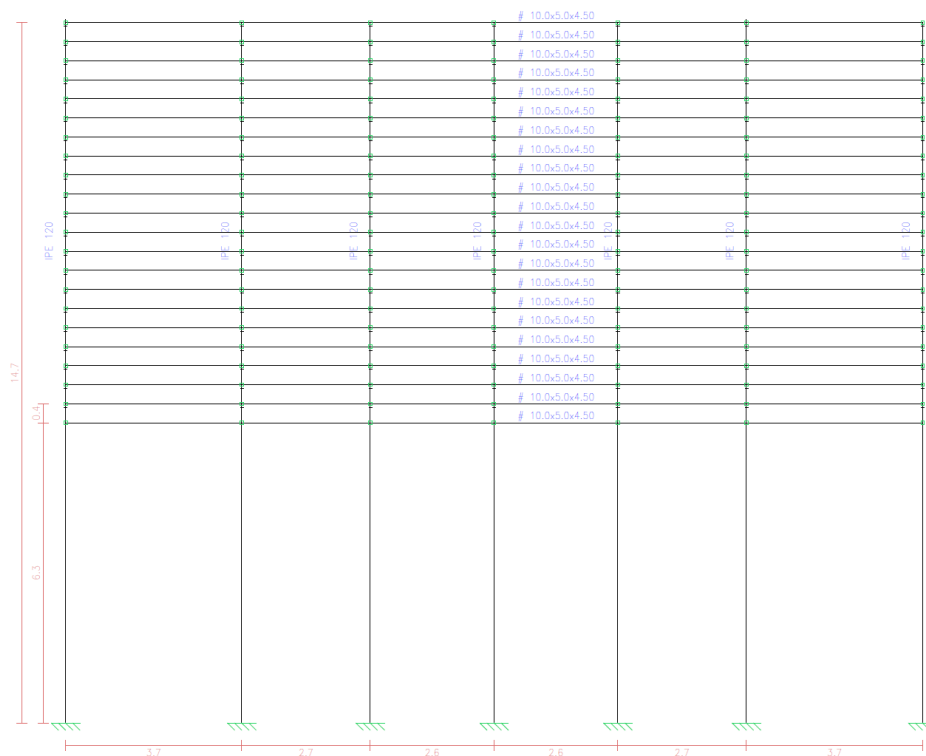


Ilustración 10. Estructura metálica portante con cotas y descripción de los perfiles

Los gaviones irán colgados de unos enganches en forma de “U” soldados a los travesaños de la estructura metálica y se colocará una fina barra debajo cuya única función será evitar el vuelco del gavión haciendo de tope, como se puede apreciar en el Plano 2.

La estructura estará fijada al suelo por una zapata corrida de hormigón a lo largo de los 18 m de largo de la estructura. Como el terreno sobre el que se va a fijar la estructura es un terreno ya preparado para edificaciones, la capacidad portante del terreno oscila entre 1,5 y 2 kg/cm<sup>2</sup> y en el caso más desfavorable 1 kg/cm<sup>2</sup>. Tomando del pilar más desfavorable su axil de compresión solicitante de cálculo pésimo, se ha decidido utilizar una zapata de corrida de 0,6 m de ancho y una profundidad de 0,8 m bajo el suelo, como muestra la Ilustración 11. Los pilares se anclarán a ella mediante una placa metálica soldada un poco más ancha que el pilar y cuatro pernos de 20 mm de diámetro en las esquinas.

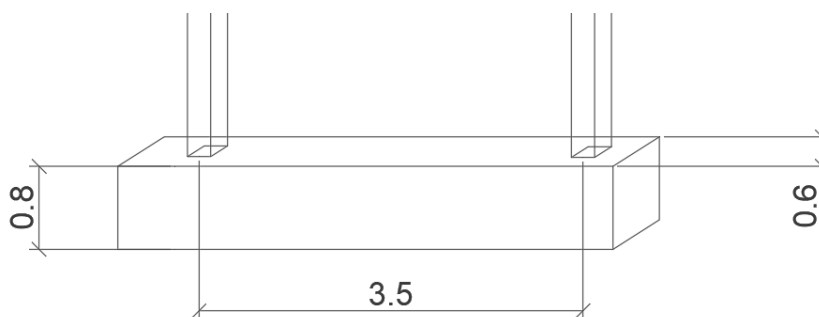


Ilustración 11. Dimensiones de la zapata y separación máxima entre pilares (metros)

Finalmente, la estructura metálica diseñada se anclará por los puntos de pilares a la fachada del edificio, en las alturas de los forjados, para asegurar la mayor estabilidad y resistencia posible.

