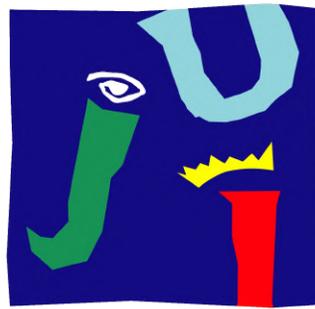


# **Producto cerámico, modular y multifuncional para la construcción de jardines verticales**



**UNIVERSITAT  
JAUME·I**

**AUTOR: VÍCTOR MESTRE RODRIGO  
TUTOR: JULIO SERRANO MIRA**

**FEBRERO 2022**

**GRADO EN INGENIERÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO**

## ÍNDICE

### BLOQUE 1 - MEMORIA

1. INTRODUCCIÓN (OBJETO Y JUSTIFICACIÓN).....	4
2. PROCESO DE DESARROLLO Y ALCANCE.....	5
3. ANTECEDENTES.....	5
4. NORMAS Y REFERENCIAS.....	18
5. REQUISITOS DE DISEÑO.....	21
6. ANÁLISIS DE SOLUCIONES.....	26
7. SOLUCIÓN FINAL.....	40

### BLOQUE 2 - ANEXO

1. PLAN DE GESTIÓN DE LA CALIDAD.....	52
2. ENTORNO.....	54
3. INSTALACIÓN DE REFERENCIA.....	57
4. DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS PIEZAS PRINCIPALES.....	59
5. VIABILIDAD DEL PRODUCTO.....	81

### BLOQUE 3 - PLANOS.....107

### BLOQUE 4 - PLIEGO DE CONDICIONES

1.INTRODUCCIÓN.....	113
2.ELEMENTOS CONSTITUYENTES.....	113
3. REGLAMENTACIÓN, NORMATIVA APLICABLE Y ENSAYOS.....	114
4. MATERIALES.....	117
5. FABRICACIÓN.....	126
6. ENSAMBLAJE.....	128
7. CONDICIONES CONTRACTUALES Y DE USO.....	130

### BLOQUE 5 - ESTADO DE MEDICIONES Y PRESUPUESTO

1. INTRODUCCIÓN.....	134
2. ESTADO DE MEDICIONES.....	134
3.PRESUPUESTO.....	135

# BLOQUE 1 - MEMORIA

<b>1. INTRODUCCIÓN (OBJETO Y JUSTIFICACIÓN).....</b>	<b>4</b>
<b>2. PROCESO DE DESARROLLO Y ALCANCE.....</b>	<b>5</b>
<b>3. ANTECEDENTES.....</b>	<b>5</b>
3.1. HISTORIA.....	5
3.2 SITUACIÓN ACTUAL.....	11
3.2.1 REDUCCIÓN DEL CO2 Y CAPTACIÓN DE METALES PESADOS.....	12
3.2.2 CONSUMO ENERGÉTICO.....	12
3.2.3 HABITABILIDAD.....	15
3.2.4 FACTORES TÉCNICO-ECONÓMICOS.....	15
3.2.5 LEGISLACIÓN FAVORABLE.....	15
3.3 COMPETENCIA.....	17
<b>4. NORMAS Y REFERENCIAS.....</b>	<b>18</b>
4.1 DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS.....	18
4.1.2 RELATIVAS A LA CONFECCIÓN DE PLANOS.....	18
4.2 PROGRAMAS UTILIZADOS.....	18
4.3 DOCUMENTOS CONSULTADOS.....	19
4.3.1 ASIGNATURAS.....	19
4.3.2 LIBROS CONSULTADOS.....	19
4.3.3 PÁGINAS WEB.....	20
<b>5. REQUISITOS DE DISEÑO.....</b>	<b>20</b>
5.1 DEFINICIÓN DEL NIVEL DE GENERALIDAD.....	20
5.2 DEFINICIÓN DE OBJETIVOS.....	22
5.3. ESPECIFICACIONES Y RESTRICCIONES.....	24
5.4. ANÁLISIS DE OBJETIVOS.....	25
<b>6. ANÁLISIS DE SOLUCIONES.....</b>	<b>26</b>
6.1 FORMA GENERAL.....	26
6.1.2 EXPERIMENTACIÓN ESTÉTICA.....	31
6.1.3 EVALUACIÓN DE OPCIONES DE LOS RESULTADOS PRELIMINARES DE DISEÑO.....	33
6.1.4 ANÁLISIS CUALITATIVO (DATUM).....	33
6.1.5 ANÁLISIS CUANTITATIVO (MÉTODO DE PONDERACIÓN).....	34
6.2. SISTEMA DE ANCLAJE A FACHADA.....	36
6.2.1 ANCLAJES FIJOS PUNTUALES NO REGULABLES.....	36
6.2.2 ANCLAJE PUNTUAL CON MÉNSULA DE REGULACIÓN EN 3 DIMENSIONES.....	37
6.2.1 ANCLAJES FIJOS PUNTUALES NO REGULABLES.....	38
6.2.3 ANCLAJE DE PIVOTE.....	49
<b>7. SOLUCIÓN FINAL.....</b>	<b>40</b>
7.1 DESCRIPCIÓN GENERAL.....	40
7.2 LISTADO DE COMPONENTES.....	42
7.2.1 MÓDULOS.....	43
7.2.2 SISTEMA DE ANCLAJE.....	44
7.2.3 SISTEMA DE RIEGO.....	46
7.2.4 SEGURIDAD.....	47
7.3 MATERIALES.....	47
7.4 FABRICACIÓN.....	48
7.5 ENSAMBLAJE.....	49
7.6 VIABILIDAD TÉCNICA.....	50
7.7 VIABILIDAD ECONÓMICA.....	50
7.8 CONCLUSIÓN.....	51

# MEMORIA

---

## 1. INTRODUCCIÓN (OBJETO Y JUSTIFICACIÓN)

El objetivo principal de este trabajo será obtener un producto volumétrico cerámico con todos sus sistemas: anclajes, sistema de riego, sistema de desagüe, cerámicas donde se incorporará la vegetación, etc. Todo aquello que posibilite la construcción de jardines verticales urbanos, además de un estudio de la botánica a emplear y los beneficios medioambientales, económicos y psico-sociales aportados.

Los azulejos serán totalmente diseñados por el alumno, compuestos de materiales cerámicos para que, gracias a sus propiedades, como son: resistencia química y al desgaste, la posibilidad de obtener diferentes grados de permeabilidad, gran resistencia en exteriores, multitud de posibilidades de conformado y acabados. Unido a la modularidad y multifuncionalidad dadas por el diseño, puedan adaptarse a diferentes espacios y combinar funcionalidades de manera efectiva como el soporte de cartelera o elementos de iluminación.

El nombre del producto es **GREEN CERAMICS**, toda una declaración de intenciones sobre lo que se pretende que sea este presente proyecto.

El crecimiento global de la concienciación ambiental ha puesto de manifiesto la importancia del entorno en el hábitat y los valores que nos aporta.

Los espacios limpios, “grandes”, luminosos y frescos son imprescindibles, al igual que una cierta conexión con la naturaleza, que humaniza el espacio, sobre todo si estamos situados en urbes. Hay una clara tendencia arquitectónica y de diseño que incorpora elementos naturales como son los jardines verticales, se propone la creación de un jardín vertical para exterior con posibilidad de uso interior, el cual favorezca las anteriormente mencionadas características que deben estar presentes.

Para alcanzar los objetivos legislativos y más importante aún, mejorar la calidad de vida de sus habitantes la mejor medida a medio y largo plazo es sin duda aumentar la superficie vegetal.

Debido al limitado espacio a nivel de suelo existente, la mejor opción es el uso de las superficies libres aprovechables, como fachadas y techos, medianeras.

Es un producto que puede acercar a las personas a la naturaleza, que amplía las posibilidades del hogar y de las fachadas, así como instalaciones comerciales y artísticas. A la vez abre una línea diferente de producto en la zona de Castellón, donde puede aprovecharse el relativo nuevo nacimiento del mercado para incorporar soluciones tecnológicas y convertirse en un referente en esta nueva área.

Además, el planteamiento del producto como una base para “algo más que un jardín vertical”, es decir, para cubrir otras necesidades psicológicas, estéticas y funcionales abre camino para evoluciones posteriores.

## 2. PROCESO DE DESARROLLO Y ALCANCE

Para una correcta concepción de GREEN CERAMICS, se realizará un estudio del mercado para establecer objetivos, restricciones y oportunidades en el mercado actual. Se desarrollarán en base a ello diferentes propuestas conceptuales, las cuales se desarrollarán y compararán para la elección de un buen diseño final. Se realizarán estudios de sistemas de anclaje, y tipos de elementos y sistemas constructivos donde sea posible realizar los anclajes.

Se procederá a los consecuentes estudios de materiales y procesos productivos para definir tanto los materiales a usar como todas las fases y parámetros de fabricación. Se estudiarán los datos obtenidos para la elección de los elementos, materiales y procesos más aptos en cuanto a viabilidad técnica, económica y medioambiental. Se realizarán planos donde se detallen todas las dimensiones y ensamblajes del producto, así como los elementos auxiliares (posibles herramientas, moldes, etc). Se incorporarán los consecuentes anexos y documentación necesaria para una correcta elaboración del documento. Finalmente se realizarán maquetas mediante tecnología de fabricación aditiva y renders 3D donde se mostrará y publicitará el producto.

## 3. ANTECEDENTES

### 3.1. HISTORIA

Para poder hablar de las fachadas vivas actuales debemos de conocer, al menos de forma resumida, el proceso histórico hasta llegar a este punto, para así lograr tener una visión más clara del camino a seguir.

Desde época inmemorial el ser humano ha tratado de utilizar el entorno a su favor, como si una especie de herramienta se tratara, el mejor ejemplo es el desarrollo de la agricultura. También podemos encontrar ejemplos de cultivo específico para influir en el ambiente, por ejemplo:

J.M Ochoa (1999)“En algunos tipos de cultivos como son los de fresa y alfalfa, en zonas de mucho viento, se utilizan hileras de árboles, generalmente especies perennifolias, alternadas con franjas de tierra cultivada, que actúan como rompe vientos, al aumentar la rugosidad, disminuyendo así la velocidad del viento cerca de la superficie, evitando la erosión del suelo y daños en el cultivo.”

El ser humano desde la antigüedad ha ido domesticando el entorno, con el que ha estado muy conectado.

Ya sea por las tradiciones o por el contacto íntimo durante milenios con la naturaleza, el ser humano identifica al jardín como un paraíso. Uno de los primeros y mejores ejemplos documentados de grandes jardines son los de Babilonia (sobre el 600 AC), donde aún no se plantea el jardín como una solución ambiental, sino como un espacio para la relajación y el esparcimiento, los jardines tratan de una naturaleza gentil que crea un lugar más que agradable. Podemos observar este tratamiento en multitud de culturas de la antigüedad, como en las

## GREEN CERAMICS

---

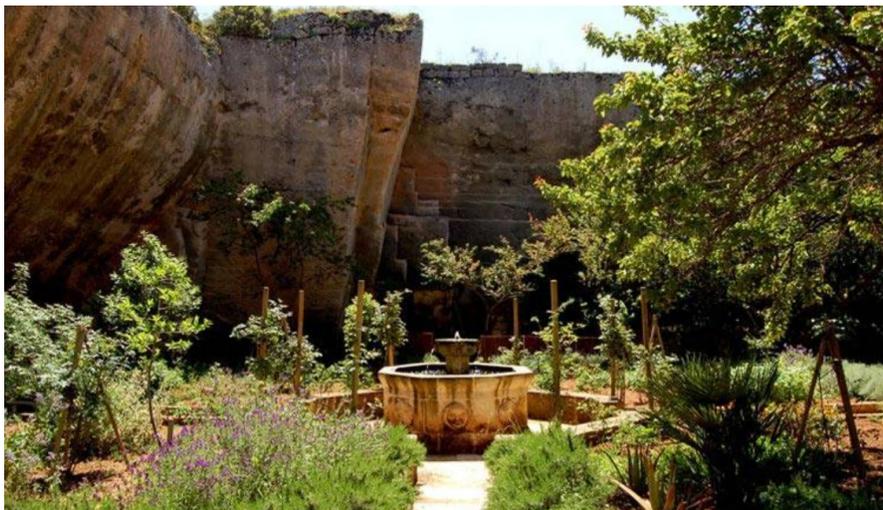
terrazas precolombinas, los jardines egipcios, los jardines griegos, romanos y persas y con especial consideración los jardines islámicos, debido a la gran sofisticación y perduración de la tradición.

El jardín, por encerrar un espacio, se considera estancia y por ello arquitectura. También es destacable la arquitectura vernácula del norte de Europa, más concretamente la británica e islandesa. Donde se usaba un recubrimiento de turba y se dejaba crecer la hierba para crear una capa aislante.



*figura 1.1 "Casa tradicional islandesa"*

Durante la época medieval los jardines europeos se ven relegados al interior de los monasterios, es así como los jardines islámicos se convierten en los más importantes de la época, debido a la naturaleza seca del entorno desarrollan técnicas para transportar, acumular y minimizar el uso del agua.



*figura 1.1 "Jardín medieval"*



*figura 1.3 "Jardín marroquí"*

En el gótico, renacimiento y más especialmente en el barroco se integra cada vez más la naturaleza en la arquitectura para tratar de encontrar un todo equilibrado.

A partir del siglo XVI los jardines, hasta ese momento confinados en cerramientos arquitectónicos, se abren y usan como lugar de esparcimiento y demostración de riqueza para la nobleza y burguesía, se construyen grandes jardines geométricos planificados arquitectónicamente. Un ejemplo es el jardín del palacio de Versailles, en España encontramos los jardines reales de La Granja y Aranjuez.



*figura 1.4 "Jardín real de La Granja"*

Con la revolución industrial y el rápido y masivo crecimiento de las ciudades, junto con el abarrotamiento del espacio, crean la necesidad de planificación y construcción de espacios verdes públicos debido a la inhabilitación de las ciudades. Es entonces cuando hay un cambio en el pensamiento colectivo, donde se pretende recuperar lo que se considera perdido, el contacto con la naturaleza. Cada vez más a menudo se encuentra integrada en la arquitectura, como elemento vivo y no como representación.



figura 1.5 "Crystal Palace"

Es de destacar la arquitectura organicista que se gestó a principios del siglo XX, impulsada por los arquitectos, diseñadores, y principalmente por la cultura y ética escandinava. Es entonces cuando de forma radical, se intenta que la naturaleza entre a formar parte de la vida diaria de las personas, surgen los primeros estudios alemanes y estadounidenses sobre contaminación, sus causas, consecuencias y cómo la vegetación ayuda en su lucha; este impulso ecologista primigenio es el germen del actual.

Diversos arquitectos como Le Corbusier plantean desarrollar cubiertas vegetales en los tejados de sus edificaciones, como expone en el artículo titulado "Reportage sur un toit-jardin", publicado en 1940. Planifican espacios urbanos como parques, avenidas, calzadas,.. Con una importante presencia de elementos vegetales como una forma de balancear los espacios verdes con las nuevas construcciones de ladrillo y hormigón.

Es en este período donde se empieza a tomar en consideración el aumento de la masa vegetal con fines ambientales y no solo estéticos.

Otro gran exponente de esta época es Frank Lloyd Wright, el cual incorpora jardines verticales en sus edificios. Uno de los lemas de F.L.Wright es “forma y función son uno”, analizándolo, podemos entender el por qué de búsqueda de la integración de la naturaleza viva en la vida diaria de las personas, ya que esta es el mejor ejemplo para la consecución de esta cita (gracias a la evolución durante milenios).



*figura 1.6 "Marine Center". Frank Lloyd Wright*

El gran impulsor de los jardines verticales contemporáneos es sin duda Patrick Blanc, desde su época universitaria se planteaba la hipótesis de que las plantas no necesariamente necesitan de tierra para crecer, bastaría con una combinación de agua y sales, junto con la correcta incidencia de luz y el necesario  $CO_2$ . En su tesis doctoral, la cual le otorgó en 1993 el Premio de Botánica de la Academia Francesa de las Ciencias, expone sus conclusiones. Su trabajo, no solo de investigación, ha servido de base para la creación de los diferentes sistemas actuales, sobre todo de los sistemas hidropónicos, los cuales no necesitan de sustrato.



*figura 1.7 "Jardín vertical". Patrick Blanc*

Los jardines, en resumen, podemos considerarlos una búsqueda humana de lo que se considera perdido, el contacto con la naturaleza y que de manera progresiva han ido ganando el terreno perdido por esta en el crecimiento de las ciudades.

### **3.2 SITUACIÓN ACTUAL**

Como hemos visto en el punto anterior, los jardines verticales han necesitado un proceso de evolución para llegar a ser lo que son hoy en día. Este proceso sigue avanzando a un ritmo cada vez mayor, para comprender el por qué, necesitamos entender las características que los hacen atractivos.

### 3.2.1 REDUCCIÓN DEL CO2 Y CAPTACIÓN DE METALES PESADOS

Según un estudio (2021) realizado por científicos de la Universidad de Harvard, Birmingham, Leicester y el University College London, solo la quema de combustibles fósiles causó en 2018 8,7 millones de muertes a nivel global. Esto significa que una de cada cinco muertes está relacionada con la contaminación ambiental, esta proporción no es la misma en todo el globo, en Europa son una de cada diez y en países como China e India son una de cada tres.

Del CO2 emitido a la atmósfera, sobre el 50% tardará 30 años en desaparecer, un 30% permanecerá varios siglos y el 20% restante durará varios millares de años (Solomon et al, 2007).

Las plantas son el mejor método de captación de CO2 que podemos encontrar, se estima que, de media, cada planta puede absorber un peso en CO2 equivalente al 40% de su peso en seco (varía en función de cada planta y factores ambientales).

El hecho de la subida de las temperaturas a nivel global, pese a ser un gran problema, puede ser uno de los factores que ayuden a la recuperación, según M.Carvajal “se espera que la fijación de CO2 se incremente el 1% por °C en regiones donde la temperatura media anual es de 30 °C y el 10% en regiones donde la temperatura anual es de 10 °C”.

### 3.2.2 CONSUMO ENERGÉTICO

#### REDUCCIÓN DE LA “ISLA DE CALOR” GENERADA EN CIUDADES

Según el Informe de Planeta Vivo (WWF) publicado en 2020, con unas emisiones globales iguales en 2030 que a día de hoy, las temperaturas pueden alcanzar los 1,5 °C entre 2030 y 2035, y los 2°C entre 2050 y 2070, “sin acciones adicionales para reducir los gases de efecto invernadero se está en camino de alcanzar los 3 o 4°C a finales de siglo” se apunta. Es un problema que afectará a nivel global, pero que se verá intensificado en las zonas con mayor población, las ciudades.

Es el efecto conocido como isla de calor, estudiado por Hiroyuki Yamada. Donde la construcción de grandes edificios cercanos unos a otros, con materiales oscuros, que retienen calor o reflejan la luz hacia volúmenes circundantes crea una acumulación de calor. Si sumamos los vehículos de combustión y la acumulación de partículas.

Un estudio del Lawrence Berkeley National Laboratory demostró que las fachadas vegetales podrían llegar a bajar la temperatura de una ciudad hasta en 5°C. (M.Hasan) “Para lograr un clima urbano saludable, probablemente sería suficiente con ajardinar entre un 10 y un 20% de todas las superficies techadas de la ciudad”.

#### EVAPOTRANSPIRACIÓN

La tierra absorbe lluvia, la cual se evapora y libera a la atmósfera refrescando el ambiente, las plantas en su transpiración realizan una función similar, a la vez que purifican el aire.

Para cumplir con los parámetros de calidad y eficiencia energética en el interior de los edificios, la tendencia ha sido aislar el edificio y crear un ciclo cerrado de circulación de aire, esto causa problemas de renovación de aire y debe existir un buen sistema de filtrado para evitar la posible propagación de patógenos (entre otros).

Combinar el sistema de ventilación con espacios “cerrados” por paredes verticales es una opción más que interesante, pues estos gracias a la evapotranspiración y a la sombra propia refrescan el ambiente, el cual se renueva y evita aire viciado y a la vez que filtran partículas y gases contaminantes externos realizan un aporte de oxígeno natural. Las hojas también pueden ayudar a regular la humedad ambiental, pues con aire seco lo humedecen y cuando el aire circundante es excesivamente húmedo se crean gotas de agua (rocío) que disminuyen la humedad.

### AISLAMIENTO TÉRMICO

"La tendencia en décadas recientes ha sido poner dentro de los edificios más aparatos que consumen energía, como ordenadores, neveras, impresoras, que liberan calor, por lo que a su vez se colocan sistemas de enfriamiento que usan energía. Es un círculo vicioso" (F. Pomponi).

Las paredes verticales, al estar separadas de la fachada crean un espacio fresco intermedio que sirve como aislante térmico, a la vez que regula la inercia térmica del edificio. Según un estudio realizado por el Elsevier Science Ltd. de Gran Bretaña (2008), una pared vegetal puede llegar a reducir la temperatura sobre la fachada que cubre hasta 18°C con respecto a la misma sin la cobertura vegetal.

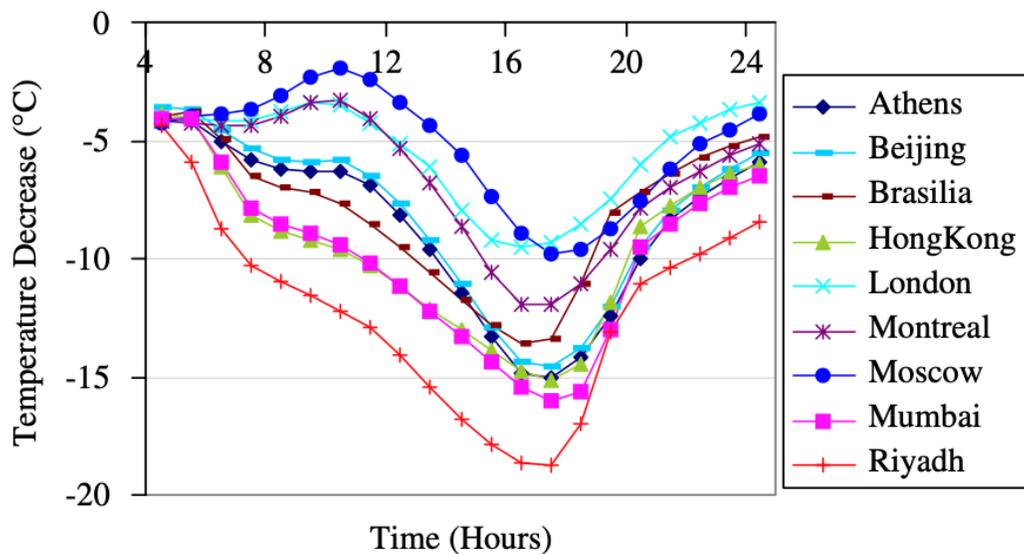


figura 1.8 "Decrease of surface temperature of south-oriented wall". Elsevier Science Ltd.

(Akira Hoyano, del Tokyo Institute of Technology) "Un jardín vertical reduce hasta 5 grados la temperatura interior en verano, y la mantiene en invierno", el ahorro estimado puede llegar a suponer el 50% (de media) del presupuesto de refrigeración, es decir, de unos 500€/m<sup>2</sup> de cobertura vegetal.

También se reduce la temperatura y la velocidad del aire en los espacios de inter-edificios, resultando en una menor transmisión de calor adicionalmente en las superficies no cubiertas por vegetación. Esto es debido a la diferencia de densidad debido a la temperatura creada por la vegetación, que junto la temperatura ambiental, generan una corriente de baja velocidad. Los jardines verticales reducen la velocidad de las masas de aire y

generan muy pocas turbulencias, si se sitúan cerca del suelo crean corrientes hasta este, lo que contribuye a la reducción de temperatura de este y potencia un entorno más agradable para los ciudadanos.

Teniendo en cuenta estudios de confort en ambientes interiores y más concretamente en lo referido a temperaturas óptimas, observamos que los efectos de los jardines verticales sobre las edificaciones en los que se incorporan acercan o incluso igualan las temperaturas interiores de estos a las de consigna. Esto supone el mayor beneficio de ahorro energético como se muestra en algunos estudios.

(E. Alexandri y P.Jones) "Considerando un límite de temperaturas de refrigeración en interiores de 23,1°C para todos los climas estudiados [...] los jardines verticales, especialmente para climas cálidos pueden conseguir ahorros de energía en enfriamiento de edificios del 32% al 100%"

### 3.2.3 HABITABILIDAD

#### AISLAMIENTO ACÚSTICO

Los estudios realizados sobre la reducción de ruido por parte de los jardines verticales cifra de 2 a 5 dB la reducción de este. Hay que tener en consideración que los resultados obtenidos variarán mucho dependiendo del número de plantas por superficie y también por el tipo de planta. Un estudio realizado en Singapur constató que frente a otros materiales, una masa vegetal absorbe de forma muy eficiente ruidos de frecuencias bajas y medias, los ruidos de frecuencias altas son peor absorbidos debido a la dispersión vegetal.

#### ESTANQUEIDAD AL AGUA

Según la norma DIN 4108-3, las fachadas transventiladas pertenecen a la clase de desgaste III y son resistentes a la lluvia.

La humedad se elimina gracias a que el flujo de aire que circula en el interior favorece la difusión del vapor de agua que se transmite desde el exterior. El jardín vertical impide la entrada de gotas de lluvia al espacio ventilado, el cual, gracias a la continua circulación de aire, seca las paredes interiores de este disminuyendo así la formación de condensación y humedades .

#### BENEFICIOS PSICOLÓGICOS

Según apunta la psicóloga Laura Ruiz Mitjana "Un estudio realizado por investigadores de la Universidad Nacional Chungnam de Corea en 2015 afirma que las plantas pueden ayudar a calmar a las personas, al suprimir el sistema nervioso simpático"

El contacto con las plantas genera endorfinas y estas aumentan la sensación de bienestar. Diversos estudios han demostrado los efectos beneficiosos de entornos de trabajo con tonos verdes, este color mejora la concentración y el estado de ánimo.

### 3.2.4 FACTORES TÉCNICO-ECONÓMICOS

#### PROTECCIÓN DE LA ENVOLVENTE

Gracias a la protección contra el viento y las partículas que éste transporta, la fachada reducirá su desgaste por erosión.

Debido a la reducción de temperaturas e inercia térmica en la fachada, así como insolación directa, esta sufrirá menos estrés por dilataciones y contracciones.

#### REVALORIZACIÓN DEL EDIFICIO

Con todas las ventajas anteriormente presentadas de los jardines verticales, la tasación de un inmueble sin jardín vertical y con jardín vertical varía en un aumento del 12 al 20% según las características del edificio y del jardín.

#### PUBLICIDAD

Los estímulos informativos abarrotan las calles de las ciudades, hay miles de carteles, luminosos, pósters, folletos, señales de tráfico,..En un espacio dominado por hormigón, ladrillo y vidrio los jardines verticales destacan enormemente a simple vista. La naturaleza caótica de estos invita a analizarlos descubriendo tipos de plantas y patrones que podemos explotar para fijar la vista del público para transmitir un mensaje. La diferencia con, por ejemplo, la cartelería tradicional es la actitud que plantea al receptor, donde la cartelería pretende excitar visualmente. Los jardines verticales ofrecen calma y sosiego, lo que ayuda a captar y reflexionar más y mejor sobre el mensaje que se quiera dar.

Es muy interesante explotar las ventajas visuales que aportan los jardines verticales en entornos urbanos saturados de inputs informativos/publicitarios, no solo por la diferenciación sino también por la calidad del mensaje que podemos construir con un sistema a base de plantilla.

### 3.2.5 LEGISLACIÓN FAVORABLE

Otro aliciente más que apuntala el futuro de este tipo de productos es la actual legislación, cada vez más restrictiva en cuanto emisiones de gases invernadero. Entre ella destacan:

- La Directiva (UE) 2018/410 constituye el marco legislativo de la Unión Europea en cuanto a derechos de emisión de gases de efecto invernadero.
- En 2018 se llevó ante el Tribunal de Justicia Europeo a Alemania, Reino Unido, Francia, Italia, Hungría, y Rumanía por exceder los límites permitidos en las medidas que controlan la calidad del aire. España, por su parte, se enfrenta a una posible multa de hasta 1.600 millones de euros por exceder los límites permitidos desde 2010.
- A nivel español la Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera, en el artículo 31 y en relación al 30, informa de sanciones desde 20.001 € hasta 2.000.000 € y la obligatoriedad del cese de actividad, entre otros, por un período superior a 2 años para infracciones de leves a graves en actividades industriales.

- En el proyecto de ley de Cambio Climático (2019) se expone que toda población de más de 50.000 habitantes deberá de contar con una Zona de Bajas Emisiones (ZBE).

Esto genera un problema en las grandes y medianas ciudades de todo el mundo, incapaces de reducir la contaminación ambiental, problema que se agrava si tenemos en cuenta la demografía que inequívocamente apunta a un crecimiento progresivo de población en estas urbes, más pobladas, abarrotadas y contaminadas.

Los jardines verticales han ido ganando interés en el público general desde las aportaciones de los años 20 y 30, sin embargo la legislación sobre ellos está aún “en pañales”, tanto es así que encontramos multitud de países desarrollados donde no existe legislación alguna, en pocos países podemos encontrar reglamentación que haga referencia a este tipo de construcciones, a menudo son las normativas municipales las que acotan el uso y se acota debido a la estética. Por lo tanto es muy difícil seguir normativas de referencia en cuanto a características técnicas que permitan delimitar los atributos de este tipo de construcciones, siendo la propia competencia y los estudios ingenieriles los que marcan los límites de actuación técnica en la mayoría de los casos.

En España encontramos una “Norma Tecnológica sobre Ajardinamientos Verticales (NTJ-11V)” de la Fundación de la Jardinería y el Paisaje, que se centra en: la clasificación de los sistemas, ventajas y desventajas, plantas cultivables, mantenimiento y posibles problemas técnicos o situaciones que se deben tener en cuenta, no es de obligada aplicación, sino que pretende ser una guía básica.

Algo que sí encontramos son iniciativas para fomentar su construcción, sobre todo en grandes urbes. En España podemos encontrar ciudades que apuestan por los jardines verticales, como son, entre otras:

- Valladolid, con el proyecto URBAN Green UP, cofinanciado por la Unión Europea al integrarse en el programa Horizonte 2020, dirigido a la renaturalización de las ciudades. Según la publicación del ayuntamiento de Valladolid en su página web (6 de julio de 2020) “Este proyecto abarca hasta 42 actuaciones que harán de Valladolid una ciudad más verde y saludable.

En virtud del acuerdo alcanzado, es El Corte Inglés quien corre con los gastos de realización de las reformas estructurales en su fachada que han permitido ubicar el jardín vertical, con una inversión estimada de unos 60.000 euros, el Ayuntamiento licitó su construcción por un importe de unos 210.000 euros, de los que 130.500 serán aportados por la Unión Europea”.

- Málaga, que desde el 2018, además de la construcción de tres jardines verticales con un presupuesto medio de 40000 €, ha establecido una serie de beneficios fiscales para los particulares que en la construcción o reforma del respectivo inmueble incorporen un jardín vertical o una cubierta vegetal, fomentando así la proliferación de estos.
- Un ejemplo cercano es el de la ciudad de Castellón, donde se está actuando desde 2019 en el fomento de cubiertas vegetales y jardines verticales.

No solamente encontramos ejemplos en España, ciudades como Copenhague llevan apostando por el medio ambiente desde hace décadas, así han logrado reducir las emisiones de  $CO_2$  en un 40% en 25 años con

iniciativas como la obligatoriedad de incorporar cubiertas vegetales en los edificios.

Otro ejemplo es la ley de 2012 que se puso en marcha en la ciudad de Toronto, por la que los edificios de más de  $2.000 m^2$  deben contar con una superficie vegetal del 20 al 70% de la superficie exterior total de la construcción. Medidas análogas se promovieron posteriormente en Tokio, Nueva York, Chicago, Buenos Aires.

Es indudable que durante los últimos años ha habido un cambio de ritmo hacia una sociedad más concienciada y activa, que busca y demanda soluciones para resolver el daño causado en el medio ambiente y en su calidad de vida. Es por ello que las administraciones legislan en esa dirección.

Esto es una gran oportunidad para construcciones como techos y paredes vegetales, pues es una de las mejores medidas para paliar (sobre todo en ciudades) la contaminación sin perjudicar ningún aspecto de la manera de vivir actual de las personas, pues ocupan espacios desaprovechados y les aportan mayor utilidad.

Los humanos somos de costumbres con reticencias al cambio, medidas pasivas como las anteriormente expuestas son mucho mejor aceptadas por la población. Así se puede comprobar en las declaraciones de ayuntamientos con medidas relacionadas que se suelen aprobar por amplia mayoría.