Como añadido estético y con el fin de aportar coherencia visual a la intervención, en el espacio que queda debajo del jardín se colocarán unas planchas de chapa perforada mediante tornillos por delante de los siete pilares para ocultarlos al público del jardín. Además, al ser una chapa perforada, permitirá el paso de luz al interior del edificio a través de la única ventana que se encuentra en esa fachada (Ilustración 12), razón por la cual el diseño de chapa que se utilice debe tener una buena luz de malla; a la vez, el diseño debe ser visualmente bonito y encontrarse en armonía con el jardín sin llegar a desviar la atención del foco fundamental. A continuación, se muestra un ejemplo arquitectónico del diseño de chapa perforada que se utilizaría, el cual tiene un entramado caótico con diferentes formas y grosores que bien podría simular que son las raíces del jardín.



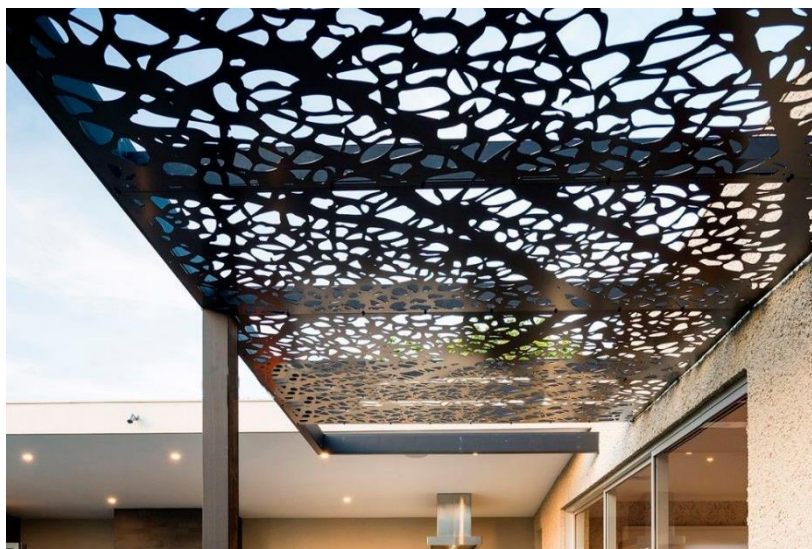


Ilustración 12. Diseño de chapa perforada a utilizar para el Proyecto

## 4.5. Diseño del sistema de riego

El riego en un jardín vertical es uno de los aspectos más importantes y cuya gestión decidirá el futuro del proyecto. El concepto de riego en un jardín de este estilo, en vertical, es diferente al riego de un jardín convencional. Las plantas están encerradas en contenedores y no tienen opción de extenderse más que en el espacio que le hemos facilitado, lo cual interesa para evitar un crecimiento excesivo y así reducir las labores de mantenimiento.

En este apartado se resumen las decisiones tomadas y los procesos pero sus justificaciones así como todos los resultados de cálculos que aquí se mencionan se pueden consultar en el Anejo VIII *Diseño del sistema de riego*.

### 4.5.1. Necesidades hídricas

Para conocer las necesidades hídricas del jardín, se ha calculado por un lado la evapotranspiración de referencia mediante el método de Peinman-Monteith (Eto) siguiendo la metodología del libro nº56 de la fao sobre la evapotranspiración del cultivo (Allen et al., 2006). Por otro lado, se ha calculado el coeficiente de jardín ( $K_j$ ) el cual surge como una modificación del coeficiente de cultivo, con el fin de calcular las pérdidas por evapotranspiración del jardín y calcular sus necesidades de riego a partir de un coeficiente de especie, de densidad y de microclima según las características del jardín (Martín et al., 2003).

Al final del presente apartado 4.5., en la Tabla 5 *Resumen de resultados*, se muestran los resultados de  $ET_o$  mensual y de las necesidades brutas del jardín según el  $K_j$  calculado de valor 0,54; si bien, en el Anejo VIII *Diseño del sistema de riego* se muestran las justificaciones de los cálculos realizados y las decisiones tomadas.