### 3.3 COMPETENCIA

Se han tabulado los tipos de jardín vertical del mercado, así como sus características principales para tener una visión general de la competencia y unas referencias para poder contrastar nuestro producto . Se resumen en esta tabla:

TIPO DE SISTEMA	LWS-SUSTRATO	LWS-ESPUMAS	LWS-LANAS MINERALES	LWS-FILTROS GEOTEXILES	SISTEMAS DIRECTOS	SISTEMAS INDIRECTOS	SISTEMAS DIRECTOS COMBINADOS CON MACETEROS METÁLICOS
PESO DEL SISTEMA	>150	100-200	40-60	100	5	6,5	60
VIDA DE PLANTAS	10	3,5	3,5	3,5	-	-	-
BIODEGRADABILIDAD	Baja	Media	Baja-media	Baja	Media	Media	Media-alta
AHORRO ENERGÉTICO	Medio-alto	-	-	Medio	Bajo-medio	Medio	Bajo
GASTO DE AGUA	Alto	Muy-alto	Alto	Muy-alto	Medio	Medio	Bajo
MANTENIMIENTO	Medio-alto	Alto	Alto	Alto	Bajo	Bajo-medio	Bajo-medio
GRADO DE FABRICACIÓN	Prefabricado	Prefabricado	Prefabricado	Prefabricado-in situ	In situ	Prefabricado-in situ	Prefabricado-in situ
NIVEL DE SECTORIZACIÓN	Bajo	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio-alto
PRECIO	400-600	750-1200	500-750	350-700	30-40	37-70	400-700

tabla 1.1 "Análisis de la competencia"

## 4. NORMAS Y REFERENCIAS

### 4.1 DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS

El presente proyecto tiene como referencia una serie de disposiciones legales, normas y requerimientos de no obligado cumplimiento, que sirven como modelo de calidad.

A continuación se enumeran las normas relativas a la elaboración del documento en cuanto a forma, las normas relativas al contenido (ensayos, seguridad, normas de operatividad,..) se encuentran en el bloque 1 apartado 4.

#### 4.1.1 RELATIVAS A LA ELABORACIÓN DE PROYECTOS

- "Documentación técnica de productos. Gestión de documentos (ISO 11442:2006)." UNE-EN ISO 11442:2006.
- "Criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico." UNE 157001:2014.

#### 4.1.2 RELATIVAS A LA CONFECCIÓN DE PLANOS

- "Dibujos técnicos. Plegado de planos." UNE 1027-95.
- "Dibujos técnicos. Principios generales de representación." UNE 1032:1982.
- "Dibujos técnicos. Acotación. Principios generales, definiciones, métodos de ejecución e indicaciones especiales". UNE 1039:1994.
- "Soldeo y procesos afines. Representación simbólica en los planos. Uniones soldadas". UNE-EN ISO 2553:2020.

### 4.2 PROGRAMAS UTILIZADOS

Los programas utilizados en la confección de este trabajo han sido:

- Documentos de Google
- Hoja de cálculo de Google
- Solidworks 2020
- Adobe Photoshop 2020
- Adobe Illustrator 2020
- Keyshot 10

### 4.3 DOCUMENTOS CONSULTADOS

#### 4.3.1 ASIGNATURAS

- DI1007. Expresión gráfica II.
- DI1010. Materiales I.
- DI1013. Mecánica y resistencia de materiales.
- DI1014. Diseño conceptual.
- DI1015. Materiales II.
- DI1028. Diseño asistido por ordenador II.
- DI1020. Procesos de fabricación I.
- DI1021. Procesos de fabricación II.
- DI1022. Metodologías del diseño.
- DI1027. Diseño gráfico.
- DI1032. Proyectos de diseño

#### 4.3.2 LIBROS CONSULTADOS

- Calcano, A. M. "Architettura del paesaggio, evoluzione storica". Calderini, Bologna, 1983.
- Hoyano, A. (1998). "Climatological Uses Of Plants for solar control, and the effects on the thermal environment of a building". p.11.
- OCHOA DE LA TORRE, J.M. (1999). "La vegetación como instrumento para el control microclimático", Capítulo 5: "Evaluación y aprovechamiento de los efectos microclimáticos de la vegetación". Tesis, TDX (Tesis Doctorals en Xarxa), UPC Commons. Universitat Politècnica de Catalunya
- HAAS, E. et al. (2013). "Vertical greening systems, a process tree for green façades and living walls" en Urban Ecosyst 16:265–277.
- FRAAIJ, A. et al. (2011). "Vertical greening systems and the effect on air flow and temperature on the building envelope. Genoa: University of Genoa. Delft: Delft University of Technology".
- CHIAN, K. et al. (2009). "Acoustics evaluation of vertical greenery systems for building walls, en Building and Environment", p.411–420.
- Eleftheria, Alexandria y Jones, Phil (2008) . "Temperature decreases in an urban canyon due to green walls and green roofs in diverse climates", Building and Environment, Great Britain: Elsevier Science Ltd.
- Hernández, E. J. L. 2009. "Propiedades Hídricas en Mezclas de Sustratos con Diferentes Proporciones y Tamaños de Partícula". Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados. Montecillos.
- Serrano, J., Bruscas, G., Abellán, J. V., Rosado, P. (2018) "Diseño para fabricación: procesos y tecnologías II". Publicacions de la Universitat Jaume I.

### 4.3.3 PÁGINAS WEB

[-https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-349031/en-detalle-jardines-verticales?ad\\_medium=widget&ad\\_name=navigation-next](https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-349031/en-detalle-jardines-verticales?ad_medium=widget&ad_name=navigation-next)  
[-https://tillandsias.wordpress.com/2009/08/03/jardin-vertical-de-ceramica/](https://tillandsias.wordpress.com/2009/08/03/jardin-vertical-de-ceramica/)  
[-https://idescubre.fundaciondescubre.es/revista/jardines-verticales-una-terapia-verde-las-ciudades/](https://idescubre.fundaciondescubre.es/revista/jardines-verticales-una-terapia-verde-las-ciudades/)  
[-https://www.azureazure.com/es/casas/jardines-verticales-patrick-blanc-arte-ecologia/](https://www.azureazure.com/es/casas/jardines-verticales-patrick-blanc-arte-ecologia/)  
[-https://arquitecturayempresa.es/noticia/arquitectura-en-verde-las-fachadas-vivas-de-rahul-mehrotra](https://arquitecturayempresa.es/noticia/arquitectura-en-verde-las-fachadas-vivas-de-rahul-mehrotra)  
[-https://wwfes.awsassets.panda.org/downloads/livingplanetreport\\_2020\\_informe\\_completo.pdf?255320/Informe-Planeta-Vivo-2020-BOE núm. 328, de 17 de diciembre de 2020](https://wwfes.awsassets.panda.org/downloads/livingplanetreport_2020_informe_completo.pdf?255320/Informe-Planeta-Vivo-2020-BOE núm. 328, de 17 de diciembre de 2020)  
[-https://www.actualidadjuridicaambiental.com/legislacion-al-dia-espana-comercio-de-emisiones-gases-de-efecto-invernadero/](https://www.actualidadjuridicaambiental.com/legislacion-al-dia-espana-comercio-de-emisiones-gases-de-efecto-invernadero/)  
[-https://www.20minutos.es/noticia/3713111/0/implicaciones-denuncia-baja-calidad-aire-espana/?autoref=true](https://www.20minutos.es/noticia/3713111/0/implicaciones-denuncia-baja-calidad-aire-espana/?autoref=true)  
[-https://www.bbc.com/mundo/noticias-56001440](https://www.bbc.com/mundo/noticias-56001440)  
[-https://www.bbc.com/mundo/noticias-58143985](https://www.bbc.com/mundo/noticias-58143985)  
[-https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2007-19744&p=20171223&tn=1#a31](https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2007-19744&p=20171223&tn=1#a31)  
[-https://arquitecturayempresa.es/noticia/arquitectura-en-verde-las-fachadas-vivas-de-rahul-mehrotra](https://arquitecturayempresa.es/noticia/arquitectura-en-verde-las-fachadas-vivas-de-rahul-mehrotra)  
[-https://images.app.goo.gl/AVWpJuqi1Y6H4wrM6](https://images.app.goo.gl/AVWpJuqi1Y6H4wrM6)  
[-https://www.urbanarbolismo.es/blog/jardin-vertical-interior-con-sistema-ecobin/](https://www.urbanarbolismo.es/blog/jardin-vertical-interior-con-sistema-ecobin/)  
[-https://www.urbanarbolismo.es/blog/fachada-vegetal-del-palacio-de-congresos-de-vitoria/singulargreen.com](https://www.urbanarbolismo.es/blog/fachada-vegetal-del-palacio-de-congresos-de-vitoria/singulargreen.com)  
[-https://www.projar.es/wp-content/uploads/FPJ260117\\_Guia-Instalación-jardin-vertical-Vertiss.pdf](https://www.projar.es/wp-content/uploads/FPJ260117_Guia-Instalación-jardin-vertical-Vertiss.pdf)  
[-https://www.jll.es/es/analisis-y-tendencias/ciudades/los-mejores-jardines-verticales-del-mundo-l](https://www.jll.es/es/analisis-y-tendencias/ciudades/los-mejores-jardines-verticales-del-mundo-l)  
[-https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/69118/L%C3%93PEZ%20-%20CSA-F0020%20Jardines%20verticales.pdf?sequence=1](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/69118/L%C3%93PEZ%20-%20CSA-F0020%20Jardines%20verticales.pdf?sequence=1)  
[-http://repositori.uji.es/xmlui/bitstream/handle/10234/108398/TFG\\_2014\\_ColladoDominguezS.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositori.uji.es/xmlui/bitstream/handle/10234/108398/TFG_2014_ColladoDominguezS.pdf?sequence=1&isAllowed=y)  
[-https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/33814/TFM%20JUAN%20NAVARRO.pdf](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/33814/TFM%20JUAN%20NAVARRO.pdf)  
[-http://201.159.222.99/handle/datos/2601](http://201.159.222.99/handle/datos/2601)  
[-https://upcommons.upc.edu/handle/2117/93436](https://upcommons.upc.edu/handle/2117/93436)  
[-http://repositori.uji.es/xmlui/bitstream/handle/10234/173926/TFG\\_2017\\_MartinezSunerSergio.pdf?sequence=1](http://repositori.uji.es/xmlui/bitstream/handle/10234/173926/TFG_2017_MartinezSunerSergio.pdf?sequence=1)  
[-http://oa.upm.es/10204/2/TESIS\\_MASTER\\_ALVARO\\_CARRERA\\_ACOSTA.pdf](http://oa.upm.es/10204/2/TESIS_MASTER_ALVARO_CARRERA_ACOSTA.pdf)  
[-https://digitalcommons.pace.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2009&context=lawfaculty](https://digitalcommons.pace.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2009&context=lawfaculty)  
[-https://d7rh5s3nxmpy4.cloudfront.net/CMP1520/files/2020\\_Manual\\_fachadas\\_ventiladas\\_ASEFAVE.pdf](https://d7rh5s3nxmpy4.cloudfront.net/CMP1520/files/2020_Manual_fachadas_ventiladas_ASEFAVE.pdf)  
[-https://www.singulargreen.com/jardin-vertical-ayuntamiento-lucena/](https://www.singulargreen.com/jardin-vertical-ayuntamiento-lucena/)  
[-https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-349031/en-detalle-jardines-verticales?ad\\_medium=widget&ad\\_name=navigation-next](https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-349031/en-detalle-jardines-verticales?ad_medium=widget&ad_name=navigation-next)  
[-https://blog.gardencenterejea.com/problemas-jardines-verticales/](https://blog.gardencenterejea.com/problemas-jardines-verticales/)  
[-http://www.alicanteforestal.es/mantenimiento-de-jardines-verticales/c](http://www.alicanteforestal.es/mantenimiento-de-jardines-verticales/c)  
[-https://www.redalyc.org/pdf/816/81649428010.pdf](https://www.redalyc.org/pdf/816/81649428010.pdf)  
[-https://www.certificadosenergeticos.com/evaluacion-eficiencia-energetica-cubiertas-vegetales-definida-ce3x](https://www.certificadosenergeticos.com/evaluacion-eficiencia-energetica-cubiertas-vegetales-definida-ce3x)  
[-https://www.ntjdejardineria.org/ntj/ntj-11v-ajardinamientos-verticales/](https://www.ntjdejardineria.org/ntj/ntj-11v-ajardinamientos-verticales/)  
[-https://paisajismourbano.com/es\\_ES/fichas-tecnicas-jardines-verticales](https://paisajismourbano.com/es_ES/fichas-tecnicas-jardines-verticales)  
[-https://ecogreenhome.es/que-es-la-lana-de-roca/](https://ecogreenhome.es/que-es-la-lana-de-roca/)  
[-http://www.fagro.edu.uy/hidrologia/paisajismo/riegojardines.pdf](http://www.fagro.edu.uy/hidrologia/paisajismo/riegojardines.pdf)  
[-https://caamext.carm.es/web-imida/docs/equipos/OTRI/WUCOLS.pdf](https://caamext.carm.es/web-imida/docs/equipos/OTRI/WUCOLS.pdf)  
[-https://www.juntadeandalucia.es/sites/default/files/2020-04/1337165055Manual\\_de\\_Riego\\_de\\_Jardines\\_BAJA.pdf](https://www.juntadeandalucia.es/sites/default/files/2020-04/1337165055Manual_de_Riego_de_Jardines_BAJA.pdf)  
[-http://www.itd.upm.es/2017/02/20/13-de-febrero-taller-de-montaje-de-sistema-de-riego-para-jardines-verticales/](http://www.itd.upm.es/2017/02/20/13-de-febrero-taller-de-montaje-de-sistema-de-riego-para-jardines-verticales/)  
[-https://hermisan.com/wp-content/uploads/2017/05/FOLLETO\\_NUTRICOMPACT.pdf](https://hermisan.com/wp-content/uploads/2017/05/FOLLETO_NUTRICOMPACT.pdf)  
[-https://www.monografias.com/trabajos57/diametro-optimo-tuberia/diametro-optimo-tuberia.shtml](https://www.monografias.com/trabajos57/diametro-optimo-tuberia/diametro-optimo-tuberia.shtml)  
[-https://ingemecanica.com/tutorialesemanal/tutorialn207.html](https://ingemecanica.com/tutorialesemanal/tutorialn207.html)  
[-https://www.bermad.com/es/product/s-402-3w/](https://www.bermad.com/es/product/s-402-3w/)  
[Solenoide Bermad S390 3 vías, 24VAC-NC Cuerpo plástico \(riego-agricola.com\)](https://www.bermad.com/es/product/s-402-3w/)  
[-https://www.cesped.es/tienda/es/goteros-y-ventosas/101-409-goteros-autocompensantes-y-turbulentos-para-tuberia-de-riego-por-goteo.html#/124-tipo-autocompensante/126-caudal-2lh](https://www.cesped.es/tienda/es/goteros-y-ventosas/101-409-goteros-autocompensantes-y-turbulentos-para-tuberia-de-riego-por-goteo.html#/124-tipo-autocompensante/126-caudal-2lh)  
[-Características técnicas generales del Polietileno - Llaberia Group](#)  
[-http://plases.es/tubo-polietileno-baja-densidad-para-riego-goteo-anticracking](http://plases.es/tubo-polietileno-baja-densidad-para-riego-goteo-anticracking)

- CARSYSTEM40.pdf (gestiriego.com)
- Instalaciones de Fontanería (ingemecanica.com)
- <https://www.maherelectronica.com/wp-content/uploads/2021/02/ficha-equip-fertirrigacion-maher.pdf>
- Programador Total Control | Irritrol Marca con Garantías Agrícola (materialesriegos.com)
- Instalaciones de Bombeo de Agua (ingemecanica.com)
- Hydro Solo-E CRE 32-2 HQQE - 99172063 | Grundfos
- Evapotranspiracion.pdf (ull.es)
- <https://www.iagua.es/blogs/ignasi-servia-goixart/mi-largo-camino-evapotranspiracion-referencia>
- [http://www.aemet.es/documentos/es/conocermas/recursos\\_en\\_linea/publicaciones\\_y\\_estudios/publicaciones/MapasclimaticosdeEspana19812010/MapasclimaticosdeEspana19812010.pdf](http://www.aemet.es/documentos/es/conocermas/recursos_en_linea/publicaciones_y_estudios/publicaciones/MapasclimaticosdeEspana19812010/MapasclimaticosdeEspana19812010.pdf)
- <https://plantikum.com/jardin-vertical-como-aislante-acustico/>
- <https://plantikum.com/ahorro-energetico-cubiertas-vegetales-verticales/>
- STAINLESS STEEL BAR (valbrunanordic.se)
- <https://www.precygrap.com/bridas-de-acero-inoxidable-epoxy.html>
- [https://www.gutterkel.com/wp-content/uploads/2015/04/Catalogo\\_Anclajes\\_Fachada\\_VentiladaES.pdf](https://www.gutterkel.com/wp-content/uploads/2015/04/Catalogo_Anclajes_Fachada_VentiladaES.pdf)
- [https://www.specialinsert.it/wp-content/uploads/2021/04/2021-04-14\\_singole\\_BrochureA4\\_FastCon.pdf](https://www.specialinsert.it/wp-content/uploads/2021/04/2021-04-14_singole_BrochureA4_FastCon.pdf)
- <https://www.chemical-concepts.com/spe-fc-01-fe-53-ma-50-st.html>
- <http://www.specialinsert.it/wp-content/uploads/2016/09/Keep-Nut.pdf>
- <http://www.specialinsert.it/wp-content/uploads/2016/11/Presentation-Keep-Nut-Specialinsert-2016-ENG-per-sito.pdf>
- <http://www.sistemamasa.com/es/productos/detalle/2/anclajes-autoportantes>
- [https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-349031/en-detalle-jardines-verticales?ad\\_medium=widget&ad\\_name=navigation-next](https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-349031/en-detalle-jardines-verticales?ad_medium=widget&ad_name=navigation-next)
- <https://www.valladolid.es/es/actualidad/noticias/ayuntamiento-valladolid-corte-ingles-presentan-primera-fach>
- <https://castellonplaza.com/Marcoprojectaunaciudadmsostenibleconelfomentodejardinesverticalesyhuertosurbanos>
- <https://economia3.com/2019/07/27/213034-castellon-apuesta-por-la-sostenibilidad-con-jardines-verticales-y-huertos-en-azoteas/>
- <https://www.diariosur.es/malaga-capital/medio-ambiente-proyecta-20180213231825-nt.html?ref=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F>
- [https://ajuntament.barcelona.cat/ecologiaurbana/sites/default/files/PlanVerde\\_2020.pdf](https://ajuntament.barcelona.cat/ecologiaurbana/sites/default/files/PlanVerde_2020.pdf)
- <https://www.singulargreen.com/propuestadiseno-criteriosespecies-jardinvertical-sanvicentedelraspeig/>
- [http://www.lessco2.es/pdfs/noticias/ponencia\\_cisc\\_espanol.pdf](http://www.lessco2.es/pdfs/noticias/ponencia_cisc_espanol.pdf)
- <https://www.tiempo.com/noticias/divulgacion/jardines-verticales-una-solucion-de-adaptacion-al-cambio-climatico.html>
- <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/criterios-para-la-eleccion-de-sustratos-para-la-jardineria-en-azoteas/>
- <https://www.qualicer.org/recopilatorio/ponencias/pdfs/2010136.pdf>
- <https://www.fenercom.com/wp-content/uploads/2019/10/2017-10-11-Fachadas-ventiladas-seguras-en-edificacion-SAINT-GOBAIN-fenercom.pdf>
- <https://www.fachadasdelnoroeste.com/fachada-ventilada/normas/>
- [https://www.aenor.com/Producto\\_DAP\\_pdf/GlobalEPD\\_002\\_007\\_ren1\\_ESP.pdf](https://www.aenor.com/Producto_DAP_pdf/GlobalEPD_002_007_ren1_ESP.pdf)
- Seguridad en caso de incendio (codigotecnico.org)
- <https://www.wurth.es/>

## 5. REQUISITOS DE DISEÑO

En este apartado se describirán los datos de partida para la selección de objetivos y especificaciones de diseño seleccionadas, y se justifica el porqué se han seleccionado.

También consta toda la información técnica relevante que encamina ciertas partes del diseño.

### 5.1 DEFINICIÓN DEL NIVEL DE GENERALIDAD

El nivel de generalidad es alto, ya que se produce un diseño totalmente diferente al producto existente o producto base, tanto en la parte estética como en la técnica. Es decir, se trata de un producto innovador.

### 5.2 DEFINICIÓN DE OBJETIVOS

Al ser un trabajo académico sin promotor externo, el trabajo de obtención de los diferentes objetivos será conceptual, teniendo en cuenta el contexto (social, económico, demográfico, medioambiental, legislativo) definido anteriormente en los apartados anteriores.

Así pues, nos ponemos en el lugar de los diferentes cargos para poder tener una visión completa de las necesidades del producto, estos cargos serán: dirección, diseño, fabricación, logística, marketing y montaje y mantenimiento.

DIRECCIÓN	MÁRKETING	DISEÑO	FABRICACIÓN	LOGÍSTICA	INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO
Innovador	Atractivo	Innovador	Que sea fácil de producir	Que ocupe poco espacio	Fácil de instalar
Estético	Con una buena relación calidad/precio	Estético	Que se pueda fabricar con técnicas existentes	Resistente a posibles golpes en el transporte	Rápido de instalar
Rentable	Que sea el mejor en alguna característica	Que sea seguro	Apto para la fabricación de grandes series	Materiales y piezas de proximidad	Poco mantenimiento
Situado en el sector medio-alto	Que ofrezca funcionalidades nuevas	Con larga vida útil	Proceso lo más automatizado posible	Ligero	Fácil de reparar

## GREEN CERAMICS

Con una gran implantación	Que sea respetuoso con el medio ambiente	Que sea modular	Que se puedan usar descartes de anteriores lotes	Que sea paletizable	Que puedan plantarse plantas con necesidades diferentes
Ajustado a los métodos de producción actuales	Que se adapte a diferentes climas para aumentar la proporción de mercado en el que se puede implantar	Que incorpore elementos reciclados y que sea en su mayoría reutilizable y reciclable	Que no necesite de gran cantidad de materiales diferentes		Que sea adaptable para las dimensiones de cualquier fachada
Fabricable en serie	Que sirva de espacio publicitario	Que sea eficiente en el uso de agua	Que pueda fabricarse en pocos pasos		Que pueda mantener a las plantas en diferentes climas
Precio competitivo	Que destaque	Que sirva de barrera térmica para la fachada			Que desagüe de forma eficaz el agua sobrante
		Con un uso optimizado de materiales			Que el sustrato tenga una larga vida útil
		Que sirva de plantilla para la botánica creativa			Que se pueda regular en cierta manera la incidencia de sol
		Que use la menor cantidad de energía posible			Que cuente con un sistema de riego automatizado

tabla 1.2 "Necesidades, objetivos y deseos según posición"

### 5.3. ESPECIFICACIONES Y RESTRICCIONES

Se presentan a continuación los objetivos del punto anterior (hasta el 50) a los que se le añaden algunos objetivos adicionales (a partir de 50):

1. Que sea innovador (objetivo esencial prioritario)
2. Que sea estético (objetivo esencial prioritario)
3. Que sea rentable (objetivo esencial prioritario)
4. Que se sitúe en el sector medio-alto (deseo)
5. Con una gran implantación (deseo)
6. Que se ajuste a los métodos de producción actuales (objetivo esencial)
7. Que se pueda fabricar en serie (objetivo esencial prioritario)
8. Que tenga un precio competitivo (objetivo esencial)
9. Que sea atractivo (objetivo esencial)
- ~~10. Que tenga buena relación calidad/precio (objetivo esencial) (repetido con 8)~~
11. Que sea el mejor en alguna característica (deseo)
12. Que ofrezca funcionalidades nuevas (objetivo esencial)
13. Que sea respetuoso con el medio ambiente (objetivo esencial)
14. Que se adapte a diferentes climas para aumentar la proporción de mercado en el que se puede implantar (objetivo esencial prioritario)
15. Que sirva de espacio publicitario (deseo)
16. Que destaque (objetivo esencial)
- ~~17. Que sea innovador (repetido con 1)~~
- ~~18. Que sea estético (repetido con 2)~~
19. Que sea seguro (objetivo esencial prioritario)
20. Que tenga una larga vida útil (objetivo esencial)
21. Que sea modular (deseo)
22. Que incorpore elementos reciclados y que sea en su mayoría reutilizable y reciclable → 22.1 Que incorpore material reciclado (objetivo esencial) 22.2 Que sea reutilizable y/o reciclable (objetivo esencial)
23. Que sea eficiente en el uso de agua (objetivo esencial prioritario)
24. Que sirva de barrera térmica para la fachada (objetivo esencial)
25. Con un uso optimizado de materiales (objetivo esencial)
26. Que sirva de plantilla para la botánica creativa (objetivo esencial)
27. Que use la menor cantidad de energía posible (deseo)
28. Que sea fácil de producir (objetivo esencial prioritario)
- ~~29. Que se pueda fabricar con técnicas existentes (repetido con 6)~~
- ~~30. Que sea apto para la fabricación de grandes series (repetido con 7)~~
31. Que sea un proceso lo más automatizado posible (objetivo esencial)
32. Que se puedan usar descartes de anteriores lotes (deseo)
33. Que no necesite de gran cantidad de materiales diferentes (deseo)
34. Que pueda fabricarse en pocos pasos (objetivo esencial)
35. Que ocupe poco espacio (objetivo esencial)
36. Que sea resistente a posibles golpes en el transporte (objetivo esencial)
37. Que use materiales y componentes de proximidad (deseo)
38. Que sea ligero (objetivo esencial)
39. Que sea fácilmente paletizable (deseo)
40. Que sea fácil de instalar (objetivo esencial)

- 41. Que sea rápido de instalar (objetivo esencial)
- 42. Que precise poco mantenimiento (objetivo esencial prioritario)
- 43. Que sea fácil de reparar (deseo)
- 44. Que puedan plantarse plantas con necesidades diferentes (objetivo esencial)
- 45. Que sea adaptable para las dimensiones de cualquier fachada (objetivo esencial)
- 46. Que pueda mantener a las plantas en diferentes climas (objetivo esencial prioritario)
- 47. Que desagüe de forma eficaz el agua sobrante (objetivo esencial)
- 48. Que el sustrato tenga una larga vida útil (objetivo esencial)
- 49. Que se pueda regular en cierta manera la incidencia de sol (deseo)
- 50. Que cuente con un sistema de riego automatizado (objetivo esencial)
- 51. Que sea un sistema apto también para interiores (deseo)
- 52. Que tenga un balance de impacto ambiental a fin de vida útil lo más positivo posible (objetivo esencial)
- 53. Que el sistema de anclaje debe asegure una correcta adhesión incluso en condiciones ambientales adversas (objetivo esencial prioritario)
- 54. Que se evite la propagación de enfermedades (objetivo esencial)
- 55. Que se fomente el crecimiento de hongos y microalgas para una correcta auto-regulación del sustrato (deseo)

### 5.4. Análisis de objetivos

A continuación jerarquizamos los objetivos dentro de unas características generales del producto que se quiere conseguir. Observamos así la gradación de los objetivos más generales a los más específicos. Se distinguen las siguientes características generales:

<p>-Estética</p> <p>2    9    16</p> <p>      26</p> <p>      45</p>	<p>-Fabricación</p> <p>28    6</p> <p>      34</p> <p>32</p> <p>7    31</p>
<p>-Economía</p> <p>3    25</p> <p>4    8</p>	<p>-Seguridad</p> <p>19    53</p> <p>      47</p>
<p>-Mantenimiento</p> <p>42    48</p> <p>      40</p> <p>      54</p> <p>      55</p> <p>43</p>	<p>-Logística e instalación</p> <p>36</p> <p>37    33</p> <p>39</p> <p>41    42</p>

<p>-Impacto ambiental</p> <p>13    52    20</p> <p>          22.1</p> <p>          22.2</p> <p>          37</p> <p>      23</p> <p>      27</p>	<p>-Funcionalidad</p> <p>      1    44</p> <p>          46</p> <p>          11</p> <p>      12    15</p> <p>          21</p> <p>          24</p> <p>          49</p> <p>      14    51</p> <p>      38</p>
---	--

*tabla 1.3 "Relación de objetivos"*

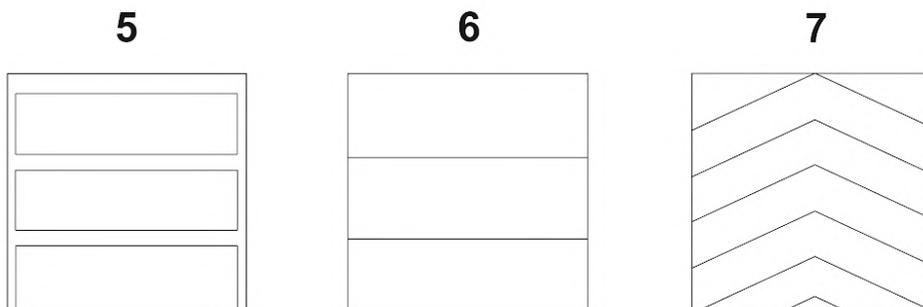
Una vez concretados los objetivos estos se reescriben como especificaciones escalables y clasifican por temas, después se eliminan las posibles repeticiones, además, se revisan. Una vez tenemos la clasificación completa debemos establecer las variables con las podamos medir el cumplimiento del sistema en cada objetivo.

## 6. ANÁLISIS DE SOLUCIONES

Después de la búsqueda e identificación de las tendencias estéticas en fachadas y teniendo en cuenta tanto el listado de objetivos como las posibilidades reales de los proceso de fabricación de productos cerámicos, se han realizado dibujos rápidos siguiendo las características de la técnica brainstorming.

### 6.1 FORMA GENERAL

Atendiendo a los resultados de búsqueda de información de las tendencias estéticas y de los objetos de inspiración **incluidos en el anexo** se han realizado bocetos rápidos, los cuales han sido procesados y mejorados hasta convertirse en siete opciones de diseño.



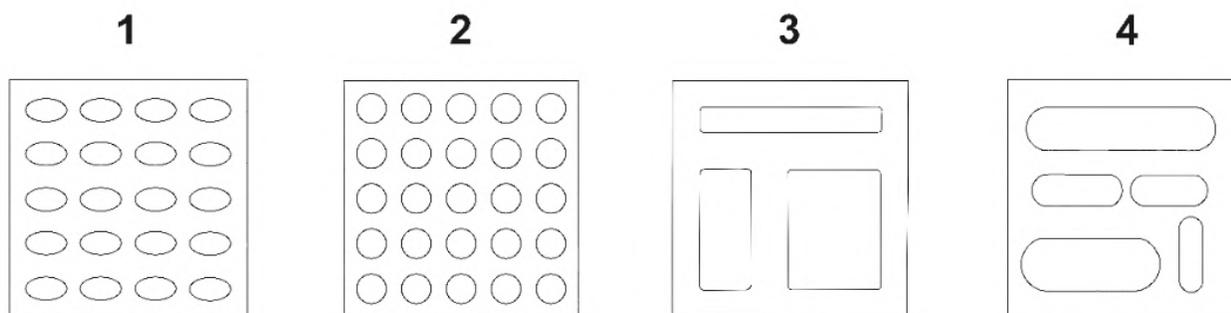


figura 1.9 "Formas generales, primera aproximación"

Opción 1

PROS	CONTRAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Simplicidad de forma</li> <li>-Fácil fabricación</li> <li>-Fácil montaje</li> <li>-Uso como plantilla</li> <li>-Peso medio</li> <li>-Muy buena retención de la humedad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Posible limitación en ambientes húmedos</li> <li>-Apto solo para vegetación de tallo medio-fino</li> </ul>

tabla 1.4 "Pros y contras Opción 1"

Opción 2

PROS	CONTRAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Simplicidad de forma</li> <li>-Fácil fabricación</li> <li>-Fácil montaje</li> <li>-Uso como plantilla</li> <li>-Peso medio</li> <li>-Muy buena retención de la humedad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Posible limitación en ambientes húmedos</li> </ul>

tabla 1.5 "Opción 2"

## GREEN CERAMICS

---

### Opción 3

PROS	CONTRAS
<ul style="list-style-type: none"><li>-Atractivo visualmente</li><li>-Fácil montaje</li><li>-Peso ligero</li><li>-Buen funcionamiento en climas húmedos</li><li>-Funciona muy bien como celosía</li><li>-Apto para todo tipo de tamaños de vegetación</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>-Dificultad media en cuanto a producción</li><li>-Posible limitación en ambientes secos</li><li>-Problemas con la fijación del sustrato</li><li>-Poca retención de humedad</li><li>-Fragilidad</li></ul>

tabla 1.6 "Opción 3"

### Opción 4

PROS	CONTRAS
<ul style="list-style-type: none"><li>-Atractivo visualmente</li><li>-Fácil montaje</li><li>-Peso ligero-medio</li><li>-Buen funcionamiento en climas húmedos</li><li>-Funciona bien como celosía</li><li>-Apto para gran variedad de tamaños de vegetación</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>-Dificultad media en cuanto a producción</li><li>-Posible limitación en ambientes secos</li><li>-Problemas con la fijación del sustrato</li><li>-Poca retención de humedad</li><li>-Fragilidad</li></ul>

tabla 1.7 "Opción 4"

### Opción 5

PROS	CONTRAS
<ul style="list-style-type: none"><li>-Fácil mantenimiento y cuidado de plantas</li><li>-Apto para gran variedad de plantas</li><li>-Permite la anidación de pequeñas aves</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>-Pesado</li><li>-Fabricación de dificultad media-alta</li><li>-Limitación en ambientes secos</li><li>-Sustrato muy poco protegido frente a escorrentías y lluvias intensas.</li></ul>

tabla 1.8 "Opción 5"

### Opción 6

PROS	CONTRAS
<ul style="list-style-type: none"><li>-Visualmente atractivo</li><li>-Permite la anidación de pequeñas aves</li><li>-Apto para un buen número de plantas</li><li>-Retiene muy bien la humedad</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>-Muy pesado</li><li>-Fabricación de dificultad alta</li><li>-Limitación en ambientes húmedos</li><li>-Difícil mantenimiento</li><li>-Sustrato poco protegido frente a escorrentías y lluvias intensas.</li></ul>

tabla 1.9 "Opción 6"

### Opción 7

PROS	CONTRAS
<ul style="list-style-type: none"><li>-Fácil mantenimiento y cuidado de plantas</li><li>-Visualmente atractivo</li><li>-Buena evacuación de agua</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>-Pesado</li><li>-Fabricación de dificultad alta</li><li>-Limitación en ambientes secos</li><li>-Limitado al uso de herbáceas</li><li>-Poca retención de humedad</li><li>-Sustrato muy poco protegido frente a escorrentías y lluvias intensas</li></ul>

tabla 1.10 "Opción 7"

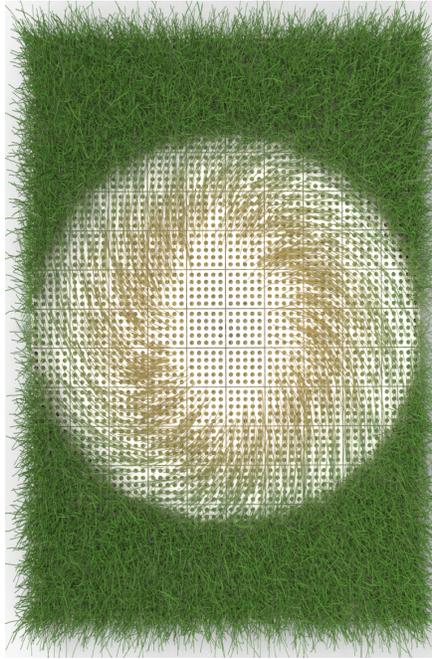
Una vez concretados los objetivos estos se reescriben como especificaciones escalables y clasifican por temas, después se eliminan las posibles repeticiones, además, se revisan. Una vez tenemos la clasificación completa debemos establecer las variables con las podemos medir el cumplimiento del sistema en cada objetivo.

OBJETIVO	VARIABLE	DESCRIPCIÓN DE LA VARIABLE	UNIDADES
1	1.1	Área de la cara frontal mínima 15 cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>
	1.2	Área de la cara frontal mínima máxima 40 cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>
	1.3	Espesor modular total máximo	mm
	1.4	Espesor modular total mínimo	mm
2	2.1	Espesor del sustrato entre 5 y 15 mm	mm
3	3.1	Número de especies aptas	nº
	3.2	Porcentaje terrestre urbano en el que se podría implantar	%
	3.3	Vida útil del sistema	años
4	4.1	Porcentaje de material reciclado integrado de al menos el 50%	%
	4.2	Porcentaje de material recuperable de al menos el 80%	%
	4.3	Materiales obtenibles en un rango de como máximo 300km	km
	4.4	Impacto a final de vida positivo	puntos
	4.5	El sistema retendrá eficazmente la humedad	
5	5.1	Nº de módulos a la hora por línea de montaje de ....	unidades/hora
	5.2	Variabilidad dimensional máxima del %	%
	5.3	Tiempo de procesado total	minutos
6	6.1	Tenacidad de fractura	MPa
	6.2	Coefficiente de dilatación térmica disimilar entre superficies en contacto no superior	%
	6.3	Resistencia a la fatiga	MPa
	6.4	Resistencia a la corrosión	-
	6.5	Resistencia a temperaturas ambientales extremas, entre -20 y 60º	ºC
	6.6	Peso máximo soportable de kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>
	6.7	Peso propio máximo por m <sup>2</sup>	Kg/m <sup>2</sup>
7	7.1	Tiempo de colocación por módulo lo más rápido posible. Como máximo 180 s	seg.
	7.2	Tendrá herramientas auxiliares que facilitarán la instalación	-
	7.3	Instalación según plano	-
8	8.1	Habrán filtros que impidan la obstrucción del sistema de desagüe	-
	8.2	La vida del sustrato tendrá una larga vida útil. Al menos 1 año y medio	años
	8.3	Se dotará de herramientas para la sustitución de elementos internos como mangueras	-
	8.4	El sistema de riego minimizará la necesidad de mantenimiento	-
	8.5	Se evitará la propagación de enfermedades gracias a la separación física intermodular. Al menos 10 mm	mm
9	9.1	Regulable para compensar la incidencia del sol. Ángulo de inclinación entre -5 y 20	grados
	9.2	Espesor del sustrato entre 5 y 20 mm	mm
	9.3	El sistema de retención de humedad podrá variarse. Para acumular entre 10-60% de la humedad en peso relativo	%
	9.4	Diferentes orificios para poder adaptarse a más vegetación. Orificios entre 10 y 30 mm de diámetro	mm
10	10.1	Opción de sustrato con sistema de riego hidropónico y humedad por encima del 30%	%
11	11.1	Posibilidad de planificación previa de un lienzo vegetal a modo de mural artístico y/o publicitario	-
	11.2	Deben poder colgarse pancartas. Debe haber un lugar de anclaje que soporte al menos 30 kg	
12	12.1	Un 70% de los encuestados deben considerar atractivo el sistema con cubierta vegetal	%
	12.2	Un 70% de los encuestados deben considerar atractivo el sistema sin cubierta vegetal	%
13	13.1	El precio no debe de superar los 650 €/m <sup>2</sup>	euros

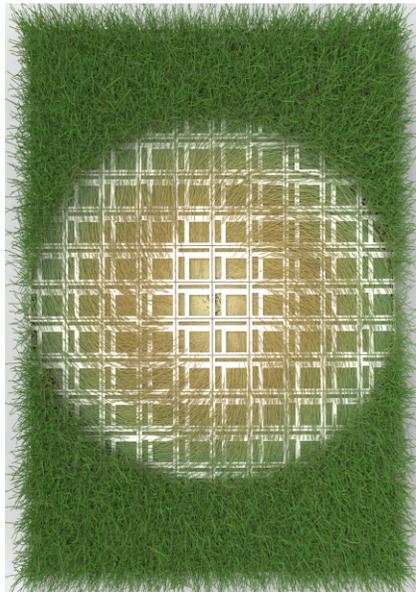
tabla 1.11 "Especificaciones"

### 6.1.2 EXPERIMENTACIÓN ESTÉTICA

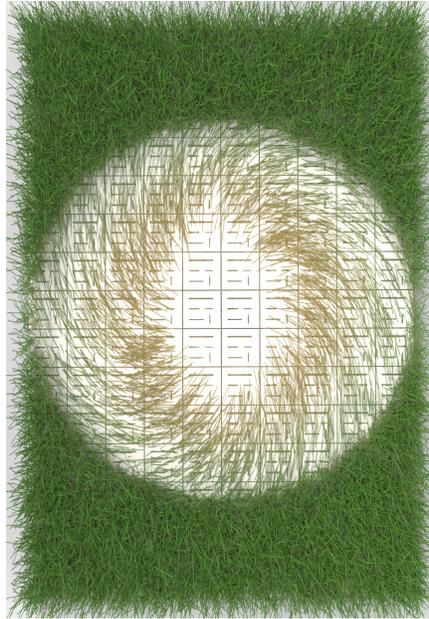
En este apartado se realiza una visualización rápida integrada de cuatro variantes representativas (nótese también una experimentación formal) para tener una idea más aproximada del comportamiento estético en fachada.



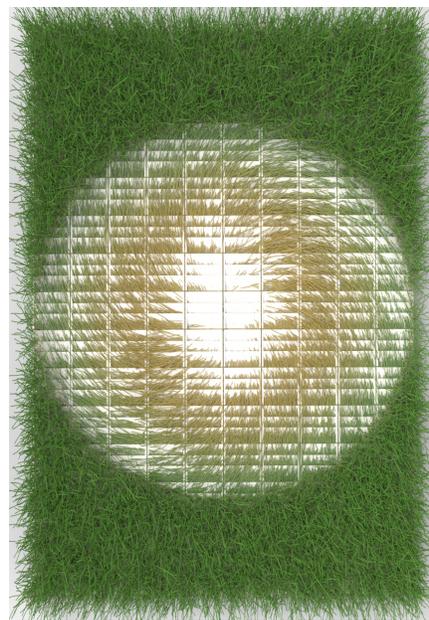
*figura 1.10 "Opción 2"*



*figura 1.11 "Opción 3"*



*figura 1.12 "Opción 4"*



*figura 1.13 "Opción 5"*

### 6.1.3 EVALUACIÓN DE OPCIONES DE LOS RESULTADOS PRELIMINARES DE DISEÑO

Para evaluar de manera objetiva las opciones de diseño y escoger la más adecuada se han planteado una serie de objetivos específicos, con los cuales analizamos los posibles productos de forma cualitativa y cuantitativa. Estos objetivos son:

- O1: Innovador
- O2: Funcional
- O3: Estético

## GREEN CERAMICS

- O4: De fácil producción
- O5: Ligero
- O6: Montaje sencillo
- O7: Poco mantenimiento
- O8: Adaptable a diferentes climas

A continuación establecemos la jerarquía de objetivos mediante el método cualitativo Copeland

	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	TOTAL	POSICIÓN
O1	-	-1	-1	-1	0	0	-1	-1	-5	8º
O2	1	-	1	-1	1	1	1	0	4	2º
O3	1	-1	-	-1	0	0	-1	-1	-2	5º
O4	1	1	1	-	1	1	0	-1	4	2º
O5	0	-1	0	-1	-	0	-1	-1	-4	6º
O6	0	-1	0	-1	0	-	-1	-1	-4	6º
O7	1	-1	1	0	1	1	-	0	3	4º
O8	1	0	1	1	1	1	0	-	5	1º

tabla 1.12 "Copeland"

El objetivo más importante es O8 (adaptable a diferentes climas), los dos que le siguen son O2(funcional) y O4 (de fácil producción) , otro objetivo que hay que tener en cuenta es O7 (poco mantenimiento), ya que les sigue de cerca.

### 6.1.4 ANÁLISIS CUALITATIVO (DATUM)

En este apartado se comparan los diseños escogiendo uno como referencia, en cada uno de los objetivos. En caso de empate nos ayudaremos de los resultados obtenidos por el método Copeland.

OBJETIVO	OPCIÓN 1	OPCIÓN 2	OPCIÓN 3	OPCIÓN 4	OPCIÓN 5	OPCIÓN 6	OPCIÓN 7
O1	=	D	=	+	=	+	+
O2	-	A	=	-	=	-	-
O3	=	T	+	+	-	+	+
O4	=	U	-	-	-	-	-
O5	=	M	+	=	-	-	-
O6	=		=	=	-	-	-
O7	=		=	=	+	-	+
O8	=		-	=	-	-	-
<b>SUMATORIO</b>	-1	0	0	0	-4	-4	-2

tabla 1.13 "DATUM"

El diseño seleccionado es el número dos, tras aplicar el método DATUM surge un empate entre OP2, OP3 y OP4. Teniendo claro que tanto OP5 y OP6 están totalmente descartados y OP1 y OP7 están rezagados respecto a los tres primeros, usamos los datos obtenidos en el apartado anterior 6.1.4, para resolver el diseño más correcto.

OP3 es peor en los objetivos prioritarios (O8 y O4) respecto de las otras dos, por lo tanto queda descartado. OP4 es mejor que OP2 en el objetivo prioritario (O8), pero es peor en los otros dos (O4 y O2), en la tabla 1.5 podemos observar que los valores del primer objetivo como los de los segundos están muy próximos, es por ello que priorizamos el conjunto de O2 y O4 sobre O8, con todo esto otorgamos una ligera ventaja de diseño a la opción 2.

### 6.1.5 ANÁLISIS CUANTITATIVO (MÉTODO DE PONDERACIÓN)

Con este método obtenemos un resultado numérico final debido a la ponderación de objetivos y a la clasificación de las variantes de diseño teniendo en cuenta cómo de satisfactoriamente cumplen cada objetivo.

Así pues, con los datos obtenidos en los apartados anteriores, ponderamos cada objetivo partiendo de un sumatorio total de 100 puntos y le otorgamos a cada uno el valor representativo correspondiente al sumatorio de puntos obtenidos en el análisis según Copeland:

obtenidos en el análisis según Copeland:	O lo que es lo mismo:
25 → O8	3 → O1
20 → O2	20 → O2
20 → O4	7 → O3
15 → O7	20 → O4
7 → O3	5 → O5
5 → O5	5 → O6
5 → O6	15 → O7
3 → O1	25 → O8

tabla 1.14 "Objetivos de análisis Copeland"

El siguiente paso es establecer una medición utilizando una escala común del grado en que cada diseño alternativo satisface a cada uno de los objetivos.

Definitivamente satisfactorio → 100%

Probablemente satisfactorio → 75%

Dudoso → 50%

Probablemente insatisfactorio → 25%

Definitivamente insatisfactorio → 0%

A continuación se sitúan en la tabla las diferentes variantes de diseño.

VALORACIÓN	Innovador	Funcional	Estético	Fácil producción
<b>Definitivamente satisfactorio</b>	OP5, OP6, OP7		OP3, OP4, OP6, OP7	OP2, OP1
<b>Probablemente satisfactorio</b>	OP1, OP2, OP3, OP4	OP2, OP3	OP2	OP3, OP4
<b>Dudoso</b>		OP1, OP4, OP5	OP1, OP5	OP5, OP6
<b>Probablemente insatisfactorio</b>		OP6		OP7
<b>Definitivamente insatisfactorio</b>		OP7		
VALORACIÓN	Ligero	Montaje sencillo	Fácil mantenimiento	Adaptable a climas
<b>Definitivamente satisfactorio</b>	OP1, OP2, OP3, OP4	OP1, OP2, OP3, OP4	OP5, OP7	OP1, OP2, OP4
<b>Probablemente satisfactorio</b>	OP5	OP5	OP1, OP2, OP3, OP4	OP3
<b>Dudoso</b>	OP6, OP7			OP6
<b>Probablemente insatisfactorio</b>		OP6, OP7	OP6	OP5, OP7
<b>Definitivamente insatisfactorio</b>				

tabla 1.15 "Satisfacción de objetivos"

### OP1

$$3 \cdot \frac{75}{100} + 20 \cdot \frac{50}{100} + 7 \cdot \frac{50}{100} + 20 \cdot \frac{100}{100} + 5 \cdot \frac{100}{100} + 5 \cdot \frac{100}{100} + 15 \cdot \frac{50}{100} + 25 \cdot \frac{100}{100} = 78,25$$

### OP2

$$3 \cdot \frac{75}{100} + 20 \cdot \frac{75}{100} + 7 \cdot \frac{75}{100} + 20 \cdot \frac{100}{100} + 5 \cdot \frac{100}{100} + 5 \cdot \frac{100}{100} + 15 \cdot \frac{50}{100} + 25 \cdot \frac{100}{100} = 85$$

### OP3

$$3 \cdot \frac{75}{100} + 20 \cdot \frac{75}{100} + 7 \cdot \frac{100}{100} + 20 \cdot \frac{75}{100} + 5 \cdot \frac{100}{100} + 5 \cdot \frac{100}{100} + 15 \cdot \frac{50}{100} + 25 \cdot \frac{75}{100} = 75,5$$

### OP4

$$3 \cdot \frac{75}{100} + 20 \cdot \frac{50}{100} + 7 \cdot \frac{100}{100} + 20 \cdot \frac{75}{100} + 5 \cdot \frac{100}{100} + 5 \cdot \frac{100}{100} + 15 \cdot \frac{50}{100} + 25 \cdot \frac{100}{100} = 76,75$$

### OP5

$$3 \cdot \frac{100}{100} + 20 \cdot \frac{50}{100} + 7 \cdot \frac{50}{100} + 20 \cdot \frac{50}{100} + 5 \cdot \frac{75}{100} + 5 \cdot \frac{75}{100} + 15 \cdot \frac{100}{100} + 25 \cdot \frac{25}{100} = 55,25$$

### OP6

$$3 \cdot \frac{100}{100} + 20 \cdot \frac{25}{100} + 7 \cdot \frac{100}{100} + 20 \cdot \frac{50}{100} + 5 \cdot \frac{50}{100} + 5 \cdot \frac{25}{100} + 15 \cdot \frac{25}{100} + 25 \cdot \frac{50}{100} = 45$$

### OP7

$$3 \cdot \frac{100}{100} + 20 \cdot \frac{0}{100} + 7 \cdot \frac{100}{100} + 20 \cdot \frac{25}{100} + 5 \cdot \frac{50}{100} + 5 \cdot \frac{25}{100} + 15 \cdot \frac{100}{100} + 25 \cdot \frac{25}{100} = 40$$

El método ponderativo confirma la **elección del diseño “opción 2”** como el más acertado, ya que aventaja al siguiente (opción 1) en 6,75 puntos y obtiene una puntuación total de 85 puntos de 100 posibles, lo que indica que no solo es el mejor diseño comparado con el resto, también es un buen diseño analizado de forma global.

## 6.2. SISTEMA DE ANCLAJE A FACHADA

Debido a la repercusión que tiene la elección de un sistema de anclaje u otro sobre los demás componentes del producto se analizan varias opciones desde el punto de vista de viabilidad operativa, funcional y técnica, cuya información complementaria podemos encontrar en el apartado anexos otros elementos y en apartado elementos constituyentes, las opciones serán evaluadas de forma analítica mediante un DATUM.

Cargará la totalidad del peso de los módulos, el sustrato, la vegetación y parte del sistema de riego, también será uno de los puntos clave para lograr la adaptabilidad del sistema a diferentes tipologías de fachada. Dada la similitud del producto en cuanto a materiales, disposición y dimensiones con las fachadas ventiladas, usaremos los mismos tipos de anclajes, pero con especificaciones apropiadas para el producto.

El sistema de anclaje ha sido escogido teniendo en cuenta tanto la seguridad como la optimización de materiales para obtener un sistema de anclaje fiable, sencillo, ligero, y económico.

Comparten ciertas características, como son:

- Tienen el mismo fabricante (Gutterkel)
- Todos los anclajes están fabricados en acero inoxidable (AISI 304/316, según especificaciones UNE-EN 10088-1 y UNE-EN 10088-2).
- Se debe prever un espacio tanto para el sistema de riego como para las labores de mantenimiento, además servirá como colchón de aislamiento térmico y acústico. Este espacio será de 50mm.

### 6.2.1 ANCLAJES FIJOS PUNTUALES NO REGULABLES



figura 1.14 "Anclajes fijos puntuales no regulables"

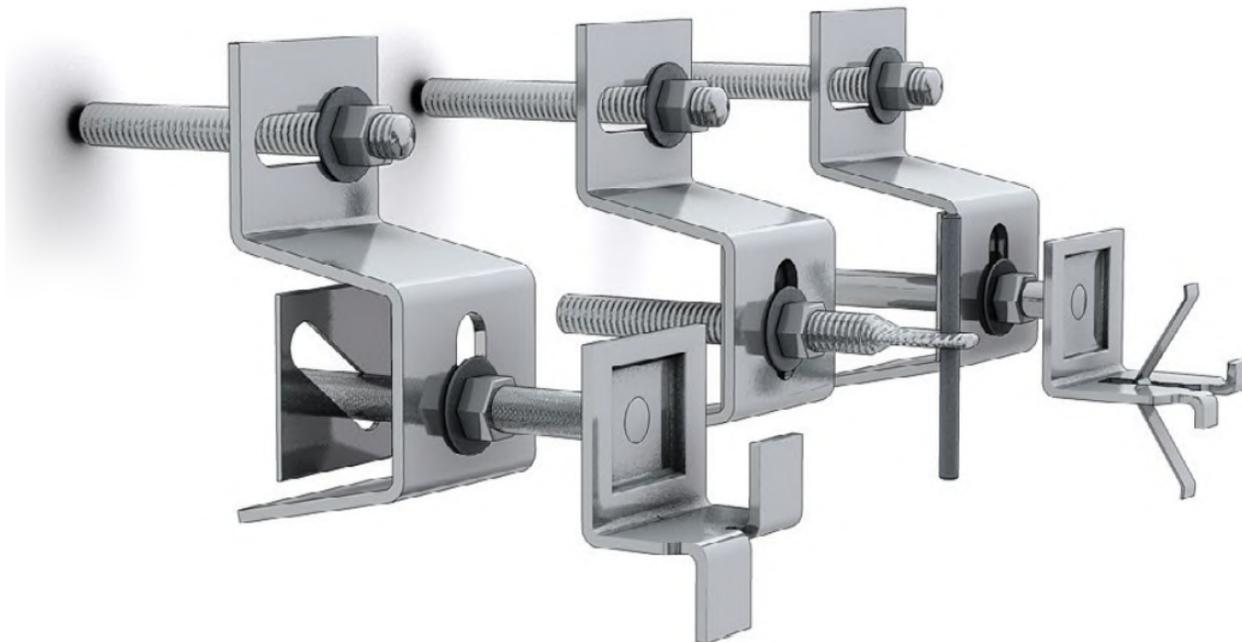
#### PUNTOS POSITIVOS

- Dada su simplicidad y adecuación del mecanizado a realizar en la base de la pieza cerámica (taladrado), el coste de fabricación no será excesivo.
- Es más restrictiva, en cuanto a libertad de movimiento que los otros modelos.
- El sistema es muy fácil de instalar y no precisa de operarios muy cualificados, pero debido a que se tienen que instalar dos anclajes por módulo el número de operaciones y por consiguiente el tiempo de instalación total no será reducido.
- Es el tipo de anclaje con el precio unitario más bajo.

#### PUNTOS NEGATIVOS

- El mayor problema del sistema de anclaje viene dado por su montaje "al aire", ya que al tener un área muy baja en contacto con el módulo cerámico, este debe ser capaz de soportar mayores esfuerzos. Al estar situados en los extremos, la carga correspondiente al sustrato saturado crea esfuerzos cortantes y flectores en la pared inferior de la base modular. Para soportar con seguridad dichos esfuerzos ésta última debe ganar espesor, lo que incrementa de forma notable el peso de la pieza.
- Otro inconveniente es el elevado tiempo de montaje, ya que necesita de un taladrado por cada anclaje. Debido a que es el sistema con mayor número de taladros también es el que mayores errores dimensionales debido a la acumulación de pequeñas desviaciones.

## 6.2.2 ANCLAJE PUNTUAL CON MÉNSULA DE REGULACIÓN EN 3 DIMENSIONES



*figura 1.15 "Anclaje puntual con ménsula de regulación"*

### PUNTOS POSITIVOS

- Otorga posibilidades de regulación en los tres ejes, proporcionando más libertad para regular los espacios intermodulares y adaptarlos a las necesidades de aireación de la vegetación y humedad dados por el clima.
- Permite el montaje en perfiles y una cierta tolerancia de concetricidad con respecto a estos, es decir, pueden usarse perfiles estructurales estandarizados y también la implantación del sistema en ciertas fachadas semi-acristaladas, lo que reduce el precio total y amplía el rango de uso.
- Distribuye mejor las cargas generadas en la fachada.

### PUNTOS NEGATIVOS

- Como inconvenientes se enfrenta a los mismos que el sistema de anclajes fijos puntuales en cuanto a distribución de cargas y espesores requeridos por la base cerámica
- Supone un incremento en costes de fabricación de este sistema con respecto al anterior.
- Supone un incremento de peso total de este sistema con respecto al anterior.

### 6.2.3 ANCLAJE DE PIVOTE

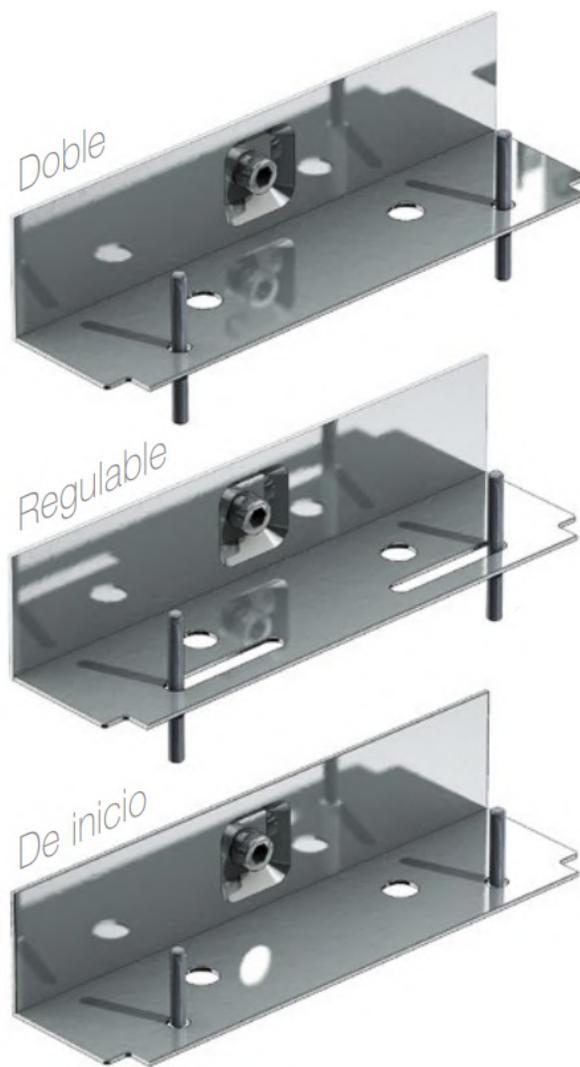


figura 1.16 "Anclaje de pivote"

#### PUNTOS POSITIVOS

- Solo precisa de un anclaje por módulo (salvo los módulos más superiores), pudiendo estar pre-ensamblado, presentando una gran eficiencia de montaje en los tiempos de instalación con respecto a los otros sistemas.
- Disminuye las operaciones de taladrado en fachadas pesadas a la mitad, los errores de colinealidad se reducen sustancialmente.
- Todo el peso que soporta la base cerámica (incluido el propio) se reparte a lo largo de toda la superficie de apoyo. Se anulan las cargas cortantes que ejerce el peso del sustrato, que ahora ejerce carga compresiva sobre la pared de la base cerámica, pudiendo así reducir espesores de forma sustancial y, por lo tanto, peso.

- Es adaptable a fachadas pesadas como ligeras, lo que amplía el rango de mercado en el que se puede integrar.
- Donde sea necesaria la incorporación de perfiles estructurales la necesidad de ménsula desaparece

### PUNTOS NEGATIVOS

- Necesita de una ménsula para poder mantener el espaciado deseado en montajes directos.
- Aumenta el número de piezas en los montajes con perfil.
- Aumenta el peso relativo del sistema de anclaje con respecto a los demás sistemas.
- Por su adaptabilidad a diferentes tipos de fachada, rapidez y facilidad de montaje, peso no excesivo y adecuación a las solicitaciones y geometrías de las piezas a soportar, se elige el sistema de anclaje de pivote entre los demás como solución final.

## 7. SOLUCIÓN FINAL

### 7.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

Escogemos la Opción 2 para la forma general y el sistema de anclaje de pivote como sistema de fijación.

Se han estudiado las posibles deficiencias en el diseño, como era para el sistema de anclaje, el cual no dejaba extraer los módulos una vez acoplados. Se han realizado los cálculos pertinentes para comprobar la integridad de todas las piezas y se han redefinido los espesores.

El resultado final es un sistema de jardinería vertical compuesto por maceteros cerámicos cuyo riego se realiza mediante riego por goteo, sectorizado y programado. Permite regular los sectores que se desee y minimizar el mantenimiento.

El sistema se adapta a cualquier clima y posibilita el crecimiento de una gran variedad de plantas. Es especialmente bueno en climas secos.

El ahorro energético es excelente gracias a su espesor y al flujo de aire fachada-módulo. El gasto de agua es mínimo debido a la programación del riego y a la excelente absorción de humedad del sustrato, mientras que el gres y la geometría aseguran una buena evacuación de agua excedente.

Tanto el sistema de riego como el de anclaje se encuentran ocultos, resultando en una limpieza visual del sistema muy buena, es estético tanto con flora como sin ella.

## GREEN CERAMICS

---

Gracias a la tapa se pueden realizar planos detallados para “pintar” el jardín vertical con diferentes variedades creando un mural vivo.

El diseño del anclaje permite una extracción de los módulos muy rápida, siendo la facilidad, tiempo y coste de mantenimiento muy inferior al de la competencia. También posibilita colgar cartelería, siendo esta enganchada directamente a los anclajes o a la perfilera metálica.