### 4.5.2. Diseño del sistema

Con las condiciones del Proyecto se ha decidido utilizar un sistema de riego localizado mediante goteros pinchados autocompensantes y antidrenantes de 1,2l/h de caudal de salida. Para dimensionar correctamente la red de riego, se han calculado los diámetros mínimos necesarios y la **presión requerida** a la salida del cabezal de riego, es decir, al inicio de la terciaria, que es de **37,1 m.c.a.** Todo este proceso de cálculo puede ser consultado en el ya mencionado Anejo VIII.

El dimensionado de la red de riego se resume en el esquema que se muestra a continuación. Al ser esquemático, en esta ilustración no aparecen las 22 filas de tuberías laterales sin embargo, puede ser consultado el Plano 5 donde aparece una representación realista.

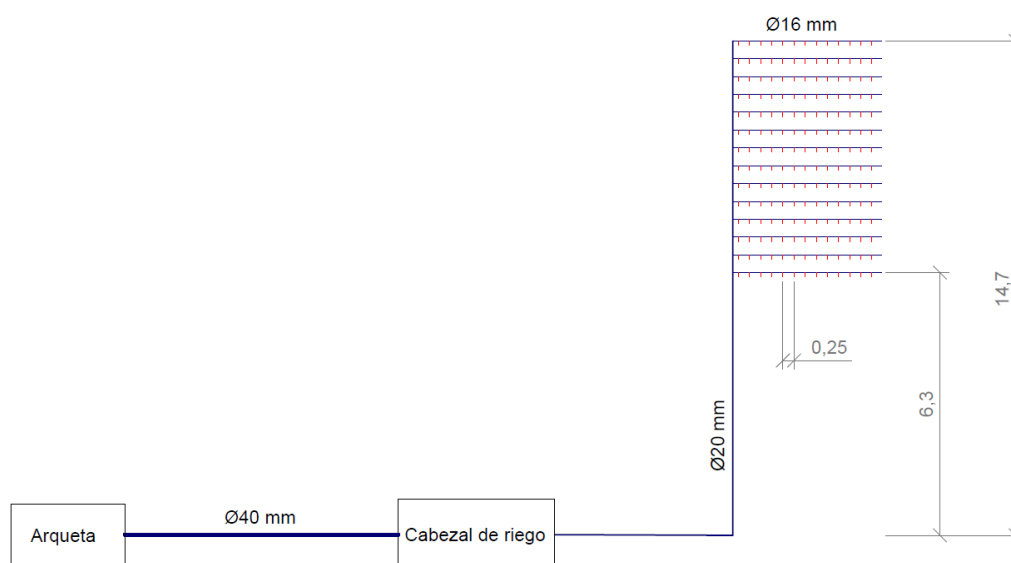


Ilustración 13. Esquema del diseño del sistema de riego

Como se puede observar en la Ilustración 13, el sistema de riego está constituido por una tubería de abastecimiento de polietileno (PE 100) de DN 40 mm que une la arqueta de riego del jardín del recinto con el inicio del cabezal de riego. A la salida del cabezal, se coloca una tubería de polietileno de baja densidad de DN 20 mm que conecta con las laterales de DN 16 mm que llevan instalados los goteros expuestos anteriormente con una separación entre ellos de 25 cm (dejando dos goteros por gavión).

### 4.5.3 Cabezal de riego

La composición del cabezal de riego se rige por el esquema y el dibujo presente en el Plano 3 *Esquema del cabezal de riego* y en el Plano 4 *Dibujo del cabezal de riego*. Los elementos que lo componen son: una electrobomba, válvulas de esfera, antirretorno y electroválvulas, filtros de malla y de anillas, un caudalímetro, un

transductor de presión, el sistema de automatización (con todos sus componentes) y el sistema de fertirriego (con todos sus componentes).

Si bien las características de estos elementos pueden ser consultadas en el citado Anejo VIII, en este documento se va a hacer una breve mención al sistema de automatización y al sistema de fertirriego, por su significancia.

El **sistema de automatización** que se va a utilizar es un sistema de telegestión inteligente similar al sistema SKYgreen® Riego específico para jardinería desarrollado por Regaber. Se trata de un sistema novedoso que permite la telegestión del sistema desde un smartphone o un ordenador, pudiendo adaptar el riego en función de las circunstancias y las condiciones de determinados días (elevadas insolaciones, fuertes vientos, un periodo de precipitaciones continuadas...). Además, el sistema puede ser conectado a un contador con emisor de impulsos, generando una alerta en caso de detectar fugas; o estar conectado al transductor de presiones para avisar de la necesidad de una limpieza del filtro, entre otras funciones extras.

En cuanto al **sistema de fertirriego**, es importante destacar que esta instalación no tiene el cometido al que se está acostumbrado en agricultura o viveros productores de alcanzar una productividad máxima. Aquí, una vez que ya está consolidada la vegetación, no interesa que crezca en exceso ya que provocaría más necesidades de poda y de control de las plantas, razón por la cual sólo se fertilizará dos veces al año. Se considera que para las condiciones del jardín y sus requerimientos, la solución óptima es encargar a una empresa la preparación de una disolución con las proporciones que ofrecen Coic – Lesaint en sus solución nutritiva (la cual se puede consultar en el citado Anejo VIII), pues es una solución estándar que, a media carga, puede servir para el mantenimiento general del jardín. Las fertilizaciones se realizarán en marzo y en julio pues, para que la planta pueda aprovechar los aportes en periodos de desarrollo y así no desperdiciarlos.

#### 4.5.4 Programación del riego

En este apartado se presentan los cálculos de dosis, frecuencia y tiempos de riego para incorporar los parámetros necesarios en el programador de riego. La programación descrita a continuación será susceptible de cambio a través del sistema de automatización del riego que se ha descrito en el apartado anterior, en función de las condiciones del día a día.

Como en puntos anteriores, la justificación de los cálculos puede consultarse en el Anejo VIII *Diseño del sistema de riego* y aquí se muestran únicamente los resultados en la Tabla 5, donde en la última columna se pueden observar los minutos que se regarán de media cada día, aunque los valores importantes y directamente relacionados con la programación del riego son la frecuencia de riegos y el tiempo de dosis de riego. En aquellos meses cuya frecuencia de riego sea superior a 1, no se regará todos los días, mientras que en los que tengan valores menores a 1 tendrán

varios riegos, siendo el caso más destacado el de julio donde casi habrá tres riegos al día debido a la elevada evapotranspiración a la que se verá sometido el jardín.

Tabla 5. Resumen de resultados

	ET <sub>o</sub> (mm)	Necesidades Brutas (mm)	Tiempo de riego (h)	Número de riegos mensuales	Frecuencia de riegos (día <sup>-1</sup> )	Tiempo dosis riego (h)	Tiempo dosis riego (min)	Tiempo medio riego al día (min)
Ene	30,7	24,6	2,1	10,8	2,9	0,19	11,4	4,0
Feb	52,7	33,6	2,8	14,7	1,9	0,19	11,4	5,9
Mar	80,5	51,3	4,3	22,5	1,4	0,19	11,4	8,3
Abr	105,6	67,3	5,6	29,5	1,0	0,19	11,4	11,2
May	140,7	89,6	7,5	39,3	0,8	0,19	11,4	14,5
Jun	160,0	101,9	8,5	44,7	0,7	0,19	11,4	17,0
Jul	178,7	113,8	9,5	49,9	0,6	0,19	11,4	18,4
Ago	164,0	104,4	8,7	45,8	0,7	0,19	11,4	16,8
Sep	123,3	78,5	6,5	34,4	0,9	0,19	11,4	13,1
Oct	85,4	54,4	4,5	23,9	1,3	0,19	11,4	8,8
Nov	52,6	33,5	2,8	14,7	2,0	0,19	11,4	5,6
Dic	38,3	24,4	2,0	10,7	2,9	0,19	11,4	3,9

#### 4.5.4. Consumo de agua del jardín

Conociendo el caudal circulante en el jardín y el tiempo de riego mensual se ha hecho un cálculo aproximado (pues la programación del riego está sujeta a cambios) del consumo anual de agua, el cual asciende a **123.142 litros**. Según la Empresa Mixta Valenciana de Aguas SA (EMIVASA) el precio del agua suministrada por la red de baja presión es de 0,469327 €/m<sup>3</sup> por lo que el gasto anual en agua, incluyendo el 10% de IVA, sería de **63,6€ al año**, sin incluir la cuota de servicio en el Proyecto, pues el sistema de riego se abastece del riego de las zonas ajardinadas del C.S.M.V. por lo que esta cuota ya forma parte de su presupuesto anual.