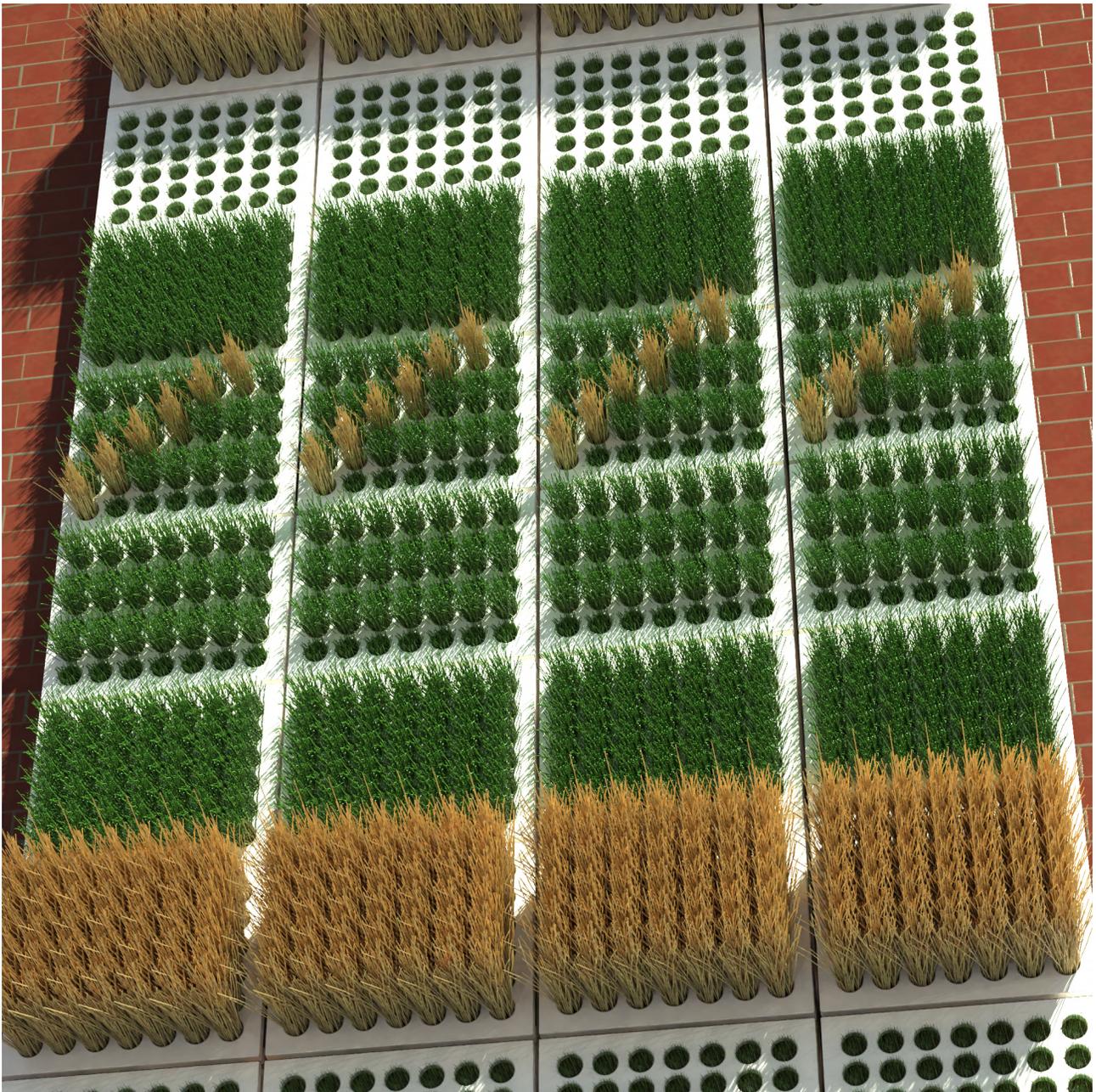


figura 1.17 “Vista integrada”

## 7.2 LISTADO DE COMPONENTES

COMPONENTE	COMPRADO/ FABRICADO/ PROCESADO	PESO UNITARIO (kg)	UNIDADES
Tapa	F	1,5	2.840
Fast-con (100 u)	C	1,0	11.360
Keep-nut (100 u)	C	0,7	11.360
Brida de seguridad (100 u)	C	1,2	5.680
Malla de sujeción (m)	C	0,2	568
Sustrato	P	12,9	2.840
Lámina textil (m)	C	0,2	568
Base	F	8,0	2.840
Clip de fijación (100 u)	F	0,7	5.720
Tornillo DIN 7991 EN 14410 - M3x25 (100 u)	C	0,2	5.720
Camisa de fijación (100 u)	F	9,5	5.720
Anclaje	P	1,9	2.880
Tornillo DIN 912 - M10x60 (100 u)	C	3,9	2.880
Arandela de presión	C	0,2	2.880
Arandela DIN 125 - M10 (100 u)	C	0,1	5.760
Tuerca DIN 923 - M10 (100 u)	C	1,1	2.880
Espárrafo roscado DIN 835 M10x100 (100 u)	C	7,9	1.600
Tornillo DIN 6921 - M8 x 30 (100 u)	C	3,5	1.400
Arandela DIN 125 - M8 (100 u)	C	0,0	2.800
Tuerca tensilock DIN 6923 - M8 (100 u)	C	0,7	1.400
Perfil en U 39x39x6000 AISI 304 (m)	C	1,5	200
Escuadra de retención (10 u)	C	0,9	600
Escuadra de fijación (10 u)	C	1,7	800
Barrera intumescente (m)	C	1,8	200
Electroválvula Bermad S390 3 vías, 24VAC-NC	C	0,3	31
Válvula antirretorno PVC Cepex EPDM DN90	C	-	1
Bomba centrífuga Hydro Solo-E CRE 32-2HQQE	C	-	1
Controlador IRRITOL Total Control	C	-	1
Kit abonadora de riego DRIPJET	C	-	3
Manómetro PGD-45 L	C	-	3
Tubería de 90mm (m)	P	1,5	36
Codo tubería de 90	C	0,2	8
Abrazadera de fijación para tubería de 90	C	0,3	8
T macho 90mm	C	0,2	4
Tapón tubería de 90mm	C	1,5	4
Reductora 90-75	C	0,2	4
Reductora 75-63	C	0,1	4
Reductora 63-50	C	0,1	4
Tubería de 50mm (m)	P	0,3	63
Abrazadera de fijación para tubería de 50	C	0,1	24
Tapón final para tuberías de 50mm	C	1,2	4
T macho 50 (10 u)	C	0,8	28
Reductora 50-40 (10 u)	C	0,9	28
Reductora 40-32 (10 u)	C	0,7	28
Reductora 32-25 (10 u)	C	0,6	28
Tubería de 25mm (m)	P	0,2	58
Abrazadera de fijación para tubería de 25 (10 u)	C	0,8	28
Tornillo tirafondo DIN 571 M8x60 (100 u)	C	0,6	120
Taco para tornillo tirafondo DIN 571 M8x80 (100 u)	C	0,1	120
Codo para tubería de 25 (10 u)	C	0,5	28
T macho 25 (10 u)	C	0,5	284
Reductor 25-20	C	0,3	28
Tubería de 20mm	P	0,1	642
Gotero (10 u)	C	0,4	5.680
<b>POR METRO^2</b>			
<b>TOTAL</b>			

tabla 1.16 "Listado de componentes"

Como se observa de la tabla, el conjunto está formado por multitud de piezas, solo expondremos en profundidad las piezas de los módulos y el sistema de anclaje. Además los componentes del sistema de riego variarán en cada instalación. Toda la información la podemos encontrar en el anexo “3.DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS PIEZAS PRINCIPALES”

### 7.2.1 MÓDULOS

Constituidos por la base de gres (1) en cuyos taladros se montan 4 insertos con rosca interna (keep-nut) (2-3) y se les atornillan sendas uniones rápidas a presión (fast-con), lo mismo en la tapa. El fondo de la base tiene una serie de agujeros para introducir los goteros; se coloca una lámina de textil para distribuir el agua uniformemente (4), se rellena el espacio con sustrato (5) y se cierra con la malla (6) mediante puntos de silicona para evitar una pérdida de sustrato excesiva.

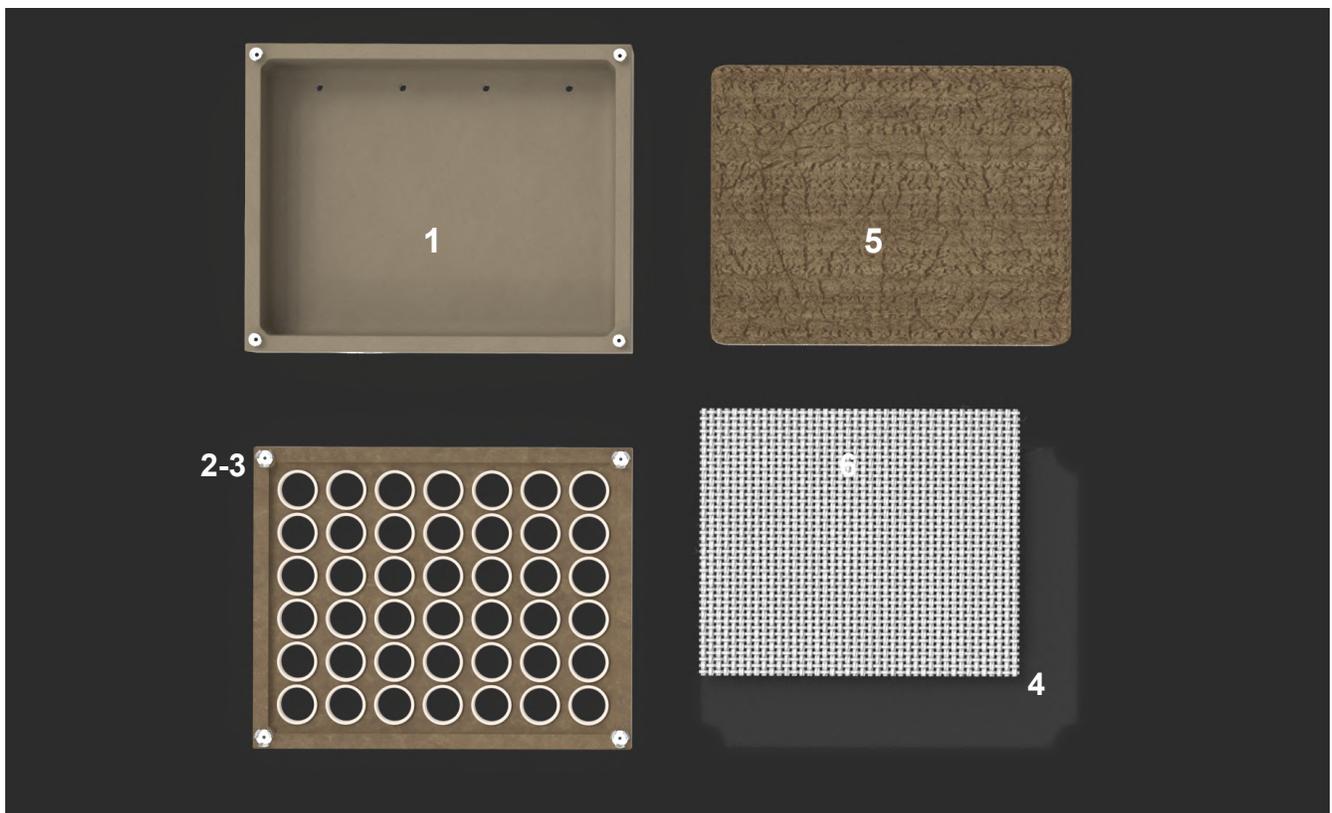


figura 1.18 “Despiece del módulo”

La tapa se monta a presión y quedan conformados los módulos, tal como se muestra en las figuras siguientes:



*figura 1.19 "Módulo, vista 1"*



*figura 1.20 "Módulo, vista 2"*

### 7.2.2 SISTEMA DE ANCLAJE

Consta de un perfil de acero inoxidable como elemento portante, sujeto por escuadras de fijación y escuadras de retención, que van ancladas a la fachada mediante espárragos roscados y resina epoxi. Unidas a el perfil mediante tornillos normalizados, arandelas y tuercas.

La balda de anclaje sustentará a los módulos cerámicos, va unida al perfil mediante una arandela de presión, un tornillo, arandelas y tuerca normalizadas.

Soldada a la base de la balda hay dos camisas con rosca, aseguran a dos clips de sujeción mediante tornillería y arandelas normalizadas. Estos clips restringen el movimiento de los módulos cerámicos en dirección perpendicular a la fachada y permiten a su vez la extracción en caso de necesidad.



*figura 1.21 "Visualización del sistema de anclaje"*

### 7.2.3 SISTEMA DE RIEGO

Se encarga de proveer del agua necesaria a cada módulo siguiendo el programa de riego establecido. Usa electroválvulas para dirigir y gestionar el caudal y tiempo de riego, disponer de una electroválvula por cada módulo sería inviable económicamente y no sectorizar el jardín sería desperdiciar sus posibilidades. La mejor opción es hacer una sectorización por zonas o grupos de bloques con plantas con necesidades de riego similares.

En cada instalación se requerirá el diseño de un sistema de riego adaptado, pero todos comparten piezas características como: los goteros, tuberías flexibles para los ramales portagoteros y tuberías de mayor densidad y diámetro para los ramales principales y secundarios; para la unión entre ellos se usarán codos, T y manguitos reductores; para la unión con la fachada o el sistema de anclaje se usarán abrazaderas (si son tuberías de pequeño diámetro podemos usar la balda de sujeción como soporte); para el control electroválvulas y un sistema de control de riego computarizado que además regulará el fertirriego y los filtros; para la impulsión siempre se contará con una bomba.

Los cálculos de dimensionamiento y costes de este trabajo se han realizado con una instalación de referencia, podemos encontrar la información relativa al lugar de instalación en el anexo "3.INSTALACIÓN DE REFERENCIA".

### 7.2.4 SEGURIDAD

Se usan dos sistemas de seguridad principalmente:

- En caso de fallo del sistema de anclaje base-tapa se usa una brida metálica recubierta para asegurar la tapa y que no caiga (por el peso y altura máxima de instalación podría causar graves daños)
- En caso de incendio el espacio entre fachada y módulo y la canalización natural de aire del producto aumentan el aporte de oxígeno al fuego (efecto chimenea), para no extenderlo se usan barreras intumescentes que permiten el flujo normal de aire en condiciones normales y cuando alcanzan los 210° el material ignífugo se expande cerrando el espacio afectado por la llama (no permite el avance de llama y al a vez restringe el aporte de oxígeno).



figura 1.22 "Brida de seguridad"

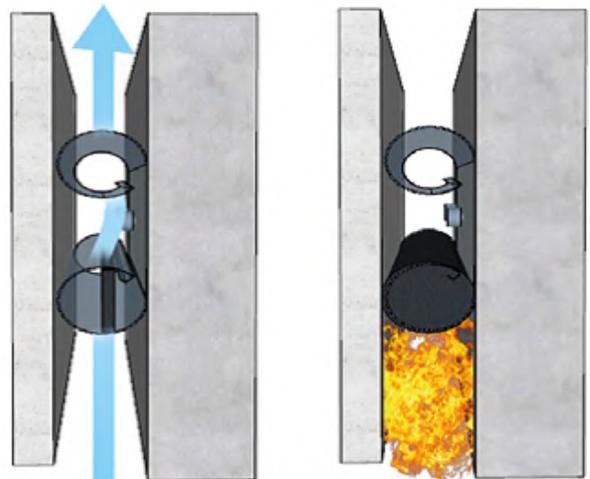


figura 1.23 "Barrera intumescente FB Cavity Barrier"

### 7.3 MATERIALES

En este apartado se realiza un análisis muy básico de los materiales usados, sobre todo en elementos prioritarios y/o fabricados, toda la información necesaria en este concepto se encuentra en el BLOQUE 4, “5. MATERIALES”

El gres es el material del que estarán compuestos todos los elementos cerámicos. Se usarán dos mezclas:

- Para la tapa, gres porcelánico
  
- Para la base, gres común enriquecido con mica moscovita. Un enfriamiento más rápido en la cocción mejora la resistencia a flexión y aumenta la porosidad, al añadirle más proporción de mica los efectos de contracciones y variación dimensional a causa del enfriamiento se compensan.
  
- Para el sistema de perfilería usamos aceros inoxidable AISI 301, AISI 304, AISI 316L con características excelentes en cuanto a propiedades mecánicas y corrosión.
  
- Para el clip de fijación del módulo usamos un acero un poco más exótico, el acero inoxidable super-duplex (EN 1.4410 – UNS S32750), con propiedades mecánicas aún mejores (módulo elástico y resistencia a la fatiga especialmente), una dilatación térmica mínima y resistencia a la corrosión por estrés y en medios ácidos y clorhídricos.
  
- Para las tuberías pequeñas usamos PE40 de densidad media y flexible y para las de mayor caudal PE100, más rígido y denso, con menos pérdidas de carga y mayor resistencia. El polietileno es un plástico medioambientalmente más positivo que el PVC (la otra opción para el riego) por su reciclabilidad, el comportamiento frente al fuego es bueno y es muy accesible tanto tecnológicamente como económicamente.
  
- Para el sustrato realizamos varias mezclas según el clima representativo de la zona de instalación, así queda asegurado un buen comportamiento y la compensación de las carencias asociadas (de dicho clima), como elementos base usamos:
  - Turba rubia Sphagnum
  - Tierra volcánica
  - Corteza de pino
  - Caliza

## 7.4 FABRICACIÓN

A continuación se enumeran las piezas procesadas, los procesos de fabricación usados en este proyecto, la cantidad, si son fabricados íntegramente o sólo procesados (modificados) y una imagen representativa:

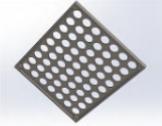
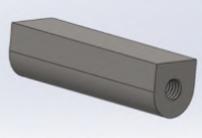
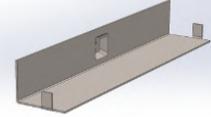
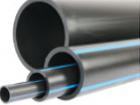
INFORMACIÓN	FABRICACIÓN/ PROCESADO	IMAGEN
<p><b>-Nombre del componente:</b> Tapa</p> <p><b>-Cantidad:</b> 2840</p> <p><b>-Material:</b> Gres porcelánico</p> <p><b>-Proceso de fabricación:</b> Prensado +esmaltado+cocido</p>	F	
<p><b>-Nombre del componente:</b> Sustrato</p> <p><b>-Cantidad:</b> 43,42 m<sup>3</sup></p> <p><b>-Material:</b> Turba rubia Sphagnum+Tierra volcánica+Corteza de pino+Caliza</p> <p><b>-Proceso de fabricación:</b> Mezclado</p>	P	
<p><b>-Nombre del componente:</b> Base</p> <p><b>-Cantidad:</b> 2840</p> <p><b>-Material:</b> Gres enriquecido con mica moscovita</p> <p><b>-Proceso de fabricación:</b> Prensado multiaxial +Cocción+Taladrado+Lamado</p>	F	
<p><b>-Nombre del componente:</b> Camisa de fijación</p> <p><b>-Cantidad:</b> 5720</p> <p><b>-Material:</b> Acero inoxidable (EN 1.4410 – UNS S32750)</p> <p><b>-Proceso de fabricación:</b> Tronzado+Taladrado+Roscado+Soldadura</p>	F	
<p><b>-Nombre del componente:</b> Clip de fijación</p> <p><b>-Cantidad:</b> 5720</p> <p><b>-Material:</b> Acero inoxidable (EN 1.4410 – UNS S32750)</p> <p><b>-Proceso de fabricación:</b> Troquelado+Estampado en frío</p>	F	
<p><b>-Nombre del componente:</b> Anclaje</p> <p><b>-Cantidad:</b> 2840</p> <p><b>-Material:</b> Acero inoxidable AISI 304</p> <p><b>-Proceso de fabricación:</b> Punzonado</p>	P	
<p><b>-Nombre del componente:</b> Tubería de 90mm</p> <p><b>-Cantidad:</b> 71 m</p> <p><b>-Material:</b> PE100</p> <p><b>-Proceso de fabricación:</b> Roscado exterior a máquina</p>	P	
<p><b>-Nombre del componente:</b> Tubería de 50mm</p> <p><b>-Cantidad:</b> 125,5m</p> <p><b>-Material:</b> PE100</p> <p><b>-Proceso de fabricación:</b> Roscado exterior a máquina</p>	P	
<p><b>-Nombre del componente:</b> Tubería de 25mm</p> <p><b>-Cantidad:</b> 115,56m</p> <p><b>-Material:</b> PE40</p> <p><b>-Proceso de fabricación:</b> Roscado exterior a máquina</p>	P	
<p><b>-Nombre del componente:</b> Tubería de 20mm</p> <p><b>-Cantidad:</b> 1283,68m</p> <p><b>-Material:</b> PE100</p> <p><b>-Proceso de fabricación:</b> Roscado exterior a máquina</p>	P	

tabla 1.17 "Información básica de fabricación"

Podemos encontrar material complementario en el BLOQUE 4, “5.FABRICACIÓN” para los procesos de fabricación y en el BLOQUE 5, “3.2.2 COSTES DE FABRICACIÓN” para los tiempos unitarios, totales y los costes.

### 7.5 ENSAMBLAJE

Las operaciones de ensamblaje, así como sus tiempos unitarios, totales y costes se representan en esta tabla:

PASO	TIEMPO (s/u)	FRECUENCIA (s)	TIEMPO TOTAL (s)
Roscado de tubería de 20mm con T	6	5.680	34.080
Roscado de tubería de 20mm con codo	6	28	168
Roscado de tubería de 25mm con T	6	284	1.704
Roscado de tubería de 25mm con codo	6	28	168
Roscado de tubería de 25mm con reductora	6	84	504
Roscado de tubería de 50mm con codo	6	20	120
Roscado de tubería de 50mm con reductora	6	112	672
Alzado y posicionamiento de sector	900	28	25.200
Roscado de tubería de 90mm con T	12	4	48
Roscado de tubería de 90mm con codo	12	8	96
Roscado de tubería de 90mm con reductora	10	16	160
Roscado de tubería de 50mm con electroválvula	10	31	310
Roscado de tubería de 50mm con llave de paso	6	2	12
Instalación de manómetro	180	2	360
Instalación de bomba	300	1	300
Instalación abrazaderas de fijación	10	64	640
Instalación de goteros	6	5.680	34.080
Marcado láser	900	2	1.800
Taladrado	30	8.720	261.600
Premontaje de las escuadras en los perfiles	180	200	36.000
Fijación de los perfiles a la fachada	120	200	24.000
Fijación de la balda de soporte	113	2.840	320.920
Fijación de los insertos (keep-nut y fast-con)	9	11.360	102.240
Llenado de cajonera (textil+sustrato)	10	2.840	28.400
Pegado de la malla	25	2.840	71.000
Instalación de la tapa	5	2.840	14.200
Plantado	4	178.920	715.680
Instalación del bloque en la balda	23	2.840	65.320
Introducción del sistema de goteros	12	5.680	68.160
Conexión con central programador	3.600	1	3.600
Puesta en marcha y comprobaciones	10.800	1	10.800
		<b>TOTAL (s)</b>	<b>1.822.342</b>
			<b>506,206 (h)</b>
			<b>21 (días)</b>

Tabla 1.18 “Tabla de tiempos y costes de ensamblaje”

Toda la información relativa al respecto se encuentra en el BLOQUE 4, “6.ENSAMBLAJE”.

## 7.6 VIABILIDAD TÉCNICA

Para la consecución efectiva del producto es necesario delimitar y calcular ciertos aspectos constructivos, de dimensionamiento, mecánicos,..

Dado que este producto está muy ligado a el lugar de instalación, se han realizado cálculos de:

- Dimensionamiento de la perfilera.
- Dimensionamiento de los insertos.
- Dimensionamiento de la brida de seguridad.
- Distribución de los módulos.
- Evapotranspiración.
- Características generales del sistema de riego.
- Dimensionamiento de tuberías.
- Cálculo de la potencia de la bomba.

Que han servido para la concreción del proyecto y aseguran un correcto desempeño. Podemos encontrar toda la información en el BLOQUE 3, "4.VIABILIDAD DEL PRODUCTO".

## 7.7 VIABILIDAD ECONÓMICA

Una vez conocidos los costes de los elementos comprados, fabricados y el ensamblaje se procede a estimar el precio de venta al público (PVP).

CONCEPTO	PRECIO (€)
COSTE DE FABRICACIÓN	42.269
COSTES GENERALES	116.520
COSTES DE ENSAMBLAJE	16.452
COSTES INDIRECTOS	13.297
COSTE INDUSTRIAL	146.269
COSTE DE COMERCIALIZACIÓN	21.940
COSTE COMERCIAL	168.209
BENEFICIO INDUSTRIAL	37.006
PVP (INSTALACIÓN DE REFERENCIA)	<b>205.215</b>
PVP (m <sup>2</sup> )	<b>326</b>

Tabla 1.19 "PVP"

Para estimar la viabilidad económica del producto antes de su comercialización prevemos:

- Inversión inicial: 289.684 €
- Gastos fijos: 190.000 €/anuales
- Vida útil del producto: 10 años
- Gastos asociados
- N° de ventas anuales

	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
<b>INVERSIÓN</b>	289.644	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>M<sup>2</sup> INSTALADOS</b>		3.600	4.800	5.200	5.700	6.500	6.500	6.000	5.200	4.800	3.600
<b>GASTOS</b>		1.151.200	1.471.600	1.578.400	1.711.900	1.925.500	1.925.500	1.792.000	1.578.400	1.471.600	1.151.200
<b>INGRESOS</b>		1.172.664	1.563.552	1.693.848	1.856.718	2.117.310	2.117.310	1.954.440	1.693.848	1.563.552	1.172.664
<b>BENEFICIOS</b>		21.464	91.952	115.448	144.818	191.810	191.810	162.440	115.448	91.952	21.464
<b>FLUJO DE CAJA</b>	-289.644	21.464	91.952	115.448	144.818	191.810	191.810	162.440	115.448	91.952	21.464
<b>VAN</b>		-267.321	-167.865	-38.001	131.416	364.782	607.483	821.243	979.242	1.110.119	1.141.891

tabla 1.20 "Tabla de viabilidad económica"

El beneficio neto a final de vida útil del producto será de **1.141.891 €** y empezará a ser **rentable a partir de los 3 años y medio** desde su introducción en el mercado.

## 7.8 CONCLUSIÓN

El producto GREEN CERAMICS presenta unas características muy competentes en relación con la competencia: es el sistema del mercado que más sectorización permite, el ahorro de agua es muy destacable, el mantenimiento es bajo y la vida útil del sistema es alto, el ahorro energético es alto, aporta un valor visual y estético, permite colgar elementos publicitarios e incluso puede producirlos, el peso se sitúa en la media (pese a tener una muy buena rigidez estructural),...

Ofrece características iguales o incluso superiores que los sistemas de la gama media-alta /alta, con un coste de gama baja-media.

## BLOQUE 2 - ANEXO

<b>1.PLAN DE GESTIÓN DE LA CALIDAD)</b> .....	<b>52</b>
1.1 PLAN DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD.....	52
1.1.1 CONFIGURACIÓN DE PÁGINA.....	52
1.1.2 TIPOGRAFÍA.....	53
1.1.3 TEXTO.....	54
1.2 ABREVIATURAS.....	54
<b>2. ENTORNO</b> .....	<b>54</b>
2.1 COMPETENCIA.....	54
2.2 JARDINES VERTICALES TRADICIONALES.....	54
2.3 HORMIGÓN VEGETAL.....	55
2.4 HIDROPÓNICOS.....	55
2.5 HIDROPÓNICOS.....	56
<b>3. INSTALACIÓN DE REFERENCIA</b> .....	<b>57</b>
3.1 CARACTERÍSTICAS.....	58
<b>4. DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS PIEZAS PRINCIPALES</b> .....	<b>59</b>
4.1 BASE CERÁMICA.....	59
4.2 TAPA.....	59
4.3 ANCLAJE BASE-TAPA.....	60
4.4 KEEP-NUT.....	63
4.5 BRIDA METÁLICA DE SEGURIDAD.....	65
4.6 ANCLAJE A LA FACHADA.....	66
4.6.1 SISTEMA DE PERFILERÍA.....	66
4.6.2 ESCUADRAS.....	67
4.7 CORTAFUEGOS / BARRERA INTUMESCENTE.....	69
4.8 SUSTRATO.....	71
4.9 SISTEMA DE RIEGO.....	72
4.9.1 BOMBA DE AGUA.....	74
4.9.2 CONTROLADOR.....	75
4.9.3 EQUIPO DE FERTIRRIGACIÓN.....	75
4.9.4 TUBERÍAS.....	77
4.9.5 GOTEROS.....	78
4.10. ELEMENTOS SUSTITUTIVOS.....	79
4.10.1 ANCLAJE PUNTUAL FIJO NO REGULABLE.....	79
4.10.2 ANCLAJE PUNTUAL CON MÉNSULA DE REGULACIÓN EN 3 DIMENSIONES.....	80
<b>5. VIABILIDAD DEL PRODUCTO</b> .....	<b>81</b>
5.1 PERFILERÍA.....	81
5.2 CLIP DE FIJACIÓN.....	84
5.3 KEEP-NUT.....	87
5.4 BRIDA METÁLICA DE SEGURIDAD.....	88
5.5 DISTRIBUCIÓN DE MÓDULOS.....	88
5.7 GENERALIDADES DEL SISTEMA DE RIEGO.....	89
5.8 DIÁMETRO DE TUBERÍAS.....	93
5.8.1 RAMALES PORTAGOTEROS.....	93
5.8.2 RAMALES PRINCIPALES Y SECUNDARIOS.....	96
5.8.2.1 RAMALES SECUNDARIOS.....	96
5.8.2.2 RAMALES PRINCIPALES.....	98
5.8.3 COLECTOR DE IMPULSIÓN.....	100
5.9 BOMBA DE AGUA.....	101
6. ELEMENTOS GRÁFICOS AUXILIARES.....	104

## ANEXO

---

### 1.PLAN DE GESTIÓN DE LA CALIDAD

El presente trabajo se presenta como “Trabajo de Fin de Grado” en el grado de “Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Producto” por la Universitat Jaume I (UJI), corresponde a la asignatura “Trabajo de final de grado” con código DI1048.

- Autor: Víctor Mestre Rodrigo
- Tutor: Julio Serrano Mira
- Teléfono de contacto: + 34 629 407 309
- Dirección de correo electrónico: al363979@uji.es

#### 1.1 PLAN DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

El formato, estilo de letra y demás valores que definen la maquetación del presente documento vienen definidos por los valores establecidos en este apartado.

##### 1.1.1 CONFIGURACIÓN DE PÁGINA

- Márgen superior:2.25
- Márgen inferior:2.45
- Márgen izquierda. 2.00
- Márgen derecha: 1.50

##### 1.1.2 TIPOGRAFÍA

- Texto regular: Arial Regular, 10 pt
- Títulos: Arial Bold
  - Título 1: 18 pt
  - Título 2: 14 pt
  - Título 3: 12 pt
  - Título 4: 10 pt
  -
- Figuras y pies de página: Arial Narrow Italic, 8pt

### 1.1.3 TEXTO

- Color: Negro
- Párrafo: Alineado centrado, interlineado 1,15

### 1.2 ABREVIATURAS

Se utilizan varias abreviaturas no normalizada como:

- BOE: Boletín Oficial del Estado
- EV: Evapotranspiración
- PH: Potencial de hidrógeno
- PVC: Policloruro de vinilo
- IT: tolerancia
- AEMET: Agencia Estatal de Metereología

## 2. ENTORNO

### 2.1 COMPETENCIA

Existen dos tipos principales de jardines verticales en el mercado de interiores: los sintéticos y los naturales. Los primeros son muy fáciles de mantener, pero al estar hechos con materiales sintéticos nos aportan solo una apariencia; los segundos están conformados a base de plantas naturales. Dentro de esta categoría hay varios tipos, con diferentes niveles de mantenimiento y necesidades constructivas para cada situación.

Las estructuras son, en su mayoría, metálicas y constan de elementos plásticos y fibras textiles (en sustitución de parte del sustrato).

Para los jardines verticales de exterior (en los que nos centraremos en este proyecto) existen multitud de clasificaciones según autores, métodos de anclaje, volúmenes del sistema, sustrato,.. La clasificación considerada es según las grandes familias y el tipo de contacto con la fachada. Estas grandes familias son:

### 2.2 JARDINES VERTICALES TRADICIONALES

Están formados principalmente por hiedras enredaderas y trepadoras que nacen del suelo y se apoyan en la construcción, pero no toman de ella ningún tipo de sustento para la vida (sustrato o agua).

No necesitan de mucho cuidado, es el sistema más ligero y con el menor coste de implementación, tampoco causa daño alguno a la fachada; pero tiene carencias en cuanto diversidad vegetal, es de crecimiento muy lento y tiene límites en la cubrición de superficie tanto en densidad como en la altura máxima

### VARIANTES

- Directos
  - No se usa ningún elemento para el apoyo de las plantas
- Indirectos
  - Se usan:
    - Mallas: hilos metálicos trenzados unidos a la fachada.
    - Cables: hilos metálicos en posición horizontal separados unos de otros y unidos a la fachada.
    - Enrejados: hilos de acero galvanizado soldados formando estructuras rectangulares unidos a la fachada.

## 2.3 HORMIGÓN VEGETAL

Es un hormigón experimental que permite el crecimiento de algunos hongos, algas, musgos y líquenes en su superficie. Está formado por dos componentes, el primero un hormigón basado en cemento Portland, el segundo un cemento con fosfato de magnesio. Debido a la porosidad, el PH, la retención de humedad, etc posibilita el crecimiento de dichos organismos.

Se construye en tres capas, la primera aislante que se adhiere a la superficie de la fachada, la segunda capa está compuesta por el cemento biológico y la tercera, también aislante sirve para retener la humedad en el bloque y así minimizar el consumo de agua.

Estos sistemas requieren de poco mantenimiento, son buenos aislantes, el proceso de instalación es sencillo y no son muy pesados debido a la ausencia de estructuras de soporte; presenta desventajas como son su poca cobertura vegetal y que aún está en fase experimental.

## 2.4 HIDROPÓNICOS

Son sistemas que no están basados en el sustrato, las plantas son cultivadas mediante soluciones en agua con todos los minerales necesarios para su correcto crecimiento. Por la naturaleza de los sustratos utilizados son sistemas ligeros ( $30 \text{ kg/m}^2$ ).

Debido a la necesidad de constante irrigación necesitan de un completo sistema de riego con bombeo, recirculación de agua y un sistema de monitorización que controla parámetros como el PH y la conductividad para poder adaptar las soluciones.

Las grandes desventajas de estos sistemas son la inversión inicial, debido al coste del sistema de riego, la necesidad de constante consumo energético y el reemplazo del sustrato en plazos cortos de tiempo (cada año o dos años).

### DIFERENCIAS

- Sustratos a base de espumas: formados por un trasdosado de paneles de PVC anclados sobre bastidores, una capa sintética fija las plantas, por último, como sustrato se coloca una espuma a base de poliéster-algodón.
- Sustratos de fieltros geotextiles: la característica principal es la composición del sustrato, el cual está formado por fibras sintéticas recicladas como poliéster o nylon y algodón, es un sistema barato y liviano.
- Sustratos de lanas minerales y fibras: el sustrato está compuesto por lana de roca (rocas basálticas + carbón), aportan ciertos minerales a las plantas y la capacidad de ser ignífugo.
- Sistemas aeropónicos: ciertos tipos de plantas son usadas, destacan por su capacidad de captar tanto agua como elementos esenciales de la humedad ambiental, se provee de estos generando una nébula de solución atomizada, esto minimiza el material usado en el sistema de riego.