#### 4.5.6. Gestión del agua drenada

El agua perdida por drenaje se procurará reducir al máximo para evitar un consumo innecesario de agua en consonancia con los ODS. Aun así, se debe gestionar correctamente el agua que por drenaje llegue a la zona inferior del jardín vertical. En el caso del presente Proyecto, dado que se encuentra justo encima de una zona ajardinada se ha decidido que la forma más sencilla y económica de gestionar el agua drenada es redirigiéndola al sistema de riego de la zona ajardinada del conservatorio. Para gestionarla, se dispondrá un acumulador de agua que se vaciará cuando el agua alcance una pequeña cota, a partir de la cual se abrirá una electroválvula que enviará el agua drenada por un conducto hasta el sistema de riego del jardín, donde será reutilizada directamente.

## 4.6 Plagas y enfermedades

Las especies seleccionadas no tienen especial predisposición a ser atacadas por plagas genéricas como pulgón, cochinilla, mosca blanca, trips, araña roja, etc., ni tampoco por enfermedades comunes. Únicamente cabría la posibilidad de un ataque de caracoles o babosa que se trataría con antilímacos.

No obstante, en caso de producirse el ataque de alguna plaga o enfermedad, se trataría con algún producto específico cuya composición no contravenga la normativa sobre productos fitosanitarios vigente en ese momento.

## 5. Mantenimiento del Proyecto

El mantenimiento es uno de los aspectos más relevantes en un jardín vertical y será el que decida su futuro. Además, como se comentaba en apartados anteriores, los costes en mantenimiento son uno de los aspectos que más condicionan su viabilidad de cara a la compra por parte de un cliente. En este apartado se resumen en qué consistirá el mantenimiento, si bien se puede acudir al Anejo IX *Mantenimiento del Proyecto* donde aparece detallado las labores para cada una de las partes que componen el jardín.

En el caso de un jardín vertical, es primordial plantear y preparar la instalación para poder llevar a cabo de forma sencilla las labores básicas de mantenimiento de la vegetación como podas o recambios de ejemplares, que serán las tareas más frecuentes. Normalmente, los jardines verticales suponen un gran gasto para el Promotor debido al elevado coste que supone alquilar una grúa cada vez que se tienen que realizar simples labores de mantenimiento rutinario; máxime en el caso de este jardín que arranca a 6 m del suelo. Para evitar este sobrecoste, se ha decidido **instalar una línea de vida** en la parte superior de la fachada y unas barras de acero de 30 cm de largo cada 2 m de altura y con una separación de un metro en cada fila, que sobresalgan levemente del jardín y sirvan de apoyo para estas labores; con estos elementos se permite que entre uno o dos operarios especializados en trabajo en altura puedan realizar labores básicas como podar, cambiar los gaviones, reparar goteros etc.



Ilustración 14. Ejemplo de trabajos en altura en fachadas

Se realizarán visitas de revisión cada mes para comprobar el buen estado de la vegetación y su correcto desarrollo, así como el buen funcionamiento del sistema de riego. En caso de que en alguna revisión se encuentre alguna imperfección, se procederá a solucionarla con la mayor celeridad posible.

Se realizarán podas una vez al mes, coincidiendo con las revisiones y valorando las necesidades del jardín. En primer lugar, asistirá el ingeniero a revisar y valorar, posteriormente acudirá el experto en trabajos en altura a realizar las podas pertinentes, a no ser que el ingeniero considere que no es necesario y que puede aguantar otro mes.

En el caso de que durante alguna de las revisiones se observe alguna planta o gavión en mal estado, se procederá a su reposición inmediata con ejemplares de la misma especie y en caso de no encontrarse en viveros cercanos, el mismo género botánico. Se reutilizará el gavión y el sustrato, siempre y cuando no se noten signos de deterioro que requieran la reposición completa del gavión y su contenido.

Como ya se ha comentado, se realizarán dos fertirriegos anuales, uno en marzo y otro en julio, para asegurar el correcto desarrollo, una óptima floración y un color saludable de las plantas, ya que no se busca una producción de ningún tipo pero sí que los ejemplares se encuentren todos en un buen estado.

También se revisará el correcto funcionamiento del sistema de riego, prestando especial atención a que los goteros no están obstruidos, pues hay que tener especial cuidado al tratar con un agua rica en cal, como se obtenía por su elevada dureza en el Anejo II *estudio del agua de riego*. Para solucionarlo se tratará con ácido nítrico una vez cada tres meses, utilizando el tanque de fertilizantes que estará vacío excepto en los dos periodos de fertilización que se den al año.

## **6. Calendario de ejecución del proyecto**

Dado que el jardín se sitúa junto a la entrada principal del edificio, las obras se llevarán a cabo en verano, durante la segunda quincena de julio y todo el mes de agosto, para aprovechar el cierre del edificio y así poder realizar las tareas cómodamente y de forma segura, sin que haya cerca personas ajenas a la obra.

En este apartado se muestra un calendario de las diferentes labores que se deben llevar a cabo durante la ejecución del proyecto, el cual está previsto que dure treinta días hábiles, es decir cuarenta y dos días naturales. El calendario comienza a contar desde el día de inicio de las obras y únicamente contabiliza días de trabajo.

En caso de querer conocer en detalle las labores que se llevarán a cabo, se debe acudir al Anejo X *Programación de la ejecución del Proyecto* donde viene descrito el *modus operandi* de cada una de las tareas que se muestran en la columna de la izquierda de la Tabla 6.

Tabla 6 Calendario de ejecución del proyecto

		Días hábiles desde el inicio de las obras																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
<b>Labores previas</b>	Instalación medidas de seguridad	x																														
	Replanteo	x																														
	Retirada de paneles		x																													
	Impermeabilización de la fachada			x	x	x																										
	Línea de vida y grapas						x																									
<b>Construcción de la estructura soporte</b>	Cimentación							x	x	x	x	x																				
	Montaje de pilares												x	x	x																	
	Soldados de enganches															x	x	x														
	Soldados de travesaños																			x	x											
	Colocación de chapa perforada																															x
<b>Montaje de los gaviones</b>	Relleno de sacos																					x	x									
	Plantación en gaviones																					x	x	x	x	x	x	x	x	x		
	Colocación de gaviones																							x				x				x
<b>Instalación del riego</b>	Tuberías y goteros																					x	x		x						x	
	Acumulador drenaje																						x	x								
	Zanja arqueta - cabezal							x	x																							
	Cabezal de riego																	x	x													

## 7. Boceto ilustrativo de la fachada

En este apartado se muestra una representación ficticia de cómo sería el resultado visual de llevar a la ejecución del Proyecto. Si bien las especies vegetales que aparecen y su distribución no son representaciones reales de las especies escogidas, el objetivo de este boceto no es ser realista, sino ilustrar el aspecto que tendría la fachada una vez se hubiese ejecutado este Proyecto de jardín vertical.

En el boceto se representa la fachada con el rótulo de identificación del edificio en la parte superior. En la zona central se ha incluido el jardín vertical y en la inferior la chapa perforada por delante de la ventana para ocultar los pilares de la estructura metálica de soporte. Se puede comparar con la fachada original que aparece en el Plano 1.



Ilustración 3. Boceto del resultado del jardín



## 8. Inversión y evaluación económica

### 8.1. Estudio económico del mantenimiento

Cabe destacar que, debido a la naturaleza del presente Proyecto, éste no repercute en un beneficio económico; sin embargo, ofrece unos muy valiosos beneficios ambientales y sociales como los que se comentaban en los Antecedentes. Además, en este mismo apartado de la presente Memoria se hacía referencia a un documento de la FAO donde se plantea cómo las inversiones en espacios verdes de las urbes se agregan significativamente al crecimiento económico de su entorno (Salbitano et al., 2017).

Todo esto supone que los gastos de mantenimiento y de la inversión del proyecto no serán amortizados de forma directa mediante una producción como resultaría en un sistema agrícola o ganadero.