## 2.5 SISTEMAS DE PANELES O CONTENEDORES MODULARES

### VARIANTES

- Directos
  - Maceteros: sujetos por una estructura metálica o mortero forman módulos huecos donde se incorpora el sustrato, un recubrimiento Ug-OMS retiene el agua y facilita la captación de humedad. Los módulos mantienen una inclinación de 7° a 15° con la horizontal para maximizar la captación y retención de agua.
- Indirectos
  - Paneles deslizantes vegetales: tiene una jardinera en la parte inferior y unas carrileras para poder mover el conjunto a través del hueco de la fachada.
  - Celdas drenantes: son paneles modulares de polipropileno fijados mediante un sistema de perfilera con el sistema de riego intercalado entre módulos
  - Paneles metálicos: de acero inoxidable o aluminio, se sujetan mediante perfilera y contienen el sustrato (fieltro geotextil)
  - Fachadas vegetales invernadero: incorpora elementos vegetales al cerramiento del edificio, las partes internas y externas tienen puertas correderas de vidrio con control domótico para controlar la apertura.
  - Con bolsas: formado por es sistema de soporte, la lámina de PVC, también una lámina de fieltro geotextil con bolsillos donde se incorporarán las plantas (con o sin sustrato).
  - Sistemas de gaviones metálicos: malla electrosoldada modular con piedras y sustrato en el interior, un panel aislante de PVC y una estructura de acero galvanizado.
  - Maceteros en estantes: compuestos por maceteros volantes unidos a una estructura de acero galvanizado

Es por ello que abrir camino a las soluciones implementadas en el sector cerámico para la innovación en esta área es interesante por las propiedades del material y por la poca exploración del mercado en este ámbito

Dentro de la familia de productos dedicados a la construcción, crecimiento y mantenimiento de jardines verticales en fachadas exteriores, se detectan que, pese a la variedad de productos dedicados.

### PROBLEMAS

- Comunes en todos ellos como:
  - La necesidad de construcción de un andamiaje de soporte.
  - Crecimiento irregular de las plantas y musgos en grandes superficies.
  - Hay grupos vegetales que por sus necesidades disímiles no pueden convivir adecuadamente en un mismo entorno.
  - Generalmente necesita de otro componente estético para cubrir las zonas no pobladas por la vegetación.
  - Deben de realizarse trabajos de mantenimiento de forma regular.
  - Los planos verticales de la pared y la superficie vegetal están separados, lo que en espacios reducidos puede plantear problemas.
  - Al ser vertical, el mantenimiento del sustrato es más complicado que el equivalente horizontal.
  - La vida útil del sustrato debido a la recurrente fertirrigación puede verse afectada
  - El sistema de drenaje puede obstruirse debido a hojas, tierra, piedras,..
  - Es necesario un sistema de bombeo.
  - Todos los sistemas deben poder ser accesibles para su sustitución o mantenimiento.
  
- Particulares familiares de cada clase, como:
  - Las fachadas revestidas por sistemas de cubiertas vegetales tradicionales degradan y deterioran las superficies a las que están adheridas.
  - Los sistemas basados en sustrato hidropónico necesitan bombas y aparatos de control que trabajen de manera ininterrumpida.
  - Los sistemas de cables trenzados son lentos y difíciles de cubrir totalmente.
  - Los sistemas de plantas precultivadas son pesados, difíciles de mantener (tanto la vegetación como estructuralmente debido a el acceso y a la corrosión, respectivamente) y requieren una mayor inversión inicial.
  - El hormigón vegetal solo admite ciertos tipos de musgos y líquenes, además de tener un elevado peso.

Pese a la gran implantación y tradición del uso de cerámicas para el recubrimiento de fachadas y las cualidades específicas de estas, que pueden resultar beneficiosas para su uso como base para el cultivo de cubiertas vegetales, parece paradójico que hayan tan pocos productos dedicados de este material.

Cabe destacar que, las construcciones de base cerámica para jardines vegetales se basan en la aplicación de módulos huecos profundos, formando un cierto ángulo con la horizontal, suelen ser de relativas grandes dimensiones y pesados, su aplicación se centra en el cultivo de plantas grandes, destacándose aún más en la adecuación para plantas de grandes raíces.

## 3. INSTALACIÓN DE REFERENCIA

Para realizar una estimación realista de las características técnicas y económicas del producto, las cuales varían en función del lugar de instalación (tipo de fachada, utilidad del jardín, tamaño, clima típico,..) ejemplificamos la instalación de un jardín vertical para obtener las soluciones técnicas asociadas y su coste, las cuales podemos encontrar reflejadas en los apartados siguientes.

### 3.1 CARACTERÍSTICAS

- Se instala en Valencia, en el Edificio Europa, edificio de oficinas multipropósito (4 C. Eolo, Valencia, Comunidad Valenciana).
- En la fachada sur.
- La cota libre entre pavimento técnico y techo es de 2,6 m está compuesto por 15 plantas.
- La cota libre entre forjados es de 3m.
- Se cubren verticalmente las primeras 10 plantas, dejando libres las 5 últimas y la planta baja (4m). Lo que suponen 30 m.
- Se cubre horizontalmente la superficie de las paredes lisas exteriores, dejando la pared central y las ventanas sin cubrir. Cada pared lisa tiene una longitud de 10,5m, lo que supone 21 m en total.
- La situación a los vientos no es muy expuesta, pero debido a la canalización del aire por la avenida principal y las turbulencias creadas por el edificio de delante, la fuerza de extracción creada por el viento la consideraremos como expuesta, mientras que la fuerza transversal normal.

Se presenta a continuación una representación del espacio a cubrir por el jardín vertical



figura 2.1 "Edificio Europa"

## 4. DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS PIEZAS PRINCIPALES

Este apartado está destinado a exponer las características de los distintos elementos que conforman el producto final y el estudio de estas para asegurar un correcto desempeño de todas ellas.

### 4.1 BASE CERÁMICA

Realizamos un rediseño teniendo en cuenta la relación con las demás piezas, la optimización del peso y una fabricación más fácil.

El material será gres común enriquecido con mica, que será conformado mediante prensado multiaxial y un posterior tratamiento térmico para mejorar su resistencia a la flexión, al choque térmico, a las heladas y a aumentar su porosidad (beneficioso para la retención de agua).

Se plantean radios de acuerdo generosos, así como ángulos de extracción grandes.

Recibirá un taladrado y un llamado posterior.



*figura 2.2 "Bases GREEN CERAMICS"*

### 4.2 TAPA

El rediseño de la tabla ha sido enfocado a la reducción de peso y al facilitamiento de la fabricación, y no a la mejora de su resistencia mecánica como en la base. El espesor se ha reducido y uniformizado.

## GREEN CERAMICS

---

Estará compuesta de gres cerámico, conformado mediante prensado uniaxial, con taladrado posterior. A continuación se esmalta la cara exterior y recibirá un tratamiento térmico con tiempos de aumento y descenso de la temperatura altos para evitar el agrietamiento. El último paso es un lamado en los taladros para los insertos .

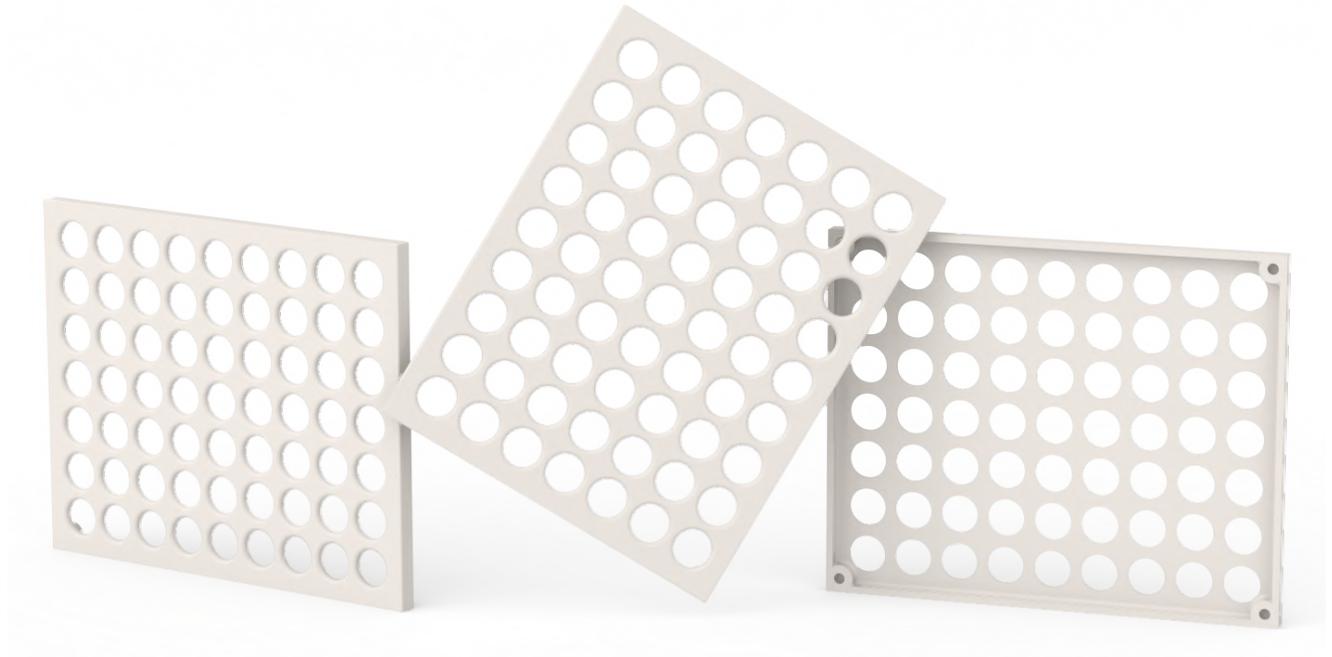


Figura 2.3 "Tapas GREEN CERAMICS"

## 4.3 ANCLAJE BASE-TAPA



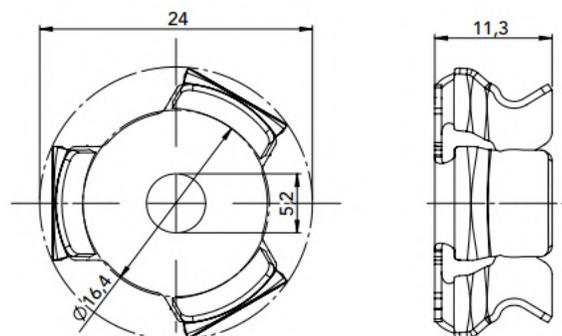
figura 2.4 "Fast-Con ensamblado"



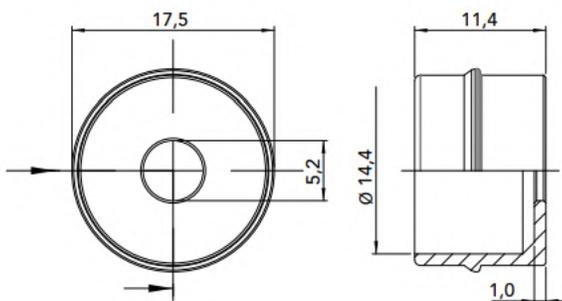
figura 2.5 "Fast-Con"

Está formado por dos casquillos que se unen a presión, los cuales se fijan a las piezas a unir mediante tornillería. Servirá para unir la base cerámica a la tapa cerámica, sustentará y posicionará esta de forma segura impidiendo movimientos en los tres ejes, incluso con fuertes rachas de viento.

Permite la desconexión de ambas piezas cerámicas para que los operarios de mantenimiento puedan acceder tanto al tallo bajo de las plantas, como al sustrato, facilitando al máximo las tareas de mantenimiento y limpieza así como de montaje.



Codice Code	Materiale Material	Carico di Estrazione Extraction Load
FC-01-FE.51	Inox 316 Stainless steel 316	Min 7kg
FC-01-FE.53	Inox 301 Stainless steel 301	Min 10kg



Codice Code	Materiale Material
FC-01-MA.51	Inox 316 Stainless steel 316
FC-01-MA.50	Inox 303 Stainless steel 303

Figura 2..6 "Esquema de producto de Fast-Con"

Debido a la geometría de la base cerámica y a las necesidades de aireación de las plantas, para evitar exceso de humedades que puedan ocasionar daños a las raíces (un exceso de humedad continuado puede llegar a pudrirse) y a la fachada, definimos un gap estratégico entre las superficies próximas de tapa y base de 10mm para la correcta circulación de aire, que sumado a las características del material de la base aseguran un correcto equilibrio de humedad del sustrato.

Este sistema de anclaje fijado mantiene tolerancias ajustadas (minimiza las holguras), es resistente al fuego y también a la corrosión ya que están hechos de acero inoxidable.

El fabricante, Specialinsert se sitúa en Torino, Italia. El sistema Fast-Con es patente de invención de Specialinsert. La calidad de las piezas viene dada por el cumplimiento de normas como: IATF 16949: 2016 o ISO / TS 16949: 2009. Ofrece un manual con los suficientes datos técnicos como para dimensionar de forma adecuada las piezas.

Debido a las solicitaciones que debe cubrir la pieza se escogen las variantes en acero inoxidable 301 FC-01FE.53 (con una carga de extracción de 10kg) y acero inoxidable 316 FC-01-MA.51, correspondientes a la hembra y el macho correspondientemente. El acero AISI 316 tiene muy buena resistencia a la corrosión y oxidación y el acero AISI 301 destaca por sus cualidades mecánicas.

En nuestro producto irán instalados cuatro pares, lo que implica una fuerza de extracción total de 40 kg (4 x 10kg). La pieza a sujetar es la tapa cerámica, con un peso de 2kg, pero teniendo en cuenta las condiciones de instalación (a alturas de hasta 50), donde estarán expuestos a la presión dinámica del viento, establecidas en la Norma Básica de Edificación: Acciones en la Edificación de 1988 (NBE-AE/88), derogada pero que sigue siendo referencia en este sentido, pues los datos técnicos siguen estando vigentes y que podemos observar en la tabla 2.1 de la NBE-AE-88

PRESIÓN DINÁMICA DEL VIENTO $w$				
Altura de coronación del edificio sobre el terreno en m, cuando la situación topográfica es:		Velocidad del viento $v$		Presión dinámica $w$
Normal	Expuesta	m/s	km/h	kg/m <sup>2</sup>
De 0 a 10	-	28	102	50
De 11 a 30	-	34	125	75
De 31 a 100	De 0 a 30	40	144	100
De 31 a 100	De 0 a 30	40	144	100
Mayor de 100	De 31 a 100	45	161	125
-	Mayor de 100	49	176	150

TABLA 2.1 de la NBE-AE-88

El sistema se verá afectado por vientos de hasta 161 km/h (45 m/s) lo que implica presiones de 125 kg/m<sup>2</sup>, siendo la superficie de la tapa cerámica de 0,2m<sup>2</sup> se efectuará una presión de 25 kg (125 kg/m<sup>2</sup> x 0,2m<sup>2</sup>), lo que implica un factor de seguridad de 1,6 (40 kg / 25 kg) para las condiciones más adversas. Aún así es necesario un sistema de seguridad que asegure la pieza, la cual tiene el potencial de causar heridas graves e incluso la muerte si impacta desde una cierta altura, dicho sistema será una brida de seguridad.

### 4.4 KEEP-NUT

Specialinsert ofrece también una gama de insertos roscados auto-anclados a presión para piedras naturales y sintéticas (con patente de invención), con ellos fijamos ambos casquillos de Fast-Con a la base y a la tapa del módulo. El aseguramiento de la calidad viene dado por un certificado ETA 15/0615, certificado para aplicaciones en gres porcelánico, de conformidad con EN 14411: 2012.



*figura 2.7 "Variantes de Keep-Nut"*

Están fabricados en acero AISI 316L con una brida de goma dura en la parte superior. Estos insertos pueden soportar hasta 300 kg por unidad y no necesitan de ningún agente fijador. La preparación de la pieza consiste en un taladro a baja velocidad y un lamado posterior para rectificar el fondo del agujero, aunque puede realizarse directamente con una broca de fondo plano de metal duro de alta tenacidad o con punta de diamante.

## GREEN CERAMICS

---

Keep-nut necesita de una tolerancia para su correcta inserción y auto-fijación de al menos IT8, el proceso de taladrado ofrece rendimientos económicos de IT10 A IT7 lo que resulta viable tanto técnica como económicamente. El siguiente paso es la instalación mediante presión de Keep-Nut, se puede realizar mediante una prensa o directamente el operario con un martillo.

Puede quedar a ras para minimizar el espacio de almacenamiento. Podemos observar las fases en la siguiente imagen:



*figura 2.8 "Ensamblaje de Keep-Nut"*

El proveedor ofrece varios tipos de insertos, por sus características de estanqueidad usaremos la serie IMT (inserto métrico con cabeza). Podemos observar sus necesidades constructivas y características en la tabla 2.2

SERIE | SERIES **IM\_T** (con testa | with flange)

<b>CODICE CODE</b>	Spessore minimo Min. thicknesses	Filetto Thread	Altezza inserto Insert length	Diametro foro Hole diameter	Profondità foro Hole depth	Numero corone Crowns number	Forza di inserimento media* Average assembly press-in force*	Tenuta estrazione media* Average pull-out strenght *	Estrazione certificata su gres Certified pull-out on gres	Taglio certificato su gres Certified shear on gres	CE	ETA
	(S)**	(d1)***	(H)	(d2) + 0,2/-0,2	(l2) + 1,0/-0,0		(kN)	(kN)				
<b>IM2T/_/H6/K</b>	7,5	M 4 M 5 M 6	6	12	5,5	2	0,4	1,7	1,5	1,6	✓	15/0615
<b>IM4T/_/H8.5/K</b>	10	M 4 M 5 M 6	8	12	8	4	1	2,9	1,8	1,6	✓	15/0615

tabla 2.2. "Características técnicas de Keep-Nut"

## 4.5 BRIDA METÁLICA DE SEGURIDAD

Asegura la fijación de la tapa cerámica a los anclajes, de modo que no sea posible su caída en caso de fallo del sistema Fast-Con. Creado por la empresa Precygrap, situada en Ribarroja, Valencia, el aseguramiento de la calidad viene dada por certificaciones UL, ROHS y REACH.

Se colocarán dos bridas por tapa, pasando por los agujeros situados en los extremos de la tapa (con una separación diagonal entre ellas) y por unas perforaciones en la chapa del anclaje. Se escoge un modelo de brida metálica de acero inoxidable AISI 316 con recubrimiento íntegro de epoxy, para asegurar una vida útil lo más larga posible al evitar la corrosión y la oxidación del fleje (actuador) de la brida, así como el sistema de cierre.



figura 2.9 "Brida de seguridad"



figura 2.10 "Brida de seguridad enlazada"

Necesariamente las bridas deben tener un factor de seguridad alto, debido al poco impacto del precio de las bridas en el presupuesto total y a la gravedad en la caída de las piezas (con peso de 2 kg) ya en alturas bajas, dimensionamos la brida para que el factor de seguridad sea mayor de 5.

Las bridas metálicas escogidas son de clasificación ST-520-79-E, con un precio unitario de 0,11€, entregadas por el fabricante en paquetes de 100 unidades.

## 4.6 ANCLAJE A LA FACHADA

### 4.6.1 SISTEMA DE PERFILERÍA



*figura 2.11 "Perfiles metálicos GUTTERKEL"*

El proveedor fabrica dos tipos de perfiles: en U y omega (con variantes OP y OR) según se muestran respectivamente la anterior figura.

Pueden estar fabricados en acero con tratamiento galvanizado en caliente o en acero inoxidable AISI 304/316 cumpliendo las especificaciones UNE-EN 10088-1 y UNE-EN 10088-2. Cumplen a su vez todo lo adscrito a la norma UNE 41957-1:2000 ANCLAJES PARA FACHADAS VENTILADAS.

Como el anclaje de pivote tiene un único tornillo de anclaje, el perfil en U será el que utilizaremos e irá sujeto a la fachada mediante unas escuadras de fijación con las cuales también se regulará la distancia a la fachada.

El correcto dimensionamiento del perfil, junto con las escuadras y tornillos es vital para el correcto funcionamiento del sistema. El cumplimiento de las necesidades mecánicas con un margen de seguridad suficiente es imprescindible, pero tiene que estar bien balanceado con un uso coherente de materiales y piezas para mantener una buena calidad/precio y que no se produzcan efectos contraproducentes como: puentes térmicos, mayor impacto ambiental o un peso excesivo que imposibilite la instalación en ciertas fachadas, etc

El fabricante dispone de una tabla donde relaciona la distancia entre perfiles verticales con unas respectivas distancias entre escuadras y voladizos. Los ensayos se han realizado para unas determinadas condiciones, como el producto sobrepasará alguna de estas condiciones (espesor máximo de piedra) será necesario un ensayo específico; sin embargo se indican resistencias a presiones de 55-20 kgf/mm<sup>2</sup>, que serían suficientes para soportar (de forma teórica) el sistema completo.

## 4.6.2 ESCUADRAS



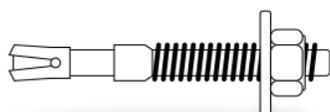
figura 2.12 "Escuadras GUTTERKEL"

Son las piezas que más solicitaciones tendrán, ya que fijan otros grupos de piezas y el sistema íntegramente. Permiten cámaras la construcción de fachadas ventiladas con cámaras de hasta 12cm. Por las características de peso y dimensiones del jardín vertical (en comparación con las fachadas verticales) y dado que el aseguramiento de la seguridad y la vida útil son factores primordiales; escogemos las escuadras con mayores capacidades de operatividad dentro del rango de escuadras usadas para estos fines y promovido por el poco peso específico y aumento de precio con respecto al aumento de las solicitaciones admisibles. Las escuadras de retención serán dobles (100 mm) con un espesor de chapa de 4mm y agujeros para su unión mediante tornillería con el perfil vertical a 25mm de la base para así obtener un espacio de 55mm entre la pared de la cerámica y la fachada.

Los perfiles verticales se anclan a los forjados con escuadras de retención, liberando al muro de la función portante y permitiendo absorber diferencias de dilataciones y movimientos del forjado a ellos se fijan los anclajes de sujeción que portan las placas.

Los perfiles se instalan en los forjados de cada planta y transmiten todas las cargas verticales directamente al forjado (cuando se utilizan como escuadras de carga), se añaden al muro los anclajes intermedios (escuadras de retención) que se precisen dependiendo de la tabla aportada, se fijan mediante tornillos expansivos y en su defecto espárragos roscados con resina epoxi. En su uso como apoyos intermedios evitan la flexión del perfil por efecto del viento, y se fijan mediante tornillo tirafondo con taco de nylon y/o mediante un anclaje químico.

Soportes forjados (hormigón, etc)



1 | Tomillo auto-expansivo



2 | Espárrago roscado con tamiz

- Para grandes cargas se usaran tornillos expansivos y/o espárragos roscados con resina epoxi.
- Para cargas pequeñas llegará con el uso de tornillos tirafondo con taco de nylon.

figura 2.13

Soportes cerámicos



2 | Espárrago roscado con tamiz



3 | Tornillo tirafondo con taco de nylon

- Para grandes cargas se usaran espárragos roscados sobre tamiz con resina poliéster
- Para cargas ligeras se usara tornillo tirafondo con taco de nylon. Siempre que sea posible se recomienda su aplicación sobre la junta entre ladrillos.

figura 2.14

1 | Tornillo expansivo + tuerca + arandela

	Diámetro	Largo
6x60	6	60
8x75	8	75
8x90	8	90
10x90	10	90
10x120	10	120
10x150	10	150

2 | Espárrago roscado + tuerca + arandela + tamiz

	Tamiz	Espárrago
8x95	12x80	8x95
10x110	15x85	10x110

tabla 2.3

3 | Tornillo tirafondo + taco de nylon

	Tornillo	Tirafondo
8x40	8x40	6x50
8x12	8x12	8x80
10x80	10x80	7x80
10x90	10x90	8x100
14x100	14x100	10x100

tabla 2.4

Se utilizarán tornillos auto expansivos de 10x120 para los forjados y espárragos roscados con tamiz de 10x110 para los soportes cerámicos. Se usarán tornillos de 10x30 con arandela y tuerca para la unión de las escuadras con los perfiles.

### 4.7 CORTAFUEGOS / BARRERA INTUMESCENTE

Como ya hemos visto, el espacio entre la fachada y los módulos, así como la separación entre ellos crea un flujo canalizado de aire ascendente por ese espacio. Tiene diversas ventajas, pero también un gran inconveniente, en caso de que se produzca un incendio y las llamas entren en contacto con ese flujo de aire se creará un “efecto chimenea” que alimentará las llamas aumentando su tamaño y el calor emitido (son alimentadas por una fuente de oxígeno), también propagará el incendio si superan el forjado y/o los cerramientos verticales del edificio.

Por ello es necesario el uso de medidas efectivas antiincendios, las cuales se pueden observar en mayor profundidad en las normas descritas en el BLOQUE 4, “3.1 FACHADAS VENTILADAS”. La medida más efectiva para parar la propagación de las llamas es la instalación de una barrera que compartimente los cerramientos del edificio, para las fachadas ventiladas se usan bloques con resistencia al fuego, cuyo ejemplo de montaje podemos observar a continuación.

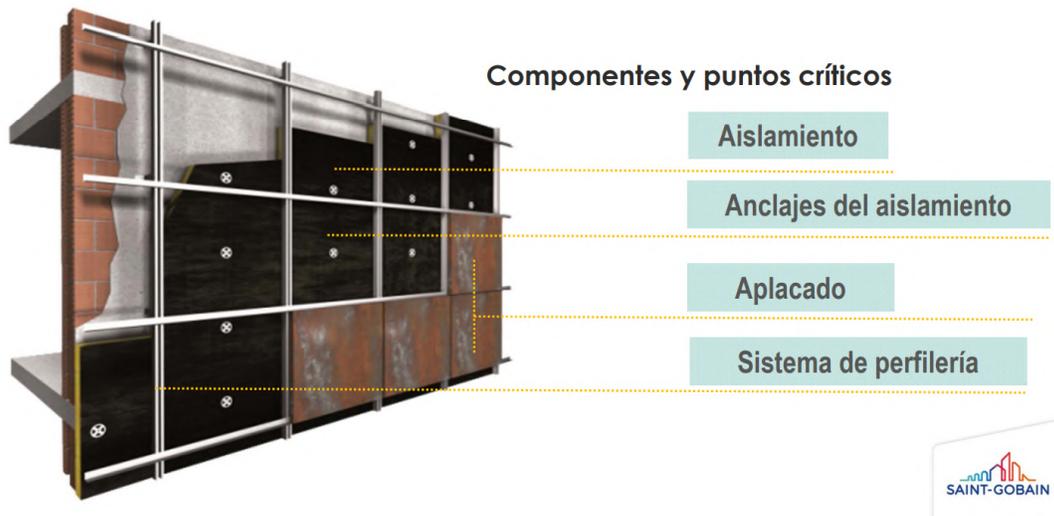


figura 2.16 “Ejemplo de fachada ventilada”

El problema con este método es la restricción de circulación de aire y la disminución del espacio libre disponible.

El producto implementado en nuestro sistema se llama FB Cavity Barrier, es una maya metálica inoxidable que envuelve un material intumescente, en condiciones normales permite el paso fluido del aire, pero al aumentar su temperatura este material se expande y cierra el espacio, bloqueando así el avance de las llamas, es capaz de cortar un incendio vertical durante 90 minutos a la vez que evita la caída de material fundido.

## GREEN CERAMICS

---

Otra característica distintiva es su facilidad de instalación y un mantenimiento nulo, además es muy ligero y más barato que el método de bloques ya que solo hay que instalarlo en los perímetros conflictivos. El producto tiene las siguientes homologaciones: EN 1366-4:2006, L

EPIR II, ASTM 2912, SP105 y BS 8414. Y una gama de resistencias al fuego EI30/ EI60/ EI90.

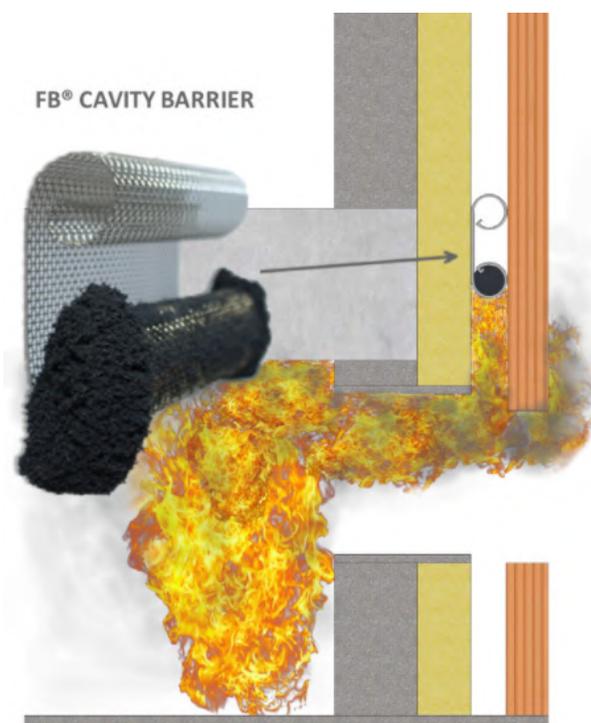


figura 2.16 "FB Barrier ante el fuego"

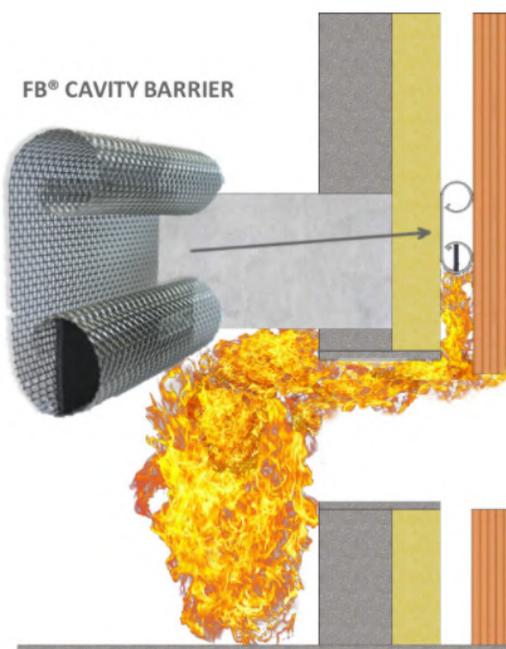


figura 2.17 "FB Barrier en condiciones normales"

## 4.8 SUSTRATO

Este elemento condiciona de forma directa la adaptación de las especies de plantas, pues cada una tiene unas necesidades específicas, además se deben de considerar factores climáticos como las lluvias promedio en las diferentes estaciones en la región de instalación. Por ejemplo: si la cantidad de humedad o lluvia es alta es necesario un sustrato que seque rápidamente, si la cantidad de humedad o lluvia es baja es necesario un sustrato que minimice el estrés por sequía reteniendo el agua suficiente.

La propiedad principal de un buen sustrato es el correcto drenaje y retención de agua, pero influyen otros factores como:

- Aireación
- Capacidad de intercambio catódico
- Estabilidad estructural
- Baja densidad
- Nivel de nutrientes asimilables
- Baja salinidad
- Mantenimiento del nivel de PH (cercano a 6)
- Mínima velocidad de descomposición
- Libre de patógenos y sustancias fitotóxicas
- Accesible económica y técnicamente

Existen multitud de materiales usados parcial o totalmente como sustrato, después de ser evaluados se ha establecido una combinación de muy bajo mantenimiento e impacto ambiental y que posibilita la adecuación en todos los climas cambiando los porcentajes de los materiales en la mezcla.

El sustrato a utilizar es la combinación de:

- Turba Sphagnum
- Piedra volcánica
- Corteza de pino
- Piedra caliza

Los porcentajes para los climas característicos serían los siguientes:

	CÁLIDO		TEMPLADO		FRÍO	
	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco
Turba Sphagnum	17	60	20	55	10	40
Tierra volcánica	50	15	35	20	40	20
Corteza de pino	25	20	37	20	42	35
Caliza	8	5	8	5	8	5

*tabla 2.5 "Distribución de porcentajes en el sustrato según el clima"*

\*Es más precisa la denominación del tipo de clima según Köppen, de la cual podemos encontrar información en AEMET y en la bibliografía de este trabajo. La tabla anterior es una simplificación útil.

Esta combinación asegura una muy buena aireación y porosidad, buena estabilidad estructural y química y una gran cantidad de aporte de minerales manteniendo una densidad relativamente baja.

Como ejemplo de cálculo, para nuestro jardín de referencia, el clima que más se ajusta es el templado/seco y la densidad del sustrato será de  $842 \text{ kg/m}^3$ . En los apartados materiales y cálculos se encuentra más información sobre este aspecto.

### 4.9 SISTEMA DE RIEGO

Uno de los componentes esenciales de los jardines verticales es el sistema de riego, siendo vital un buen diseño para el correcto crecimiento de las plantas.

Debe distribuir el agua equitativamente por todo el jardín vertical, es común sectorizar el propio jardín por zonas (si este es grande) y crear diferentes ambientes (plantas con necesidades de fertirrigación diferentes), sin un control de esta distribución pueden crearse zonas con poco aporte hídrico lo que causaría malnutrición y sus problemas derivados, también puede suceder lo contrario, zonas con excesivo aporte hídrico donde, si no hay una buena evacuación de agua, queda estancada y las raíces se pudren. Los jardines verticales son muy sensibles a un mal funcionamiento del sistema de riego y evacuación de agua, siendo esta la principal causa de enfermedades y muerte vegetal. Los sistemas hidropónicos son especialmente sensibles, ya que necesitan una constante fertirrigación y sin ella, al carecer de sustrato, el jardín muere en 48-72 h. Los sistemas con sustrato activo toleran mejor variaciones, ya que necesitan de menos aporte diario, lo que simplifica el sistema.

Los sistemas de riego para jardinería vertical necesitan de unas características especiales con respecto a los sistemas de riego por goteo o aspersión tradicionales, estas variantes se adaptan para el cultivo vertical. Un ejemplo es el riego por nebulización, usado solo o en combinación en ambientes de interior, pero con muchas limitaciones en exterior ya que al estar las gotitas nebulizadas en semi-suspensión, cualquier corriente de viento puede afectar a su distribución en el área verde o incluso alejarlas de ella (causando hipo fertirrigación). El sistema de riego por goteo vertical es el que mejor funciona en exteriores y en superficies grandes suele incluirse un sistema programable para automatizar el riego.

Otros beneficios que otorga el riego por goteo sobre el riego por aspersión-nebulización es que no hace falta colocar una superficie aislante en la fachada si el diseño de los elementos constituyentes de los maceteros asegura cierta impermeabilización (lo veremos más adelante en el apartado de elementos de seguridad), pues el riego se realiza de manera muy precisa y no hay contacto directo entre el agua de riego y la fachada.



figura 2.18. "Sistema de riego por nebulización"



*figura 2.19 . "Sistema de riego por goteo de una instalación pequeña"*

El sistema de riego por goteo tiene numerosas ventajas, como son: una eficiencia del 95-100%, moja la base de la planta y evita la evaporación del agua por parte del suelo y la proliferación de hongos en las hojas, que se multiplican en ambientes muy húmedos; evita el crecimiento de malas hierbas; es completamente automatizable controlando el caudal, la zona de riego y el aporte de nutrientes; se pueden usar aguas más salinas debido a que la humedad se mantiene mejor (bulbo húmedo).

Los mayores inconvenientes de este sistema vienen dados por obstrucciones en los goteros, pero pueden limpiarse aumentando la presión y con compuestos como el ácido sulfúrico o el cloro. También aparecen problemas de calcificación de los suelos debido al aumento de sales utilizadas, si no se limpian impermeabilizan el suelo. Otro gran problema es la inversión inicial, ya que requiere de un sistema de bombeo con control computerizado, multitud de metros de manguera, codos, conexiones, goteros y electroválvulas,.. pero el coste de mantenimiento es menor y si está bien diseñado aporta el rango de trabajo más amplio

Para el diseño del sistema de riego es muy importante encontrar un balance entre las posibilidades de irrigación diferenciada entre bloques que aporta la sectorización y el ahorro de material que aporta la agrupación. La mejor forma de simplificación es una buena selección de las variedades vegetales, seleccionando aquellas que tengan necesidades similares y agrupándolas como podemos observar en el punto "5.6 EVAPOTRANSPIRACIÓN" de este mismo bloque. La opción más personalizable y cara es la instalación de de ramales verticales (uno por columna) con una electroválvula para cada módulo, de modo que se puede controlar el riego de cada uno de ellos, este método es atractivo para jardines verticales destinados a ser un atractivo publicitario y artístico. En el ejemplo de cálculo se utiliza el método de sectorización por su conveniencia.

### 4.9.1 BOMBA DE AGUA

En el sector se acostumbra a recircular el agua para evitar consumos excesivos en jardines verticales de más de 40m<sup>2</sup> y no se encuentran jardines con sistema directo (sin recirculación) a partir de 80m<sup>2</sup>. Nuestro producto no necesita recircular el agua, ya que el diseño de forma, junto a la selección de materiales, hace posible una muy buena retención de la humedad, a lo que suma el uso de goteros y el sistema de regulación para aportar el agua necesaria en cada momento.

Aún así el agua tiene que ser impulsada por todo el circuito, Dependiendo del tamaño de la instalación será necesaria una bomba específica, siempre se instalará en la toma del colector de entrada (a nivel de suelo generalmente, nunca en alturas superiores) e impulsará el agua por todo el sistema.

Los factores más importantes para la elección de la bomba son la altura manométrica de bombeo y el caudal, pero hay otros factores como: la pérdida de carga generada por las tuberías, codos y uniones; y el tipo de bomba óptimo para los caudales y alturas de la instalación. Puede observarse el método de elección para la instalación de referencia en el apartado “5.9 BOMBA DE AGUA” de este mismo bloque.

Para el jardín de referencia usaremos una bomba de tipo centrífuga, las cuales son especialmente idóneas para la impulsión de caudales medios a alturas relativamente elevadas. Concretamente el modelo Hydro Solo-E CRE 32-2 HQQE. Con un precio de 14.013,58€ y un coste total estimado de 18248 €/10 años (incluyendo costes operativos y mantenimiento) es sin duda alguna el elemento más caro de todo el sistema, pero teniendo en cuenta que las necesidades de riego del jardín diseñado son 12 veces menor que su equivalente hidropónico, el coste de la bomba es bastante menor.



figura 2.20 Bomba Hydro Solo-E CRE 32-2 HQQE marca GRUNDFOS

El uso de sistemas de recolección de agua de lluvia como añadido aportaría un valor añadido a la instalación, pero aumentaría el coste de los equipos debido a que sería necesario un sistema de filtración específico. Lo que sí puede hacer nuestro producto es usar aguas provenientes de depuradoras gracias al equipo de fertirrigación.

### 4.9.2 CONTROLADOR

Permite controlar los actuadores asignados siguiendo un programa preestablecido. En nuestro caso controlará tanto el sistema de válvulas de las tuberías como las del equipo de fertirrigación.

Existen controladores para diferente número de canales y con diferentes opciones de programación, como en el caso de la bomba, para cada instalación se debe de escoger el más óptimo.

En el jardín de referencia instalamos el programador Total Control, de IRRITOL, con funciones como detección y programa para lluvia, control de 6 estaciones y 4 programas simultáneos, batería de 90 días en caso de fallo eléctrico y control remoto, monitorización de sales y PH,.. entre otras. con un precio de 265,93€ permite maximizar las opciones del jardín y reduce sustancialmente la necesidad de supervisión y mantenimiento.

### 4.9.3 EQUIPO DE FERTIRRIGACIÓN

Para mantener la salud del jardín a largo plazo es indispensable el uso de equipos de fertirrigación, los cuales aportan productos fertilizantes y reguladores biológicos de forma controlada. Mediante el uso de sistemas de medición y programación automatizados se evitan problemas comunes a todo tipo de jardines, como: calcificación, desmineralización, acidez, basificación,.. Además se pueden realizar tratamientos antiplagas de forma puntual.

En la jardinería vertical de dimensiones medias a grandes son equipos comúnmente usados, ya que evitan gran parte del mantenimiento del jardín y pueden ser controlados a distancia, lo que simplifica aún más.

Para nuestro jardín vertical, debido a las dimensiones usaremos uno de estos sistemas, el cual estará operado por el controlador. Gracias a que la composición del sustrato y el diseño de los módulos cerámicos está enfocado a una pérdida mínima de nutrientes y el uso del controlador programable el sistema de fertirrigación usado es mucho más sencillo, pequeño y barato que uno usado en un jardín equivalente con otro sistema. Se sitúan a los 3500€, mientras que el nuestro solo cuesta 558€ (usamos 3 kits en paralelo), podemos apreciar a continuación las diferencias entre el usado en el proyecto y uno usado en un jardín vertical de tamaño equivalente.



figura 2.21 Kit de abonadora de riego marca DRIPJET



figura 2.22 Modelo MAHER FERTI 8000

### 4.9.4 TUBERÍAS

Las tuberías para riego tienen la función de transportar el agua y minimizar pérdidas de carga originadas por el rozamiento para que llegue un caudal óptimo a todos los emisores (goteros). Los dos parámetros que más afectan a su funcionamiento son: el material del que están formadas y los diámetros de las tuberías.

Debido a la diferencia de presión causada por la altura, necesita de válvulas de regulación de presión para que sea lo más uniforme posible en todo el sistema, si la diferencia de presión no es excesiva y las necesidades hídricas son similares entre bloques, pueden usarse goteros autocompensantes como el de la figura xxx, que mantienen un caudal de salida uniforme aunque la presión de entrada varíe (en el caso de ejemplo mantiene un caudal de 2,6 l/h con presiones de entrada de 0,5 a 4 bar).



figura 2.23 Gotero autocompensante UniRAM®

Para obtener unos tamaños óptimos es necesario obtener valores como el caudal ( $Q$ ), la velocidad de flujo ( $v$ ) y la presión de trabajo de todos los componentes, calculados en los apartados “5.7 GENERALIDADES DEL SISTEMA DE RIEGO” y “5.8 DIÁMETROS DE TUBERÍAS” de este mismo bloque.

Las tuberías pueden ser de PVC-U (policloruro de vinilo no plastificado), PVC-O (policloruro de vinilo orientado) y PE (polietileno). El PVC destaca como un material resistente con capacidad de transporte de grandes caudales y sobre todo por ser un material autoextinguible, además al no gotear durante la combustión evita la propagación a áreas inferiores. El PE es un material muy ligero, flexible, barato y con un impacto en el medio ambiente menor que el PVC, al ser termoplástico es muy fácilmente reciclable y es un material muy resistente a la corrosión y agentes químicos; una de las mejores características del PE para nuestro objetivo es la baja pérdida de carga, que facilita enormemente mantener una correcta presión en todo el sistema.

La elección del material vendrá dado por el caudal y presiones, así como la función que realicen. Las tuberías de PVC se clasifican en tipos y grados, Las de Tipo I son las que ofrecen mayor resistencia a la tracción y a los agentes químicos (ingmecánica), las usaremos en la línea de suministro y las líneas principales.

Encontramos tres tipos de ramales: principales, secundarios y portagoteros. Los ramales portagoteros y los goteros irán conectados mediante una tubería flexible, la cual contamos como parte del gotero (sus cotas dependen en gran medida de él).

Utilizaremos tuberías de PE100 para los ramales principales y secundarios y PE 40 para los ramales portagoteros, los primeros por su resistencia a altas presiones y durabilidad y los segundos por su relativa flexibilidad los cuales trabajan entre 4 y 16 atm. Serán adquiridos de la empresa Gestiriego, situada en Murcia

(Paraje Vistabella, s/n 30892 Librilla), la cual fabrica y controla la calidad de los tubos según la norma UNE 53367.

Más específicamente usaremos el producto Carsystem 100 (6 bar,  $\varnothing=50$  mm) y Carsystem 40 (6 bar,  $\varnothing=25$  mm), que cuenta con una composición específica que lo hace más resistente al cracking o rotura por tensión superficial provocada por cualquier accesorio que vaya insertado en el tubo.

Cada ramal portagoteros abastecerá a 10 goteros, se situarán en posición horizontal, al mismo nivel que los agujeros de abastecimiento traseros de la base cerámica para poder insertar totalmente la boquilla de los goteros en ellos.

(Podemos encontrar bobinas con una especificación de 25mm de diámetro exterior (código:TPE102506) en el mercado por 0,17 €/m)

Estos ramales portagoteros serán abastecidos a su vez por los ramales principales.

Podemos encontrar bobinas con una especificación de 50mm de diámetro exterior (código:TAD05006 de Gestiriego) en el mercado por 0,20 €/m

### 4.9.5 GOTEROS

El principal problema de los goteros son las obstrucciones, que obligarían a realizar inspecciones periódicas y reparaciones frecuentes, lastrando la idoneidad del producto en uno de los objetivos principales. Con esto, es indispensable el uso de goteros auto limpiables, que gracias a turbulencias de agua creadas en su interior eliminan los desechos.

Los goteros trabajan en unos rangos de presión establecidos, los goteros autocompensantes mantienen un caudal de salida uniforme en un rango de presiones establecidas por el fabricante (generalmente entre 2 bar y 5 bar de diferencia). Para evitar el uso de válvulas reguladoras de presión se usan este tipo de goteros.

Elegimos a la empresa israelí NaanDanJain, del grupo Jain Irrigation por la calidad y variedad productos y por contar con una fábrica en territorio español ( Santa María del Águila, El Ejido, Almería) que reducirá tanto tiempos de transporte como la contaminación emitida en él.



figura 2.24 "Gotero NDJ de 2.6l/h"

## 4.10 ELEMENTOS SUSTITUTIVOS

### 4.10.1 ANCLAJE PUNTUAL FIJO NO REGULABLE

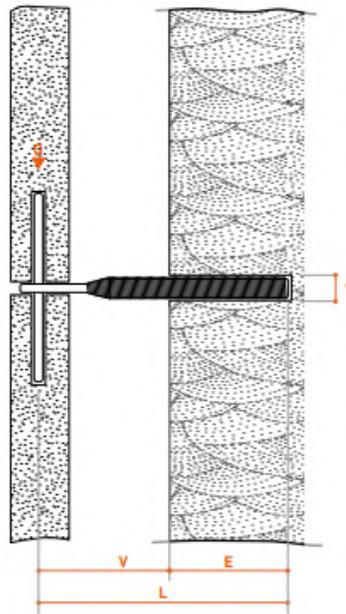


figura 2.25 "Corte de instalación anclaje puntual"

Tabla para carga Q (sin mayorar) en función de la métrica M y el vuelo V																				
CON VARILLA ROSCADA						CON BARRA CORRUGADA														
V (mm)	40	50	60	70	80	90	100	110	120	V (mm)	40	50	60	70	80	85	90	100	110	120
Q máx (Kg)   M.8	30	24	19	15	12	X	X	X	X	Q máx (Kg)   Ø.8	49	41	34	30	26	25	23	20,5	18,6	17
Q máx (Kg)   M.10	61	46	36	29	18	14	11	X	X	Q máx (Kg)   Ø.10	98	82	68	58	51	48	45	41	37	34
Q máx (Kg)   M.12	117	90	70	58	36	30	24	18	12	Q máx (Kg)   Ø.12	175	140	118	100	89	84	79	69	64	59
Empotramiento mínimo necesario E (mm)						Ø Taladro T (mm)														
Métrica (Ros.) / Diámetro (Corr.)	Ladrillo		Hormigón				Tamiz + Resina		Mortero		Hormigón									
8	70		60				12		Según fabricante		10									
10	80		70				14				12									
12	90		80				16				15									

tabla 2.6 "Tabla de cargas máximas según la métrica y el vuelo"

Dadas las dimensiones de la pieza base y la especificación de espaciado de 50 mm (entre la base y la fachada) el vuelo a escoger (V) será de 120 mm, lo que permite cargas máximas de 17, 34 o 59 kg, dependiendo del diámetro de la barra, en el caso de escoger la barra corrugada, al tener que contar con un par de anclajes para el soporte vertical la carga máxima podrá ser de 34, 68 o 118 kg.

Estas cifras cumplen con las necesidades del sistema, pero hemos de tener en cuenta el momento generado por el cual necesitaremos también de pivotes en la parte superior, gracias a que los pivotes de los anclajes son dobles solo necesitaremos tener en cuenta el número de módulos superiores para añadir dos anclajes por cada uno de ellos.

### 4.10.2 ANCLAJE PUNTUAL CON MÉNSULA DE REGULACIÓN EN 3 DIMENSIONES

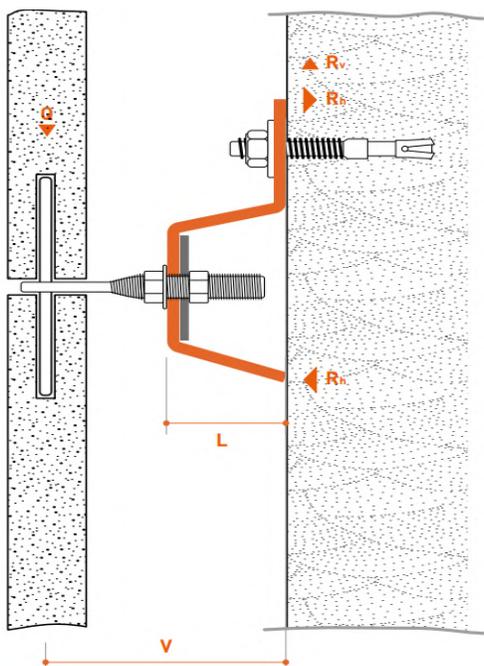


figura 2.26 "Corte de instalación anclaje puntual con ménsula"

Tabla de cargas máximas						
L	20	30	40	50	60	80
V máx-mín (mm)	70-64	80-60	90-70	100-80	110-90	130-110
Q máx-mín (Kg)	48-94	48-94	48-94	48-94	48-94	48-94

tabla 2.7 "Tabla de cargas del anclaje puntual con ménsula"

Manteniendo 130 mm de separación de la fachada al punto de contacto módulo/pivote (V) escogeremos una longitud (L) de 80 mm, siendo la carga máxima soportable de 48-94 kg, dependiendo del espesor de la ménsula y del diámetro y tipo de tornillo.

Dado que se precisan de dos anclajes por módulo las cargas máximas por unidad completa modular será de 96-188 kg, lo que es más que suficiente. Cabe destacar que este tipo de anclaje soporta de 31 a 35 kg de carga más que el sistema de anclajes fijos puntuales (por unidad).

## 5. VIABILIDAD DEL PRODUCTO

En este apartado se estudian y concretan las posibilidades constructivas, funcionales y técnicas de los elementos más sensibles del producto.

### 5.1 PERFILERÍA

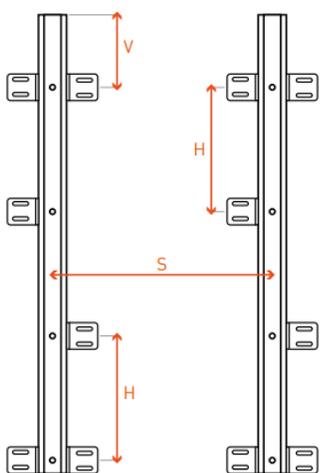


Tabla para determinar la distancia máxima entre soportes o escuadras de nivelación en función de la distancia entre los perfiles verticales

- R: 55 kgf/mm<sup>2</sup> - Rp(0,2) mín.: 20 kgf/mm<sup>2</sup>
- S (cm): Distancia entre perfiles verticales
- H (cm): Distancia entre soportes o escuadras
- V (cm): Máximo voladizo superior e inferior
- Espesor máximo de piedra 4 cm
- Cálculo realizado para uso de anclajes dobles

**Situación H1 / V1:** Hasta 30 m de altura de coronación en situación no expuesta, presión dinámica 0,75 KN/m<sup>2</sup>

**Situación H2 / V2:** Hasta 100 m de altura en situación no expuesta o hasta 30 m en situación expuesta, presión dinámica 1,00 KN/m<sup>2</sup>

**Situación H3 / V3:** Hasta 100 m de altura de coronación en situación expuesta, presión dinámica 1,25 KN/m<sup>2</sup>

figura 2.26 "Descripción y leyenda"

Como es imposible la realización de ensayos físicos específicos para el producto (ya que es un trabajo académico) pero hay indicadores que aseguran un buen funcionamiento, asumimos las condiciones más desfavorables.

El perfil que aporta mejores características técnicas es la variante "Perfil inoxidable 39x39x39 mm AISI 304 de 1,5mm", por lo expuesto anteriormente planteamos las peores condiciones: situación H3 / V3.

Perfil en "U"						
Perfil inoxidable 39x39x39 mm ASI 304 de 1,5 mm				Perfil inoxidable 39x39x39 mm ASI 304 de 1,2 mm		
S (cm)	H (cm) y V (cm)					
	H1	V1	H2	V2	H3	V3
60	165	65	145	55	130	50
70	155	65	135	55	120	50
80	145	60	125	53	110	48
90	135	57	119	50	105	45
100	130	55	113	49	100	45
110	124	53	108	48	95	43
120	119	50	103	45	90	40
130	114	50	98	44	89	40
140	110	48	95	43	85	39
150	106	45	92	41	82	38

figura 2.27 "Tabla de distancias máximas"

Dado que las medidas frontales de los módulos serán 50x40 cm y están separados por 2 cm, el desfase de la simetría vertical será

$$50 + 2 = 52 \text{ cm}$$

La medida más ajustada en tablas para la distancia entre los perfiles (S) es de 60 cm, asumiendo la misma progresión lineal de valores respectivos, para un valor de S=52 cm corresponden valores aproximados de H3=140cm y V3=53cm.

Como los perfiles tienen una longitud de 6m, se usarán 4 escuadras dobles de fijación y 3 escuadras simples de retención, las cuales se montarán en zig zag, tal y como se muestra en el esquema hecho por el fabricante.

Para hallar la distancia a la fachada de nuestro módulo, calculamos las fuerzas máximas que soporta a partir de los datos provistos por el fabricante.

El cálculo está realizado para mármoles, pizarras y granitos con densidades de entorno a 2800 kg/m<sup>3</sup> y espesores de 4 cm.

$$m = v \times \rho$$

$$m = 0,5 \cdot 0,4 \cdot 0,04 \cdot 2800 = 22,4 \text{ kg}$$

Sabiendo que la distancia máxima fachada/bloque recomendada por el fabricante es de 12 cm, podemos calcular

$$F_F = m \cdot g \text{ (N)}$$

$$F_F = 22,4 \cdot 9,8 = 219,52 \text{ N}$$

$$M = F \cdot d$$

d siendo el centro de masas,  $d=14\text{cm}$  ;  $d=0,14\text{m}$

$$M_F = 219,52 \cdot 0,14 = 30,73 \text{ (N/m)}$$

## GREEN CERAMICS

---

El centro de masas del módulo viene dada por la fórmula

$$x_{CM} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \cdot x_i}{m_{total}}$$

Para simplificar los cálculos se omiten las piezas con muy poco peso, como son las bridas de seguridad y los insertos. Se tiene en cuenta el sustrato como bloque.

Obtenemos el centro de masas de cada pieza a partir del cálculo realizado en el programa SolidWorks. Usando la pared del módulo como origen de coordenadas será

Donde los centros de masas distan del eje origen (amarillo):

- Base (rojo)= 29,47mm
- Sustrato (azul)= 54,58 + 10 = 64,58 mm
- Tapa (verde)= 14,34 + 114 = 128,34 mm

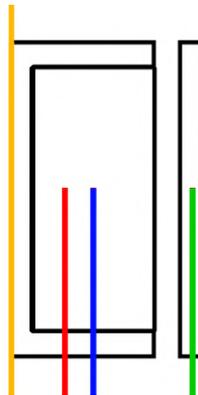


figura 2.28 "Centros de masas en el eje x"

$$x_{CM} = \frac{29,47 \cdot 8,029 + (54,58+10) \cdot 12,874 + (14,34+114) \cdot 2,199}{8,029 + 12,874 + 2,199} = 58,447mm$$

Genera una fuerza

$$F_M = 23,19 \cdot 9,8 = 227,262$$

Habiendo calculado el par máximo,  $M_F$  y sustituyendo por  $F_M$ , despejamos  $d$

$$d = \frac{30,66}{227,262} = 0,135 \text{ m}$$

Si restamos el centro de masas obtenemos la distancia de la fachada al módulo

$$d = 0,135 - 0,0585 = 0,0765 \text{ m} ; 7,65 \text{ cm}$$

## 5.2 CLIP DE FIJACIÓN

Los módulos deben de poder extraerse para realizar las labores de mantenimiento y se deben asegurar en condiciones normales. Por eso se ha diseñado un clip de fijación que asegura dos bloques al mismo tiempo (parte superior y parte inferior) y se libera mediante el desenroscado de un tornillo.

La función de asegurar los bloques tanto por la parte superior como por la inferior es debida a que las fuerzas de extracción no serán siempre perpendiculares a la fachada, lo que generará momentos que se deben de restringir.

Se diseña una camisa que irá soldada a la base de la balda de sujeción y tendrá una rosca pasante. La chapa y la camisa del clip se mantendrán unidas mediante un tornillo y una arandela.

Para soportar las condiciones de fatiga y corrosión se debe de emplear un material inoxidable para todas las piezas de este subcomponente para evitar la corrosión galvánica.

Otro factor fundamental es que será la pieza que se mantenga unida a la base de la balda de sujeción, por lo que tendrá necesariamente un coeficiente de seguridad alto.

Nos decidimos por un acero especial, Acero inoxidable super-duplex (EN 1.4410 – UNS S32750) cuyas características podemos encontrar en el BLOQUE 4, “4.5 ACERO INOXIDABLE SUPER-DUPLEX (EN 1.4410 – UNS S32750)”.

Debido a la geometría de la pieza y a la importancia de esta para la seguridad del producto, realizamos los cálculos con la herramienta de simulación de SolidWorks, que nos arroja datos bastante fiables sobre el comportamiento en las condiciones más desfavorables.

Estas condiciones serán las expuestas en el apartado “4.3 ANCLAJE BASE-TAPA”, 25Kg de extracción por módulo.

Esta fuerza estará dividida entre los cuatro clips de anclaje que llevará cada base. La fuerza en el SI se mide en N, así que realizamos la conversión al mismo tiempo.

$$F = \frac{25}{4} \times 9.8 = 61,25 \text{ N}, \text{ dato que introduciremos en el programa (a parte de los característicos del material)}$$

Obtenemos tres ensayos diferentes:

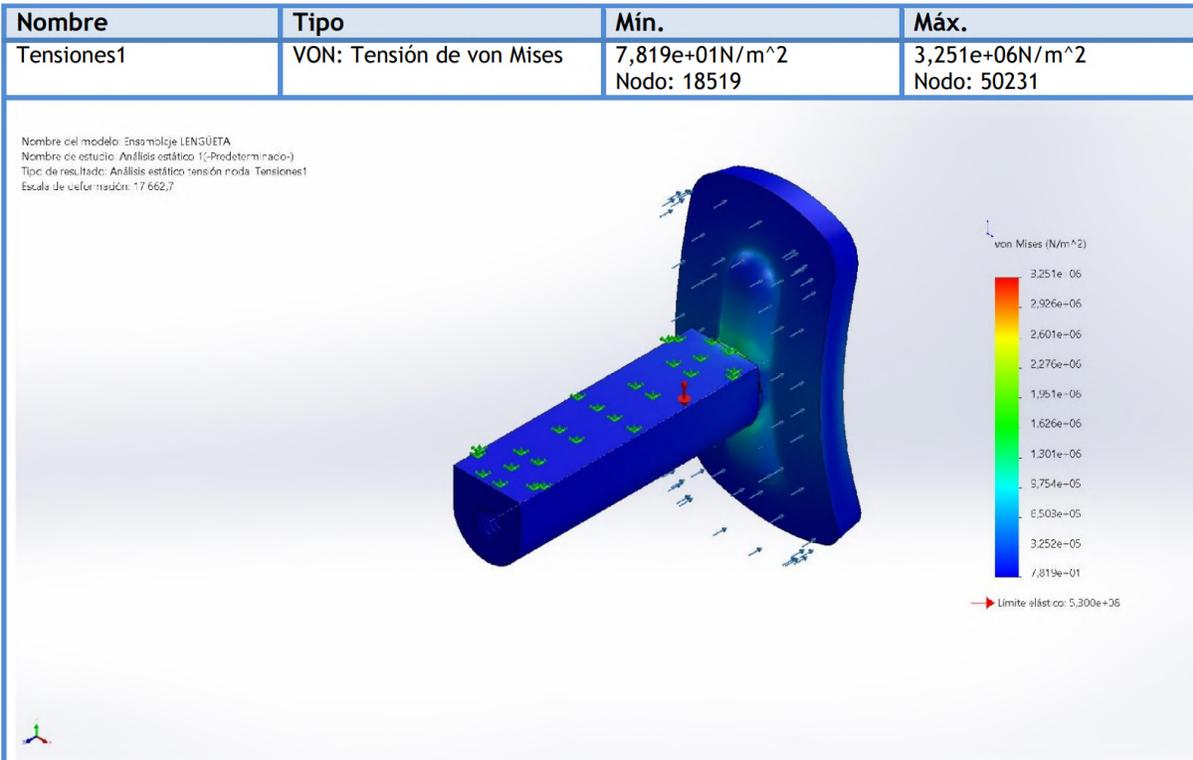


Figura 2.29 "Tensión de Von Mises"

Siendo el límite elástico del material  $5,3 \times 10^8$ , la tensión máxima se sitúa muy por debajo,  $3,25 \times 10^6$ , para asegurar la base incluso con vientos huracanados o posibles fallos en la estructura del material; multiplicamos la fuerza ejercida por 10, siendo la relación de aspecto 16,307. Podemos asegurar un muy buen funcionamiento durante toda la vida útil.

A Continuación se presentan otros 2 métodos basados que nos muestran los desplazamientos y deformaciones máximos de la pieza y confirman el buen diseño de esta.

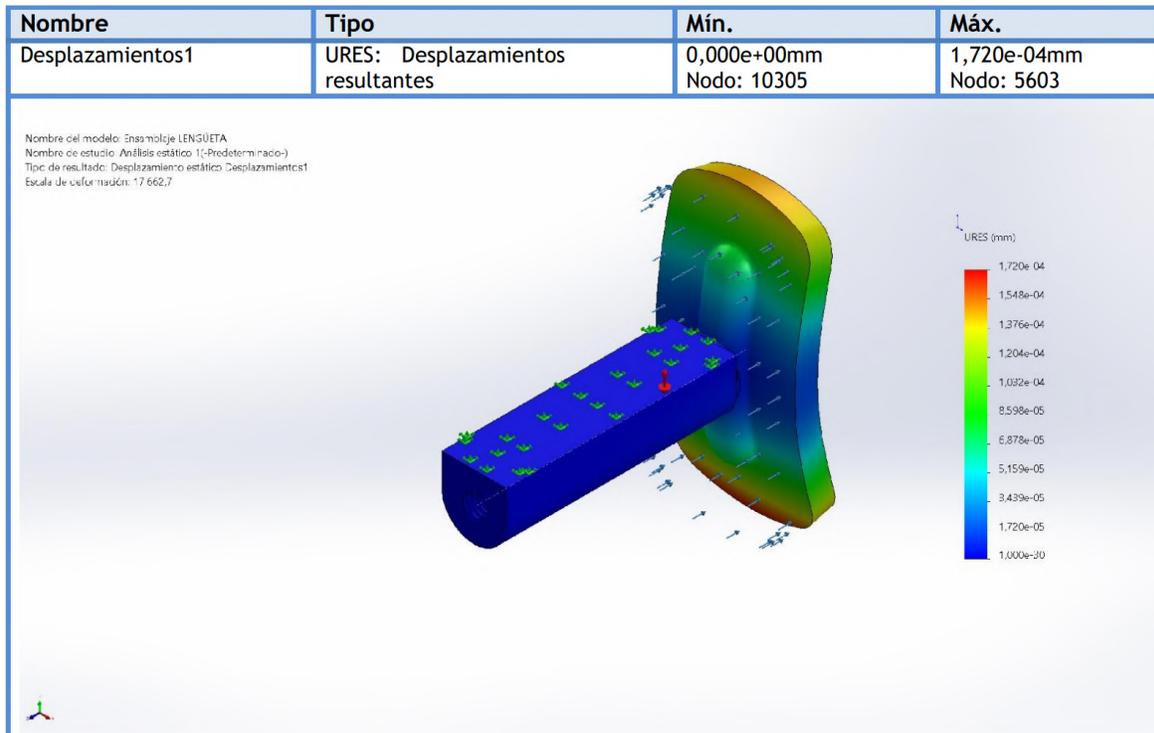


Figura 2.30 "Desplazamientos resultantes"

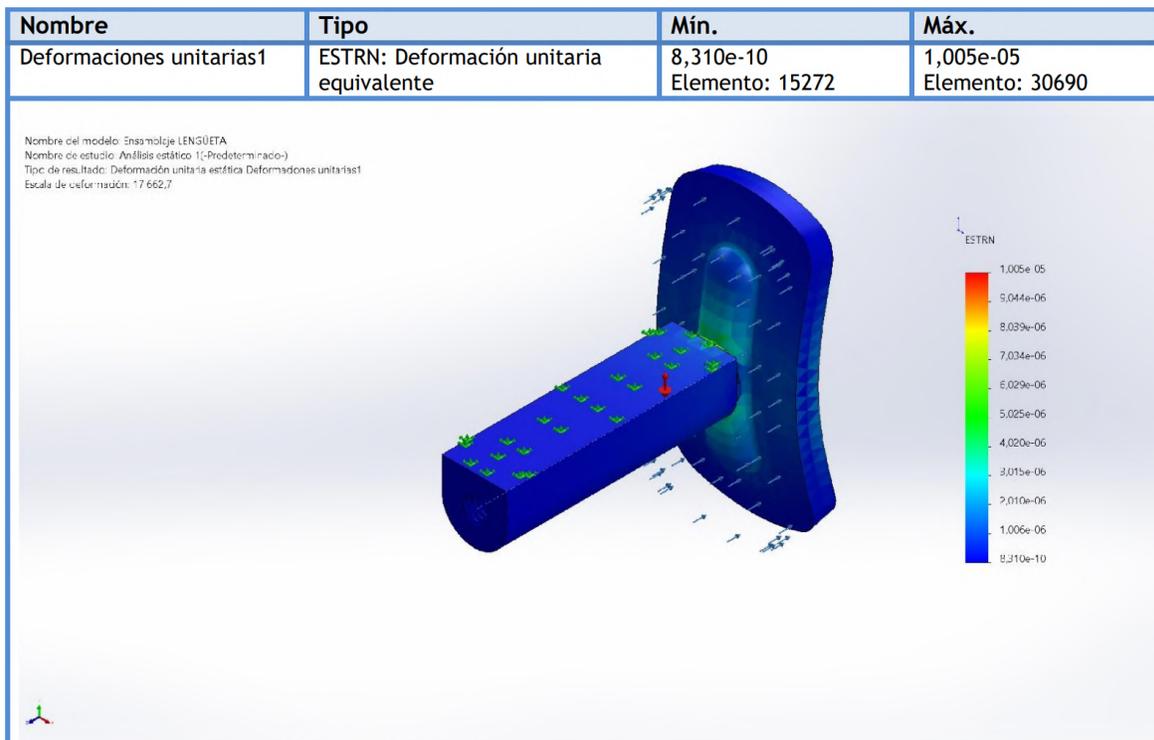


Figura 2.31 "Deformación unitaria equivalente"

### 5.3 KEEP-NUT

SERIE | SERIES **IM\_T** (con testa | with flange)

CODICE CODE	Spessore minimo Min. thicknesses	Filetto Thread	Altezza inserto Insert lenght	Diametro foro Hole diameter	Profondità foro Hole depth	Numero corone Crowns number	Forza di inserimento media* Average assembly press-in force*	Tenuta estrazione media* Average pull-out strenght*	Estrazione certificata su gres Certified pull-out on gres	Taglio certificato su gres Certified shear on gres	CE	ETA
	(S)**	(d1)***	(H)	(d2) + 0,2/-0,2	(l2) + 1,0/-0,0		(kN)	(kN)				
IM2T/_/_H6/K	7,5	M 4 M 5 M 6	6	12	5,5	2	0,4	1,7	1,5	1,6	✓	15/0615
IM4T/_/_H8.5/K	10	M 4 M 5 M 6	8	12	8	4	1	2,9	1,8	1,6	✓	15/0615

tabla 2.7 "Especificaciones técnicas de Keep-Nut"

La fuerza de extracción en gres es de 1,5 y 1,8 kN (152,96 y 183,55 kg respectivamente), mucho más que las sollicitaciones máximas que se contemplan actuarán sobre la pieza (32 kg/módulo, 8 kg/inserto), por eso escogemos el modelo con código IM2T/\_/\_H6/K, para una métrica M5 con dos coronas; que necesitará de un taladro de profundidad 6 mm y un diámetro de 12mm.