En este apartado se pretende valorar el coste económico que supone el mantenimiento de un jardín vertical de estas características, si bien no es una tarea fácil pues es una materia de reciente actualidad y no hay mucha bibliografía en la que apoyarse. Se exponen en la Tabla 7 los gastos aproximados de mantenimiento en un año normal, sin incidencias reseñables y añadiendo un 10% al total previsto para posibles incidencias. El gasto anual total asciende a los 7.374,68 €, del cual más del 70% provienen de las labores de poda; en caso de poder controlar el desarrollo de las plantas y evitar crecimientos indeseados, las frecuencia en las labores de poda podría reducirse y en consecuencia se reducirían enormemente los gastos de mantenimiento.

Tabla 7. Costes de mantenimiento

Motivo	Justificación (letras)	Justificación (cifras)	Precio anual (€)
Podas mensuales (x12)	Precio mes x Nº meses	450 x 12	5.400
Limpieza de goteros (x4)	Precio limpieza x Nº limpiezas	180 x 4	720
Reposición de marras (3%)	3% de las plantas x Precio medio	108,99 x 2,76	300,95
Gasto de agua	Precio anual	63,3	63,3
Abonos complejos	Precio dosis x Nº de dosis	110 x 2	220
		ACUMULADO	6.704,25
Imprevistos (10%)	10% del acumulado	0,1 x 6704,25	670,43
		<b>TOTAL</b>	<b>7.374,68</b>

## 8.2. Inversión del proyecto

### Resumen del presupuesto

#### 1 Actuaciones previas

1.1 Aluiler maauinaria de elevación.	6.419,34
1.2 Línea de vida y arapas.	669,46
1.3 Acondicionamiento fachada.	2.331,18

**Total 1 Actuaciones previas .....: 9.419,98**

#### 2 Estructura .

**11.478,52**

#### 3 Cimentación .

**2.210,50**

#### 4 Sistema de riego .

**12.431,38**

#### 5 Gaviones vegetales

5.1 Gaviones y Sustrato .	21.774,02
5.2 Material veaetal .	10.309,65

**Total 5 Gaviones vegetales .....: 32.083,67**

#### 6 Seguridad y Salud .

**504,57**

#### Presupuesto de ejecución material (PEM)

**68.128,62**

13% de gastos generales

8.856,72

6% de beneficio industrial

4.087,72

#### Presupuesto de ejecución por contrata (PEC = PEM + GG + BI)

**81.073,06**

21% IVA

17.025,34

#### Presupuesto de ejecución por contrata con IVA (PEC = PEM + GG + BI + IVA)

**98.098,40**

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata con IVA a la expresada cantidad de NOVENTA Y OCHO MIL NOVENTA Y OCHO EUROS CON CUARENTA CÉNTIMOS.

En Valencia a 15 de junio de 2019

Fdo. El Promotor



Fdo. El Ingeniero

Javier del Hoyo Gibaja

## 9. Bibliografía

Allen, R. et al. (2006). *Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

Briz, J. (1999). *Naturación urbana: cubiertas ecológicas y mejora ambiental*. Madrid: Mundi Prensa Libros S.A.

Comunidadism (s.f.) [www.comunidadism.org](http://www.comunidadism.org) {consulta 8 de junio de 2019}

De Felipe, I. (2018). *Ciudades verdes. Visión internacional de la naturación urbana: retos y posibilidades*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

Google maps (s.f.) [www.googlemaps.com](http://www.googlemaps.com) {consulta 14 de marzo de 2019}

Guijarro, A. et al. (2009). *Impacto de los proyectos MDL sobre el desarrollo humano*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid e Intermón Oxfam.

Martín, A. et al. (2003). *Manual de riego de jardines*. Sevilla: Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca.

Noticias ONU. (2018). *Las ciudades seguirán creciendo, sobre todo en los países en desarrollo*. Nueva York: Organización de las Naciones Unidas.

Nuño, L. (2013). *Las 12 Notas Musicales*. Valencia: Universitat Politècnica de València.

Olivieri, F. (2018). *Ciudades verdes. Arquitectura bioclimática: importancia de las envolventes vegetales*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

Richards, L. A. (1954). *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. Washington D.C.: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA).

Salbitano, F. et al. (2017). *Directrices de la silvicultura urbana y periurbana*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

Viveros El Ciprés (s.f.) [www.viveroselcipres.es](http://www.viveroselcipres.es) {consultado 10 de abril de 2019}

Wilson, E.O. (1989) *Biofilia*. Ciudad de México: Fondo de cultura económica.