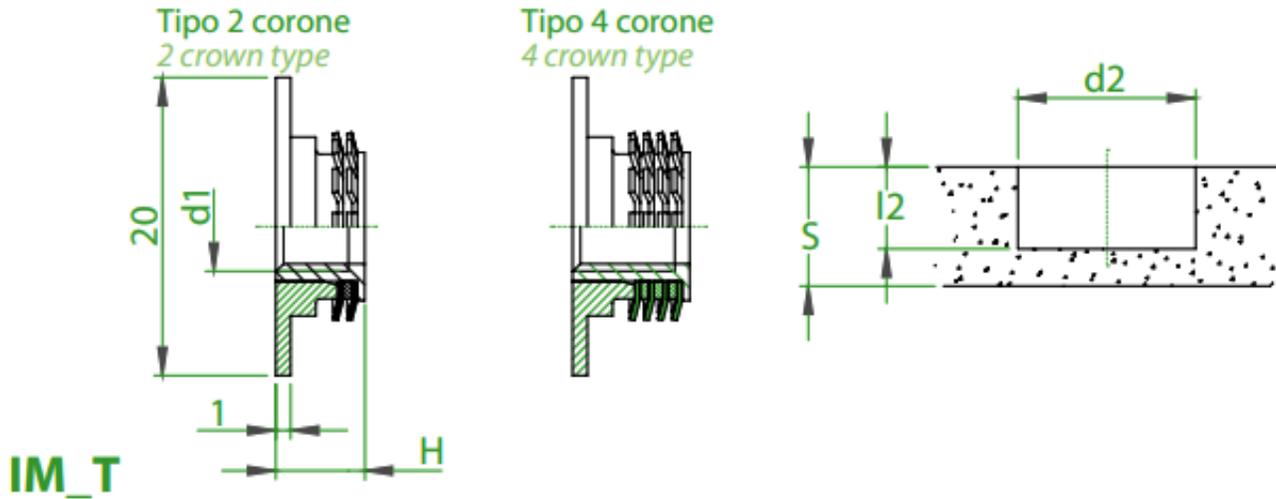


figura 2.32 "Plano básico de Keep-Nut"

## 5.4 BRIDA METÁLICA DE SEGURIDAD

El fabricante aporta datos de medidas y tensiones admitidas para el dimensionamiento, mostradas en la tabla 2.8.

Tabla de medidas

Referencia	Ancho (mm)	Largo (mm)	Tensión (kg)	Diámetro máx. (mm)
<b>Bridas de 4,6 mm de ancho</b>				
ST-150-46-E	4,6	150	46	37
ST-200-46-E	4,6	200	46	50
ST-300-46-E	4,6	300	46	76
ST-370-46-E	4,6	360	46	102
ST-520-46-E	4,6	520	46	156
<b>Bridas de 7,9 mm de ancho</b>				
ST-200-79-E	7,9	200	114	50
ST-300-79-E	7,9	300	114	76
ST-370-79-E	7,9	360	114	102
ST-520-79-E	7,9	520	114	156
ST-680-79-E	7,9	680	114	207
ST-840-79-E	7,9	840	114	207
ST-1020-79-E	7,9	1020	114	312

tabla 2.8 "Tabla de tensiones máximas"

El fabricante ofrece dos anchos de brida, con tensiones admisibles de 46 y 114 kg por brida, al contar con dos bridas por módulo y ser la fuerza soportada de 32 kg/módulo, si se realiza una incorrecta instalación (soportando una de ellas hasta  $\frac{2}{3}$  de la fuerza) obtenemos fuerzas de 21,33kg (209.07 N) y por lo tanto factores de seguridad de 2,157 (46kg / 21,33 kg) para las bridas de 4.6mm y de 5,34 para bridas de 7,9 (114 kg / 21,33 kg), cumpliendo estas últimas con la condición impuesta ( $5,34 > 5$ ).

El largo de la brida debe ser suficiente para asegurar las piezas, con un tamaño suficiente para facilitar a los operarios la instalación, se considera la longitud de 520 mm correcta (130 mm distancia máxima tapa cerámica / anclaje, sobre 360 mm de circunferencia de cable).

## 5.5 DISTRIBUCIÓN DE MÓDULOS

Como podemos observar en el BLOQUE 3, PLANOS, las medidas de los módulos son de 400 x 500 (mm), con una separación intermodular de 20 mm.

Cada una de las dos áreas de implementación tiene unas medidas de 10,5 x 30 (m). Horizontalmente se distribuye (por fila):

$$10,5(m) / 0,52 (m) = 20,192 \text{ módulos} \simeq 20 \text{ módulos}$$

Con un espacio entre arista de pared y módulo de:

$$e = \frac{(20,192 - 20) \cdot 0,52}{2} = 0,0499 \text{ m} \simeq 0,05 \text{ m} ; 5\text{cm}$$

Este espacio servirá para evitar que el flujo de aire causado por la canalización natural del viento en dirección norte-sur entre en contacto de forma directa con los módulos.

Verticalmente se distribuye (por columna):

$$30 (m) / 0,42 (m) = 71,429 \simeq 71 \text{ módulos}$$

con un espacio inferior sobrante de:

$$(71,429 - 71) \cdot 0,42 = 0,18\text{m} ; 18\text{cm}$$

Este espacio se usa para la instalación del canalón de recogida de aguas. Su uso principal es la canalización del agua de lluvia para evitar que caiga directamente a la calle.

Sectorizamos cada área en dos bloques verticales cada una y estos bloques los dividimos en sectores más pequeños para simplificar los cálculos.

## 5.6 EVAPOTRANSPIRACIÓN

Las necesidades hídricas de las plantas están representadas por la suma de la evaporación y la transpiración de estas y la evaporación directa desde el suelo, denominada evapotranspiración (ET).

El valor de ET depende del clima y del tipo de planta, valores relacionados entre sí, que para simplificar se considerarán por separado.

(ET) = Evapotranspiración de referencia (ETo) x Coeficiente de cultivo (Kc)

- ETO (evapotranspiración de referencia)= es un valor que representa al clima. También es usado ETr (evapotranspiración real o potencial), pero necesita de un seguimiento de muestras muy frecuente del terreno, lo que es ineficaz para nuestro sistema.
- Kc (coeficiente de cultivo)= es un valor que representa a la planta.
- En general, la evapotranspiración se expresa en milímetros de agua evapotranspirada cada día (mm/día). El coeficiente de cultivo (kc) depende a su vez de:
  - Ke (coeficiente de especie) = Las hidrozonas o zonas de riego en las que podría dividir un jardín en función del tipo de plantas que existan y sus necesidades hídricas. Cada especie tiene un coeficiente dado y es uno de los factores más importantes para calcular Kc, sin embargo no existen tablas normalizadas. Podemos encontrar unas tablas realizada por la

Consejería de Agricultura y Pesca, Dirección General de Investigación y Formación Agraria y Pesquera de la Junta de Andalucía con un número significativo de especies contempladas, las cuales podemos encontrar en las tablas ofrecidas: [001-008.pmd \(fagro.edu.uy\)](#) [233-246].

Como método para el diseño de la distribución vegetal y el cálculo de las zonas de riego usamos  $K_e$  como indicativo, será de la siguiente forma:

- Cada módulo contendrá especies con  $K_e$  similar.
- Contamos cada abertura circular de la tapa como unidad.
- El valor de  $K_e$  será el valor medio para zonas relativamente similares ( $K_{e_1} - K_{e_2} = \pm 0,25$ ).
- Se priorizará la sectorización en grupos lo más grandes posible para simplificar el sistema de riego.

Para no sobreextender el presente trabajo se reducen los diferentes valores de  $K_e$  a un valor medio para todo el jardín,  $K_{e_m} = 0,4$

- $K_d$  (coeficiente de densidad)= La variabilidad de densidad de plantación según las especies existentes. Es debido al espacio libre entre plantas, el cual evaporará más cantidad de agua, varía entre 0,5 y 1,3 para densidades bajas y altas, respectivamente. También influye de igual el porcentaje de cubierta vegetal, si es frondosa el coeficiente será alto, mientras que si es pobre o inexistente el coeficiente será bajo.

Ya que el sustrato de nuestro jardín vertical está totalmente cubierto por una tela y esta recibe a la vez la sombra de la tapa se considera un valor de  $k_d = 1,3$

Podemos encontrar una tabla de referencia.

Tipo Vegetación	Coeficiente de densidad (Kd)		
	a	m	b
Árboles	1,3	1,0	0,5
Arbustos	1,1	1,0	0,5
Tapizantes	1,1	1,0	0,5
Plantación mixta	1,3	1,1	0,6
Césped	1,0	1,0	0,6

tabla 2.10 " Ejemplos característicos de valores de  $K_E$ "

- $K_m$  (coeficiente de microclima)= Los diferentes microclimas que se crean en el jardín por la existencia de zonas soleadas frente a otras de sombra, zonas más cálidas, más aireadas, etc. Los ambientes que favorecen la evaporación se acercan a 1,4 y aquellos que ayudan conservar la humedad a 0,5.

Nuestra instalación está situada en una gran ciudad donde la isla de calor creada por la radiación absorbida por los edificios y la contaminación impiden que la radiación neta se disipe, a la vez que. al estar expuesto y a una cierta altura, la evaporación debido a la aireación será importante. Así le otorgamos un valor máximo,  $K_m = 1,4$ .

El cálculo de ETo debe de obtenerse de forma periódica a partir del cálculo de diferentes variables climáticas como: la humedad, la temperatura, la radiación solar, la presión atmosférica, el viento, etc. Estos datos son difíciles de obtener de forma local, es por ello que se recurre al Servicio de Mapas del Ministerio de Agricultura, el cual proporciona datos históricos sobre la ETo según el año y mes de todo el territorio español (los datos relativos a la ETo de la mayoría de las regiones del mundo están disponibles en sus respectivas oficinas técnicas meteorológicas y/o agrícolas).

Los resultados han sido obtenidos por el método de Penmann-Monteith (F.A.O. 1998) a partir de datos de la AEMET. Se muestran datos históricos acumulados 1996-2016 que servirán de referencia, expresados en mm/m<sup>2</sup>.

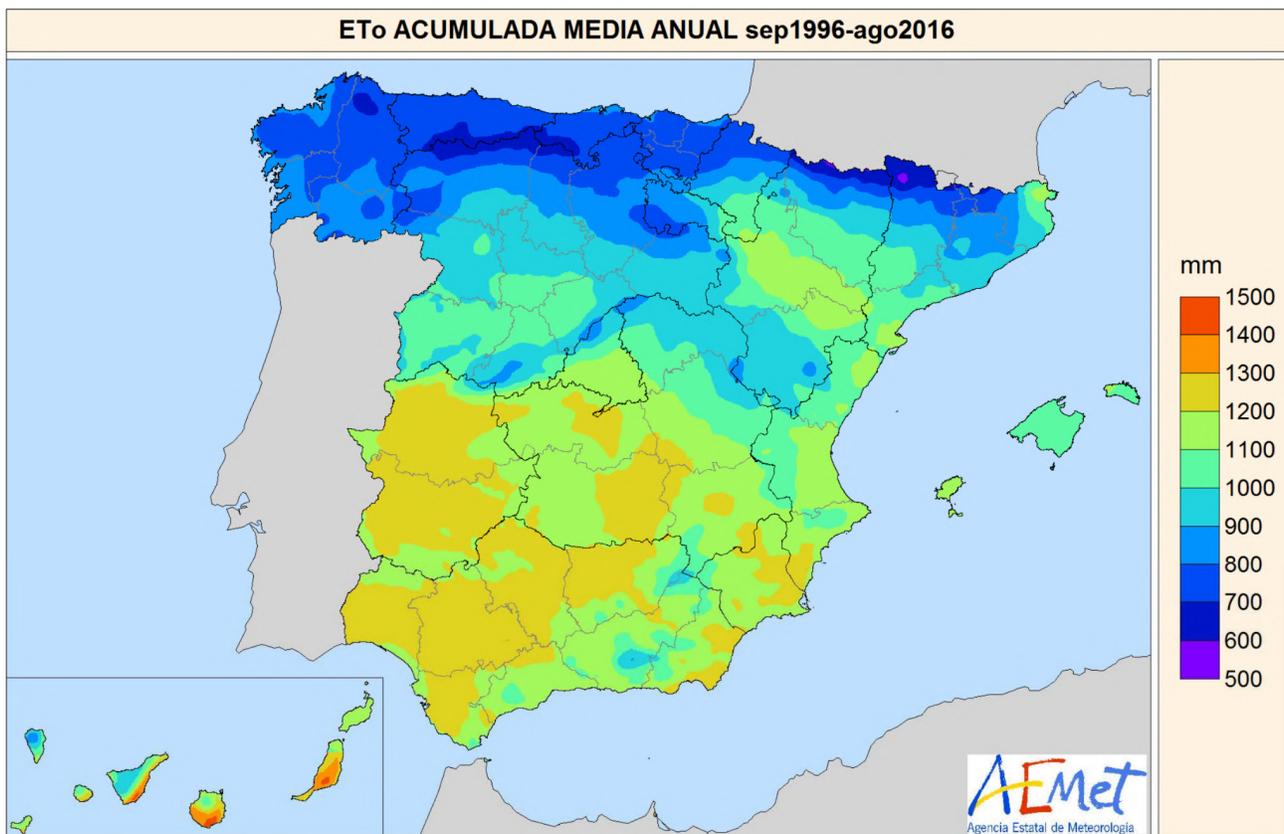


figura 2.33 "ETo acumulada anual media"

Se toma el mes más desfavorable para poder obtener datos útiles para el cálculo de las necesidades máximas del sistema (en cuanto a irrigación). Sin embargo el siguiente cálculo debe de realizarse mes a mes para corregir las desviaciones.

La zona ETo de instalación del sistema corresponde al color ocre, tomamos el valor más desfavorable debido a la tendencia climática histórica de aumento de la desertificación, es decir 160 mm/mensuales.

Para facilitar el cálculo del sistema de riego convertimos a l/día y l/hora

$$\frac{160 \text{ mm}}{\text{mes}} \cdot \frac{1 \text{ mes}}{31 \text{ días}} \cdot \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} \cdot \frac{1000 \text{ dm}^3}{1 \text{ m}^3} \cdot \frac{1 \text{ l}}{1 \text{ dm}^3} = 5,16 \text{ l/día} = 0,215 \text{ l/hora}$$

### SOLUCIÓN

$$ET = ET_0 \cdot K_d \cdot K_e \cdot K_m \text{ (l/día)}$$

$$ET_0 = 5,16 \cdot 1,3 \cdot 0,4 = 2,68 \text{ l/día}$$

## 5.7 GENERALIDADES DEL SISTEMA DE RIEGO

Partimos del resultado de las necesidades hídricas por m<sup>2</sup> calculado en el apartado anterior para calcular las de cada módulo, cuya área es 0,178 m<sup>2</sup> (hallada mediante el programa Solidworks).

$$x = \frac{2,68 \cdot 0,178}{1} = 0,477 \text{ l} \cdot \text{módulo /día}; 0,0199 \text{ l/hora}$$

Habrà 1 gotero por cada módulo, cada uno tiene una capacidad de 2,6 l/h, lo que es más que suficiente para las necesidades del sistema. Este no estará permanentemente encendido, solo se irrigará en las horas de más calor y de forma distribuida.

$$t = \frac{0,477(\text{l} \cdot \text{módulo /día})}{2,6 (\text{l/h})} = 0,183 (\text{h} \cdot \text{módulo /día}) ; 11 \text{ minutos} \cdot \text{módulo /día}$$

El tiempo de riego diario de cada gotero (con las condiciones de ET estudiadas) será de 11 minutos al día.

Las necesidades hídricas diarias de todo el sistema serán de:

$$\text{Por bloque} = 0,477 \cdot (71 \cdot 20) = 677,34 \text{ l/día}$$

$$\text{Total del sistema} = 677,34 \cdot 2 = 1354,68 \text{ l/día}$$

Para que los goteros funcionen correctamente tienen que tener presiones de entrada de entre 0,5 a 4 bar, debido a que la presión varía con la altura, si la variación de la presión debida a la altura supera los 3,5 bar entre los puntos superior e inferior de una zona de riego, cuyo suministro lo realiza el mismo ramal principal, se deben de instalar válvulas reguladoras de presión.

## GREEN CERAMICS

---

De la misma forma, si la presión al final del ramal vertical supera los 4 bar debido a la distancia con respecto a la unidad de alimentación, se deben instalar las válvulas de regulación de presión necesarias.

Esta diferencia de presión se obtiene del principio de Bernoulli:

$$\frac{V1}{2g} + \frac{P1}{\gamma} + Z1 = \frac{V2}{2g} + \frac{P2}{\gamma} + Z2$$

donde

V1 = V2, igualamos las velocidades

P1 = 0,5 · 10<sup>6</sup> Pa (0,5 bar)

γ = peso específico del fluido, 9800 kg/m<sup>3</sup> para el agua

Z1 = coordenada 1, 30 m

Z2 = coordenada 2, 0 m

$$\frac{0,5 \cdot 10^6}{9800} + 30 = \frac{P2}{9800} + 0$$

### SOLUCIÓN

P2 = 2,99 · 10<sup>5</sup> Pa ; 3 bar

El valor de la diferencia de presiones está dentro de los requerimientos para un sistema sin válvulas reguladoras de presión en los ramales.

## 5.8 DIÁMETRO DE TUBERÍAS

### 5.8.1 RAMALES PORTAGOTEROS

El diámetro óptimo se calcula mediante la ecuación fundamental del caudal y aproximamos al más parecido de la tabla. La entrada en la tabla es siempre de una clase superior a la presión máxima de trabajo recomendada para mantener un margen de seguridad amplio, en nuestro caso 6 bar.

CARSYSTEM PE 40				
Ø EXT.	Pared	Peso	Rollo	Código
	(mm)	(kg/m)	(m)	
<b>4 BAR</b>				
32	2,0	0,205	100	TPE103204
40	2,4	0,290	100	TPE104004
50	3,0	0,450	100	TPE105004
63	3,8	0,720	100	TPE106304
75	4,5	1,005	100	TPE107504
90	5,4	1,405	50	TPE109004
<b>5 BAR</b>				
25	2,0	0,160	100	TPE102505
<b>6 BAR</b>				
20	2,0	0,120	100	TPE102006
25	2,3	0,165	100	TPE102506
32	3,0	0,270	100	TPE103206
40	3,7	0,425	100	TPE104006
50	4,6	0,655	100	TPE105006
63	5,8	1,035	100	TPE106306
75	6,8	1,415	50	TPE107506
<b>10 BAR</b>				
20	3,0	0,160	100	TPE102010
25	3,5	0,240	100	TPE102510
32	4,4	0,390	100	TPE103210
40	5,5	0,585	100	TPE104010
50	6,9	0,925	100	TPE105010
63	8,6	1,430	50	TPE106310

tabla 2.11 "Tabla de diámetros CARSYSTEM PE40"

Los goteros de esta instalación tienen un caudal  $Q_g = 1,3 \text{ l/h}$  podemos calcular el caudal de cada ramal portagoteros como:

$$Q_p = \text{caudal de gotero} \cdot n^{\circ} \text{ de goteros por módulo} \cdot n^{\circ} \text{ de módulos}$$

$$Q_p = 1,3 \cdot 2 \cdot 10 = 26 \text{ l/h}$$

Para calcular a partir del caudal el diámetro de tubería apropiado primero convertimos el caudal en unidades del S.I

$$26 \frac{\text{l}}{\text{h}} \cdot \frac{1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{1\text{l}} \cdot \frac{1\text{h}}{3600\text{s}} = 7,22 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

La ecuación fundamental del caudal es

$$Q = v \cdot S$$

Donde:

$$Q = 7,22 \cdot 10^{-5} (\text{m}^3/\text{s}), \text{ caudal}$$

$$v = 0,5 (\text{m/s}), \text{ velocidad de flujo estimada}$$

$$S = \text{sección (m}^2\text{)}$$

Se puede escribir:

$$Q = v \cdot \frac{\pi D_i^2}{4}$$

Siendo  $D_i$  el diámetro interno (m)

$$D_i = \sqrt{\frac{7,22 \cdot 10^{-5} \cdot 4}{\pi \cdot 0,5}} = 0,0136 \text{ m}$$

Este diámetro se acerca al de la **tubería de 20 mm** (código: *TPE102006*),

$$D_i = 20 - (2 \cdot 2) = 16 \text{ mm}; 0,0204 \text{ m}$$

Recalculamos el flujo,

$$v = Q \cdot \frac{4}{\pi D_i^2} = 0,36 \text{ m/s}$$

Contando con una separación intermodular de 20 mm, una anchura modular de 500mm y que el gotero está situado en el centro longitudinal de la base modular, cada ramal portagoteros tendrá una longitud horizontal

$$L = (250 \cdot 2) + (2 \cdot 9) + (500 \cdot 8) = 4518 \text{ mm} \simeq 4,52 \text{ m}$$

### RESOLUCIÓN

La longitud total de tubo usado será la suma de las longitudes de los ramales secundarios, puesto que tienen la misma longitud.

$$L_t = 4,52(m) \cdot n^{\circ} \text{ de filas} \cdot n^{\circ} \text{ de jardines};$$

$$L_t = 4,52m \cdot 71 \cdot 2 = 641,84 m$$

### 5.8.2 RAMALES PRINCIPALES Y SECUNDARIOS

Los jardines verticales están distribuidos en 4 bloques verticales, estos bloques están compuestos por 1 ramal principal y 7 ramales secundarios que suministran a 142 ramales portagoteros en total.

#### 5.8.2.1 RAMALES SECUNDARIOS

El primer ramal secundario suministra a 11 ramales porta goteros, los 6 restantes a 10.

Calculamos las solicitaciones de diámetro del ramal secundario del primer sector por abastecer a más ramales portagoteros, el cual tendrán un pico hídrico máximo de:

$$Q_s = 7,22 \cdot 10^{-5} \cdot 11 = 7,942 \cdot 10^{-4} (m^3/s)$$

Los ramales secundarios están compuestos de PE40, por lo que usamos la *tabla 2.11* del apartado anterior.

Calculamos de igual forma que para los ramales portagoteros con  $Q_s$  y una velocidad de flujo mayor,  $v = 2m/s$

$$Di = \sqrt{\frac{7,942 \cdot 10^{-4} \cdot 4}{\pi \cdot 2}} = 0,0225 m$$

Esta sección sería de **25 mm** (código: *TPE102506*)

$$D_i = 25 - (2,3 \cdot 2) = 20,4 mm; 0,0204 m$$

$$v = 7,942 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{4}{\pi \cdot 0,0204^2} = 2,43 m/s$$

La longitud de tubo del ramal secundario será la suma de:

- La distancia desde el primer módulo del sector hasta el nivel horizontal de instalación del último gotero.

$$L_n = \text{cota de altura del módulo} \cdot (\text{n}^\circ \text{de módulos} - 1) + \text{cota de instalación de los goteros} + \text{distancia intermodular} \cdot (\text{n}^\circ \text{de módulos} - 2)$$

$$L_{11} = 0,4 \cdot (11 - 1) + 0,04 + 0,02 \cdot (11 - 2) = 4,22 \text{ m}$$

$$L_{10} = 0,4 \cdot (10 - 1) + 0,04 + 0,02 \cdot (10 - 2) = 3,8 \text{ m}$$

- -Un margen superior para los acoples de la curva.

$$L_A = 8 \text{ cm} ; 0,08 \text{ m}$$

- -La distancia hasta el ramal principal

$$L_R = 18 \text{ cm} ; 0,18 \text{ m}$$

La longitud de los ramales secundarios por bloque será:

$$L_{SB} = L_{11} + L_{10} \cdot 6 + L_A \cdot N^\circ \text{ramales} + L_R \cdot N^\circ \text{ramales}$$

$$L_{SB} = 4,22 + 3,8 \cdot 6 + 0,08 \cdot 7 + 0,18 \cdot 7 = 28,84 \text{ m}$$

### SOLUCIÓN

La longitud total de los ramales secundarios en la instalación será:

$$L_{SBT} = L_{SB} \cdot 4 = 115,36 \text{ m}$$

### 5.8.2.2 RAMALES PRINCIPALES

La instalación consta de 4 ramales principales, uno por cada bloque, siendo las tuberías de PE100, cuyos diámetros podemos encontrar en la siguiente tabla:

CARSYSTEM PE 100				
Ø EXT.	Pared	Peso	Rollo	Código
	(mm)	(kg/m)	(m)	
<b>6 BAR</b>				
50	2,0	0,320	100	TAD05006
63	2,5	0,550	100	TAD06306
*75	2,9	0,685	-	TAD07506
*90	3,5	1,020	-	TAD09006
*110	4,2	1,465	-	TAD11006
*125	4,8	1,905	-	TAD12506
*140	5,4	2,350	-	TAD14006
*160	6,2	3,100	-	TAD16006
*200	7,7	4,730	-	TAD20006
*250	9,6	7,350	-	TAD25006
<b>10 BAR</b>				
32	2,0	0,205	100	TAD03210
*40	2,4	0,315	100	TAD04010
*50	3,0	0,460	100	TAD05010
*63	3,8	0,735	100	TAD06310
*75	4,5	1,025	100	TAD07510
*90	5,4	1,48	50	TAD09010
*110	6,6	2,25	50	TAD11010
*125	7,4	2,785	-	TAD12510
*140	8,3	3,440	-	TAD14010
*160	9,5	4,495	-	TAD16010
*200	11,9	7,035	-	TAD20010
*250	14,8	10,980	-	TAD25010
<b>16 BAR</b>				
20	2,0	0,115	100	TAD02016
25	2,3	0,170	100	TAD02516
*32	3,0	0,285	100	TAD03216
*40	3,7	0,430	100	TAD04016
*50	4,6	0,665	100	TAD05016
*63	5,8	1,060	50	TAD06316
*75	6,8	1,440	50	TAD07516
*90	8,2	2,135	50	TAD09016
*110	10,0	3,200	-	TAD11016
*125	11,4	4,090	-	TAD12516
*140	12,7	5,130	-	TAD14016
*160	14,6	6,590	-	TAD16016
*200	18,2	10,500	-	TAD20016
*250	22,7	16,105	-	TAD25016

tabla 2.12 "Diámetros CARSYSTEM PE100"

Debido a la restricción de diámetro los ramales principales tendrán como máximo 50 mm de diámetro externo. Como hemos visto anteriormente, cada sector necesita de 11 minutos de riego, así que cada ramal principal

tendrá un tiempo operativo diario  $t_d$  (con las condiciones climáticas estudiadas) de:

$$t_d = 11 \text{ min} \cdot 7 \text{ sectores} = 77 \text{ min} ; \approx 1 \text{ h } 17 \text{ min}$$

Suministrará a todo el bloque de ramales secundarios, con lo que el caudal será

$$Q_p = 7,22 \cdot 10^{-5} \cdot 71 = 5,126 \cdot 10^{-3} \text{ (m}^3/\text{s)}$$

Proyectamos una velocidad de flujo adecuada de  $3 \text{ m/s}$ , cuyo diámetro interno será

$$Di = \sqrt{\frac{5,126 \cdot 10^{-3} \cdot 4}{\pi \cdot 3}} = 0,0466 \text{ m}$$

el diámetro más aproximado es **50 mm** (6 bar) (TAD05006), que aportará una velocidad de flujo

$$v = 5,126 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{4}{\pi \cdot 0,046^2} = 3,08 \text{ m/s}$$

Para evitar costes extra de montaje y de material, los ramales principales conectan con los ramales secundarios de su respectivo sector desde el eje vertical de simetría del jardín. La longitud total será la suma de:

- La distancia vertical desde el primer bloque hasta el último

$$D_B = 30 \text{ m}$$

- La distancia hasta el suelo del forjado, suponemos  $0,3 \text{ m}$

$$D_F = 0,3 \text{ m}$$

- Distancia de cada ramal principal hasta el colector de impulsión, el cual se sitúa en el suelo de la planta inmediatamente superior. Suponemos una distancia de  $1 \text{ m}$ .

$$D_C = 1 \text{ m}$$

## SOLUCIÓN

La longitud de cada ramal principal será:

$$L_p = D_B + D_F + D_C = 31,3 \text{ m}$$

La longitud total de los ramales principales en la instalación será:

$$L_{PT} = L_{PB} \cdot 4 = 125,2 \text{ m}$$

### 5.8.3 COLECTOR DE IMPULSIÓN

Es la tubería que conecta cada bloque con la bomba situada en la planta baja, es decir 34m. Fabricada en PE100 y capaz de soportar hasta 10 bar para poder abastecer a los ramales y superar las pérdidas de carga. En este caso su instalación se realiza por dentro de la fachada porque las condiciones del edificio lo favorecen, pero para instalaciones más pequeñas pueden diseñarse para instalarse en el intersticio fachada-módulos.

CARSYSTEM PE 100				
Ø EXT.	Pared	Peso	Rollo	Código
	(mm)	(kg/m)	(m)	
<b>6 BAR</b>				
50	2,0	0,320	100	TAD05006
63	2,5	0,550	100	TAD06306
*75	2,9	0,685	-	TAD07506
*90	3,5	1,020	-	TAD09006
*110	4,2	1,465	-	TAD11006
*125	4,8	1,905	-	TAD12506
*140	5,4	2,350	-	TAD14006
*160	6,2	3,100	-	TAD16006
*200	7,7	4,730	-	TAD20006
*250	9,6	7,350	-	TAD25006
<b>10 BAR</b>				
32	2,0	0,205	100	TAD03210
*40	2,4	0,315	100	TAD04010
*50	3,0	0,460	100	TAD05010
*63	3,8	0,735	100	TAD06310
*75	4,5	1,025	100	TAD07510
*90	5,4	1,48	50	TAD09010
*110	6,6	2,25	50	TAD11010
*125	7,4	2,785	-	TAD12510
*140	8,3	3,440	-	TAD14010
*160	9,5	4,495	-	TAD16010
*200	11,9	7,035	-	TAD20010
*250	14,8	10,980	-	TAD25010
<b>16 BAR</b>				
20	2,0	0,115	100	TAD02016
25	2,3	0,170	100	TAD02516
*32	3,0	0,285	100	TAD03216
*40	3,7	0,430	100	TAD04016
*50	4,6	0,665	100	TAD05016
*63	5,8	1,060	50	TAD06316
*75	6,8	1,440	50	TAD07516
*90	8,2	2,135	50	TAD09016
*110	10,0	3,200	-	TAD11016
*125	11,4	4,090	-	TAD12516
*140	12,7	5,130	-	TAD14016
*160	14,6	6,590	-	TAD16016
*200	18,2	10,500	-	TAD20016
*250	22,7	16,105	-	TAD25016

tabla 2.13 "Diámetros CARSYSTEM PE100"

El caudal será:

$$Q_{colector} = 5,126 \cdot 10^{-3} \cdot 2 = 1,025 \cdot 10^{-2} \text{ (m}^3/\text{s)}$$

Para una velocidad de flujo  $v \approx 3 \text{ m/s}$  el diámetro nominal será

$$D_i = \sqrt{\frac{1,025 \cdot 10^{-2} \cdot 4}{\pi \cdot 3}} = 0,067 \text{ m ; } 135 \text{ mm}$$

El diámetro elegido es **90mm** (código: *TAD09010*)

$$D_i = 90 - (5,4 \cdot 2) = 79,2 \text{ mm; } 0,0792 \text{ m}$$

Re calculamos la velocidad de flujo

$$v = 1,025 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{4}{\pi \cdot 0,0792^2} = 2,08 \text{ m/s}$$

## 5.9 BOMBA DE AGUA

Una bomba de agua es una máquina hidráulica cuyo funcionamiento se basa en el *Principio de Bernoulli*, según el cual, en un fluido ideal sin viscosidad, ni rozamiento, e incompresible que se encuentra en circulación por un conducto cerrado, su energía permanece constante en cada punto de su recorrido.

$$\frac{v^2 \cdot \rho}{2} \cdot P + \gamma \cdot H = cte$$

donde,

$v$  es la velocidad del fluido,  $2,08 \text{ m/s}$

$P$ , la presión del fluido a lo largo de la línea de corriente ( $Pa$ )

$\gamma$ , el peso específico,  $9800 \text{ kg/m}^3$

$H$ , la altura manométrica ( $m$ )

Para este proyecto usaremos un grupo de bomba centrífuga, que suministra a un jardín a la vez desde una sala de la planta baja del edificio ( $h=0$ ). El caudal suministrado por cada una es

$$Q_{bomba} = 1,025 \cdot 10^{-2} \text{ (m}^3/\text{s)} ; 36,9 \text{ (m}^3/\text{h)} ; 10,25 \text{ (l/s)}$$

$$Q_{grupo} = 0,0205 \text{ (m}^3/\text{s)}$$

la potencia teórica o potencia útil que se transmite a un fluido y se invierte en proporcionarle un caudal y altura manométrica a su paso por el equipo de bombeo viene dado por la siguiente expresión:

$$(1) P_u = \gamma \cdot Q \cdot H$$

La altura manométrica representa la fuerza que debe vencer la bomba para impulsar el fluido desde el punto de aspiración hasta el de impulsión,

$$(2) H = H_g + P_c$$

donde,

$H_g$ , altura geométrica 34m

$P_c$ , pérdida de carga (m. c. a)

A su vez, la pérdida de carga se calcula como.

$$(3) P_c = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

donde,

$L$  es la longitud del tubo, 34 m

$f$  es el factor de fricción de Darcy-Weisbach, el cual depende de,

$R_e$ , el número de Reynolds del fluido

$$R_e = \frac{v \cdot D}{\vartheta}$$

donde  $\vartheta$  es la viscosidad cinemática del agua a 20°C,  $1,007 \cdot 10^{-6}$

$$R_e = \frac{2,08 \cdot 0,0792}{1,007 \cdot 10^{-6}} = 1,636 \cdot 10^5$$

$\varepsilon_r$ , la rugosidad relativa de la tubería

$$\varepsilon_r = \frac{\varepsilon}{D}$$

donde  $\varepsilon$  es la rugosidad de PE, 0,0015 mm

$$\varepsilon_r = \frac{0,0015}{0,0792} = 0,0189$$

Ahora podemos obtener  $f$  en el diagrama de Moody y resolver  $P_c$  de cada tubería

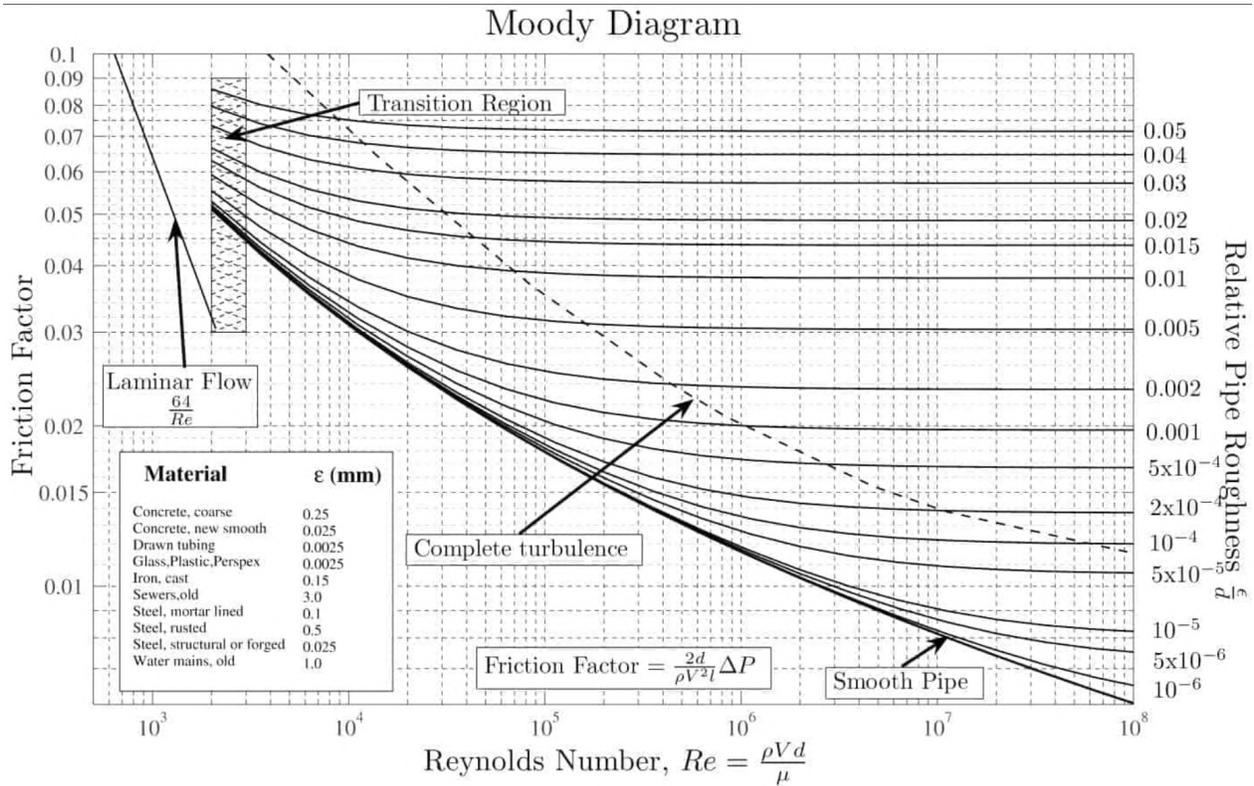


figura 2.34. "Diagrama de Moody"

Siendo  $f = 0,05$  resolvemos :

$$(3) P_c = 0,05 \cdot \frac{34}{0,0792} \cdot \frac{2,08^2}{2 \cdot 9,8} = 4,176 \text{ m}$$

$$(2) H = 34 + 4,176 = 38,176 \text{ m}$$

$$(1) P_u = 9800 \cdot 1,025 \cdot 10^{-2} \cdot 38,176 = 3834,78 \text{ w} ; 3,8 \text{ kw}$$

Si el rendimiento de la bomba fuese  $\eta = 0,88$ , la potencia consumida ( $P_e$ ) será

$$P_e = \frac{P_u}{\eta}$$

$$P_e = \frac{3834,78}{0,94} = 4357,7 \text{ kw} ; 4,36 \text{ kw}$$

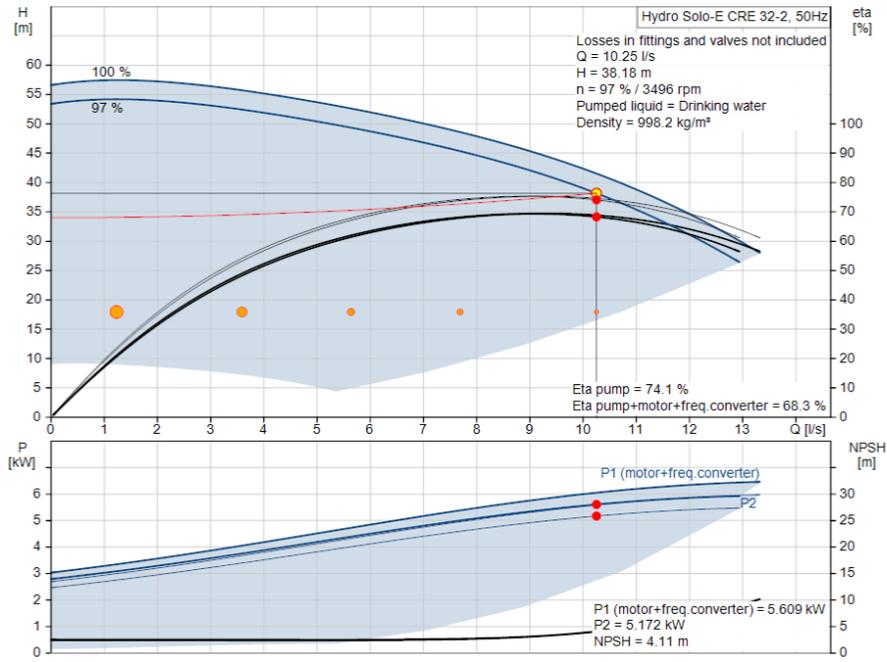
Con estos parámetros,  $Q_{bomba}$ ,  $P_c$  y  $H$  podemos acceder a la mayoría de catálogos de los fabricantes. Se usará el modelo Hydro Solo-E CRE 32-2, de la marca Grundfos, cuyas especificaciones son muy óptimas para esta instalación, podemos observar sus datos y curvas características en la sección.

## 6. ELEMENTOS GRÁFICOS AUXILIARES

CLASE	PRESIÓN MÍNIMA DE RUPTURA	PRESIÓN MÁXIMA DE TRABAJO
16	68 kg/cm <sup>2</sup>	16 kg/cm <sup>2</sup> (15,68 bar)
10	51 kg/cm <sup>2</sup>	10 kg/cm <sup>2</sup> (9,8 bar)
6	28 kg/cm <sup>2</sup>	6 kg/cm <sup>2</sup> (5,88 bar)
4	22 kg/cm <sup>2</sup>	4 kg/cm <sup>2</sup> (3,92 bar)

tabla 2.14" Clasificación de las tuberías según su presión de trabajo y máxima"

PERFORMANCE



MOTOR

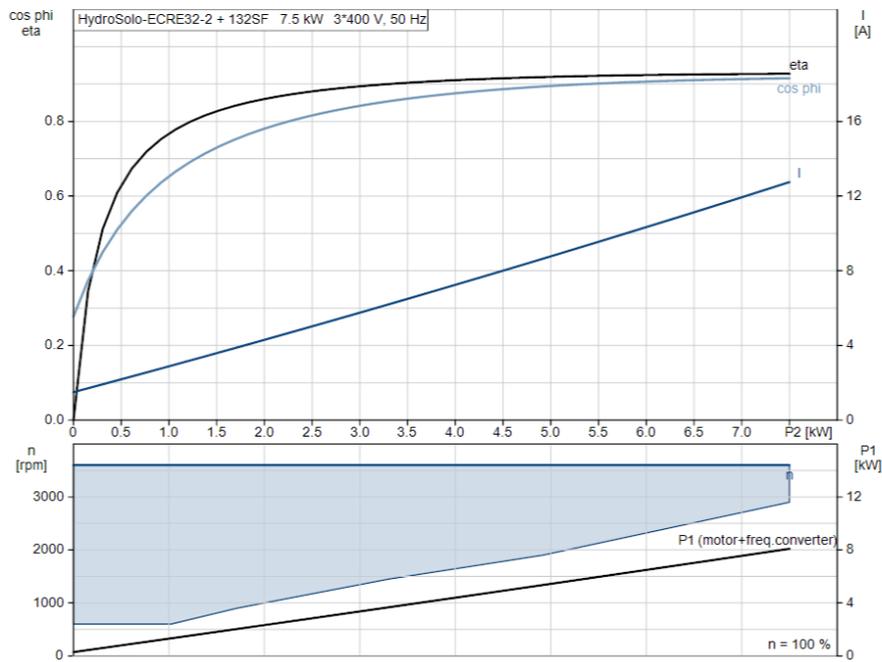


figura 2.35 "Curva de rendimiento de la bomba Hydro Solo-E CRE 32-2"

## Sizing results

Type	Hydro Solo-E CRE 32-2
Tank	265 l
Quantity * Motor	1 * 7.5 kW
Flow	10.25 l/s
H total	38.18 m
Power P1	5.609 kW
Power P2 required in the duty point	5.172 kW
Eta pump	74.1 %
Eta motor	92.2 %
Eta pump+motor	68.3 % =Eta pump * Eta motor
Eta total	68.3 %
Flow total	60236 m <sup>3</sup> /year
Energy consumption	5464 kWh/Year
Price	On request
Life cycle cost	26285 EUR /10Years

### Load profile ⓘ

	1	2	3	4	5
Flow (%)	12	35	55	75	100
Flow (m <sup>3</sup> /h)	4.4	12.9	20.3	27.7	36.9
Head (%)	47	47	47	47	47
Head (m)	15.8	15.8	15.8	15.8	15.8
P1 (kW)	0.698	1.05	1.476	2.056	3.122
Eta total (%)	30.7	59.5	66.5	65.1	57.2
Time (h/a)	2191	1315	657	438	219
Energy consumption (kWh/Year)	1529	1381	970	901	684
Quantity	1	1	1	1	1

figura 2.36 "Características técnicas de la bomba Hydro Solo-E CRE 32-2"

## **BLOQUE 3 - PLANOS**

---

BLOQUE BASE GREEN CERAMICS

EXPOSICIÓN DEL SUBCONJUNTO MÓDULO

1.1 BASE CERÁMICA

1.2 TAPA CERÁMICA

2. EXPOSICIÓN DEL SUBCONJUNTO DE ANCLAJE

2.1 ACOTACIÓN DE PIEZAS DEL SUBCONJUNTO DE ANCLAJE

3 EXPLOSIÓN DEL SUBCONJUNTO DE PERFILERÍA

3.1 ACOTACIÓN DE PIEZAS DEL SUBCONJUNTO DE PERFILERÍA

En los planos aparecen unas observaciones que se refieren a:

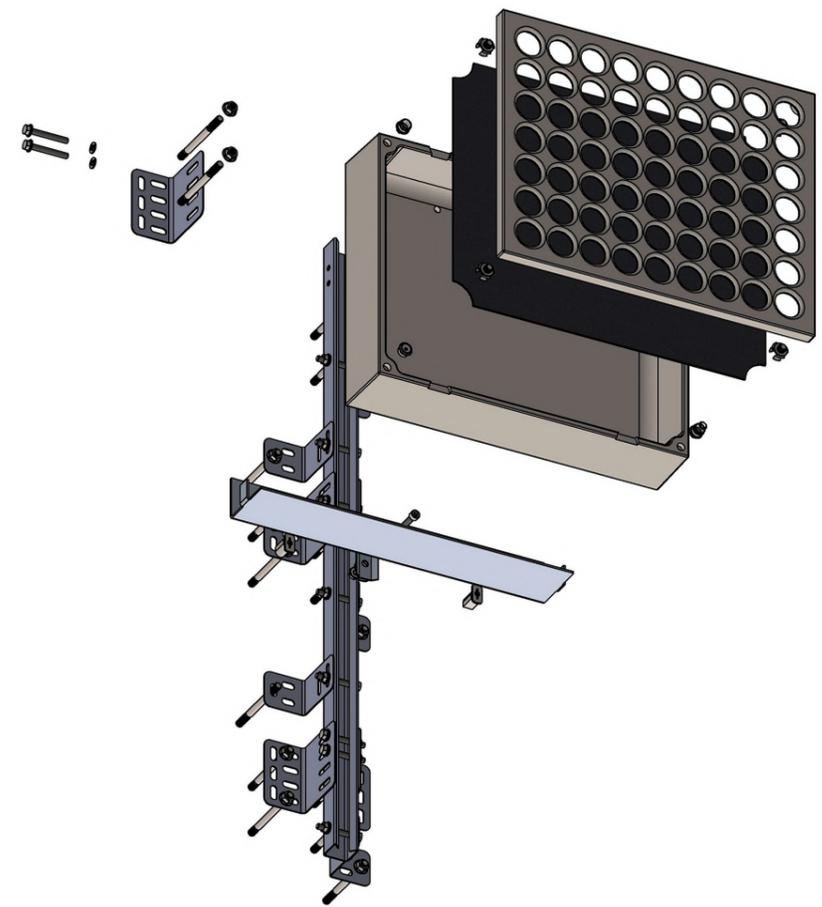
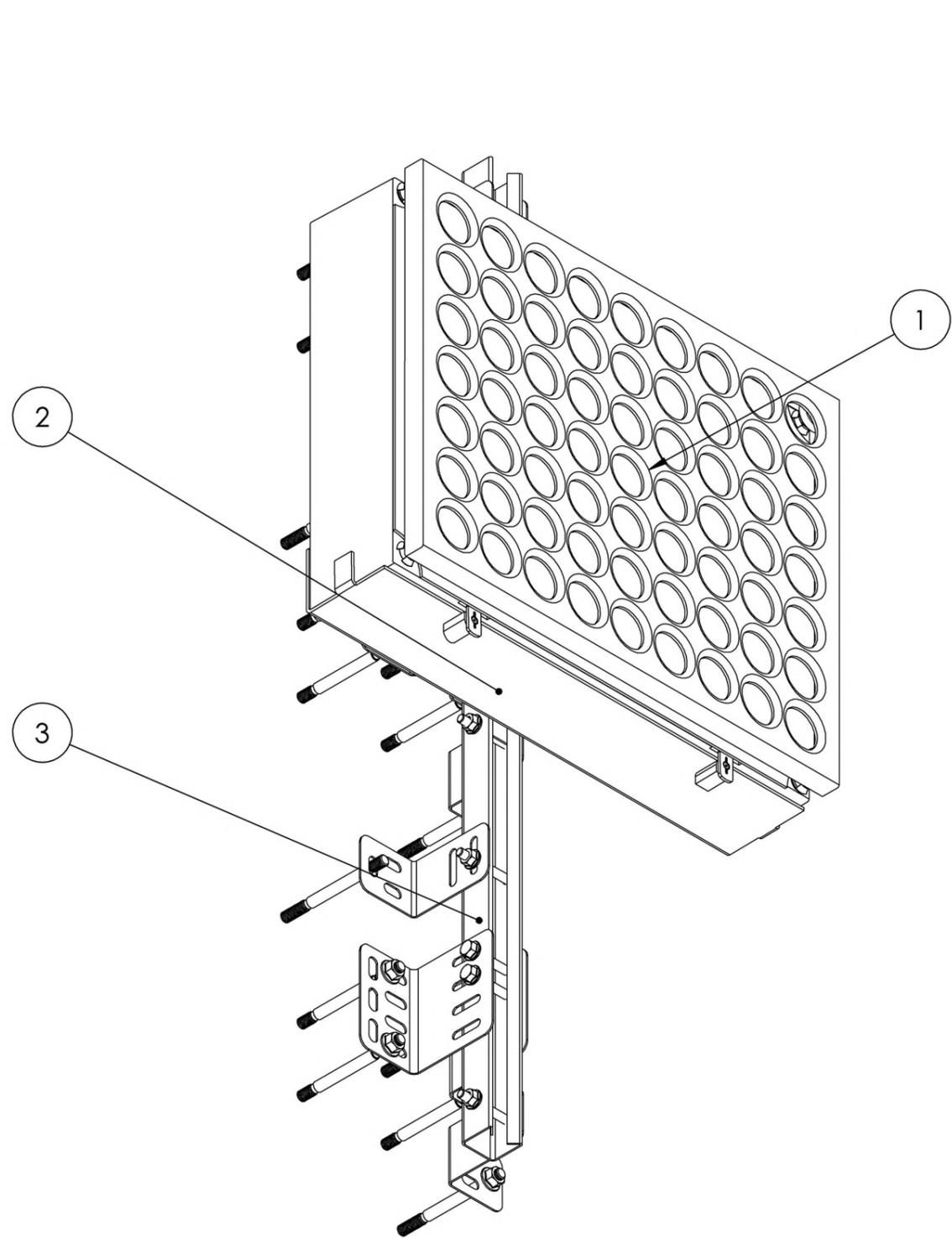
2.1 Los elementos no referenciados a planos no se acotarán por ser elementos normalizados y comprados (el fabricante ya provee de plano).

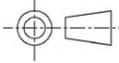
2.2 Los elementos fabricados tienen tolerancias.

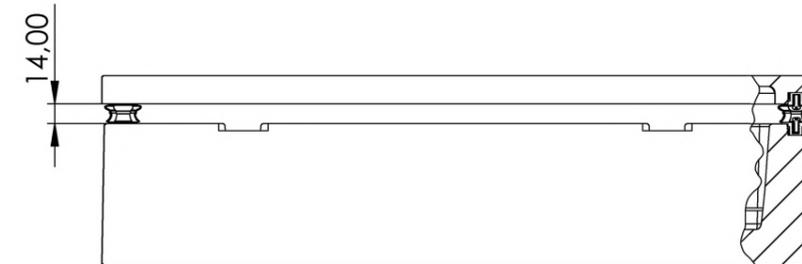
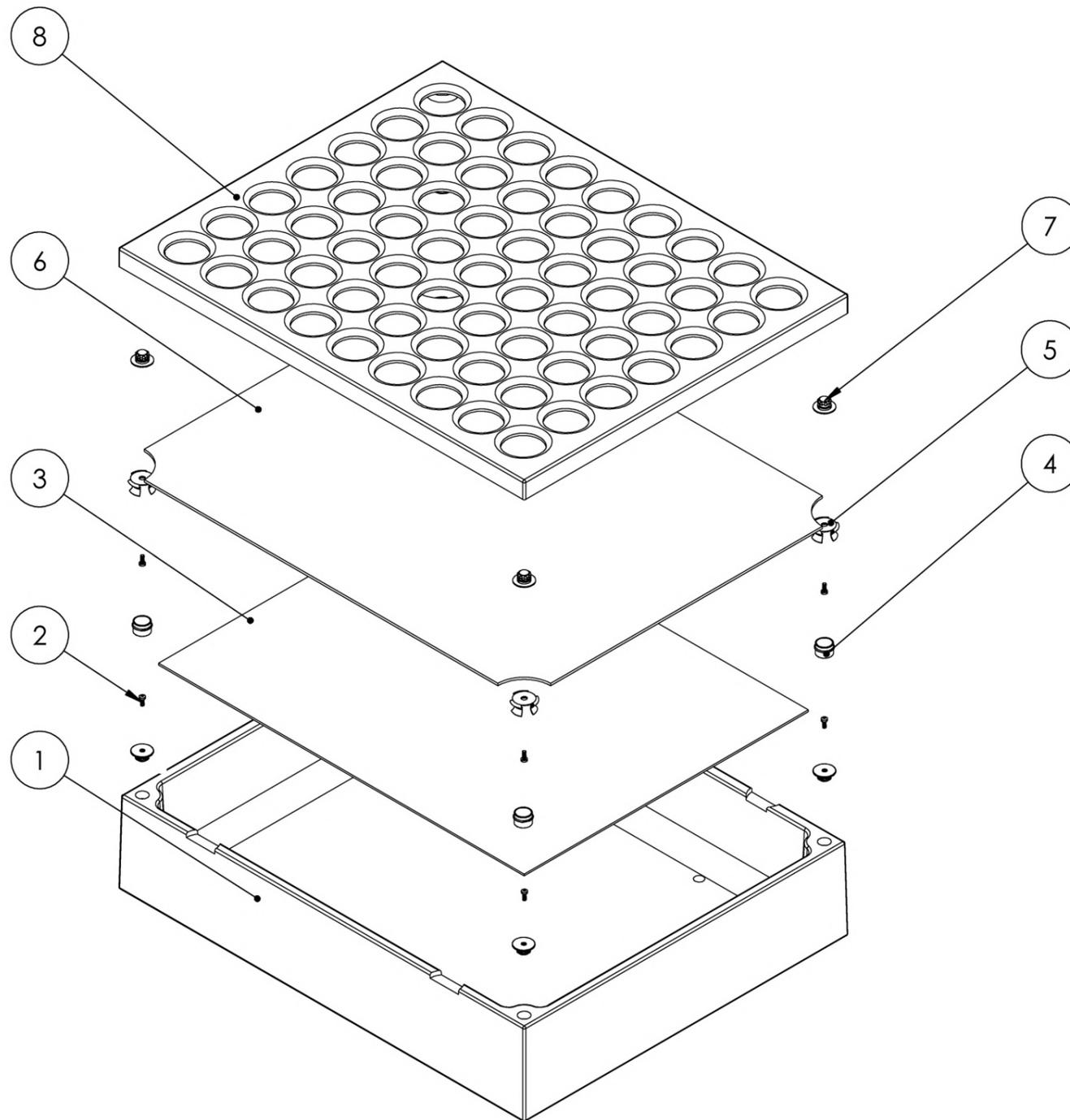
2.3 Los diferentes colores marcan subgrupos de componentes, no una diferenciación o similitud necesarias de materiales.

2.4 Los elementos que no tengan escala referenciada usan la de la hoja.

\*Todas aquellas dimensiones en piezas fabricadas que no han sido acotadas son no deterministas, se designarán a posteriori de pruebas prácticas con los respectivos métodos de fabricación.

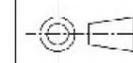


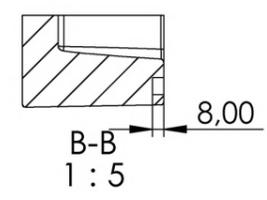
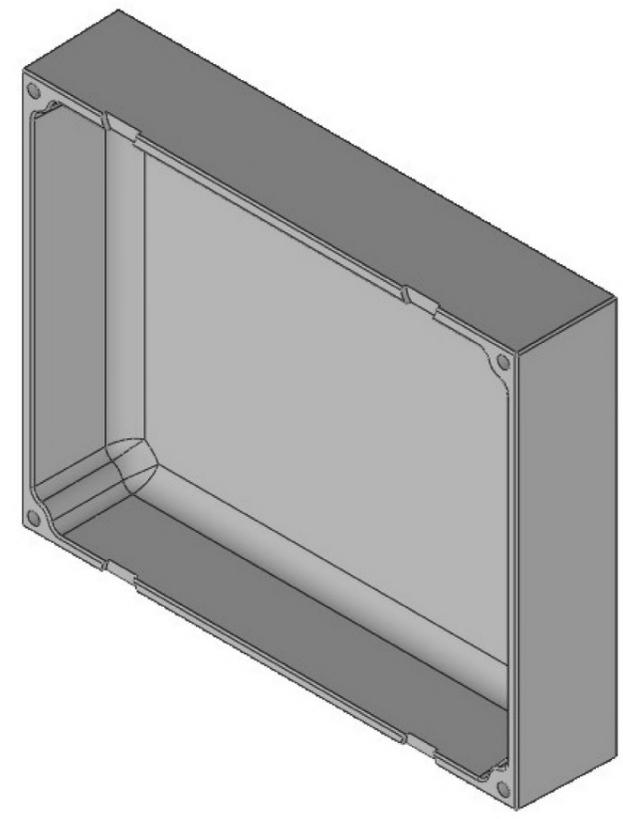
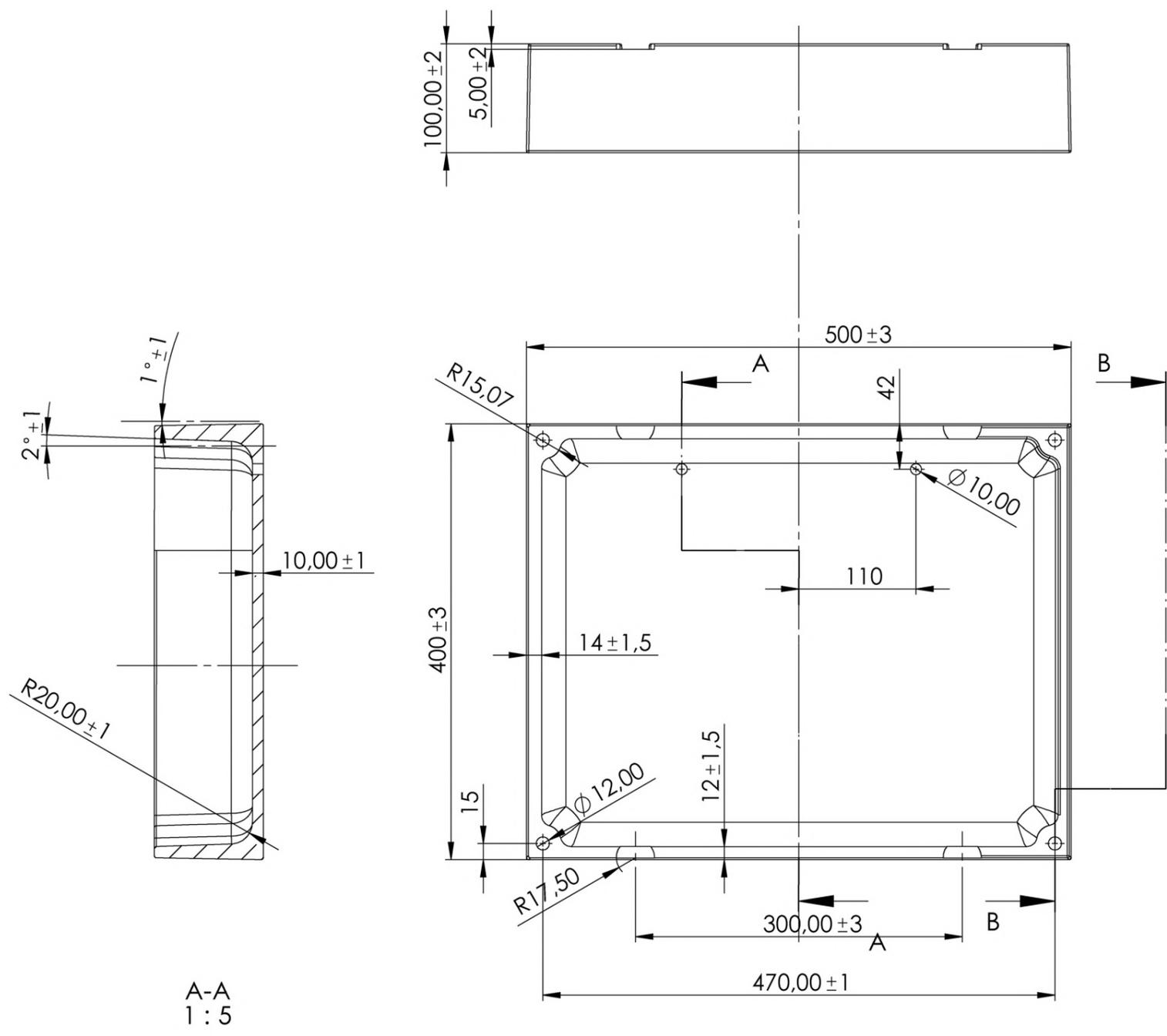
1	SUBCONJUNTO MÓDULO	2		
2	SUBCONJUNTO ANCLAJE	5		
3	SUBCONJUNTO PERFIL	7		
Nº DE SUBCONJUNTO	DESCRIPCIÓN	Nº DE PLANO		
OBSERVACIONES	1:5	BLOQUE BASE DE CERAMIC GREEN	mm	A3
		AUTOR: MESTRE RODRIGO, VÍCTOR	07/02/22	Plano nº1
		CORRECCIÓN: MIRA SERRANO, JULIO		

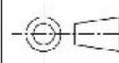


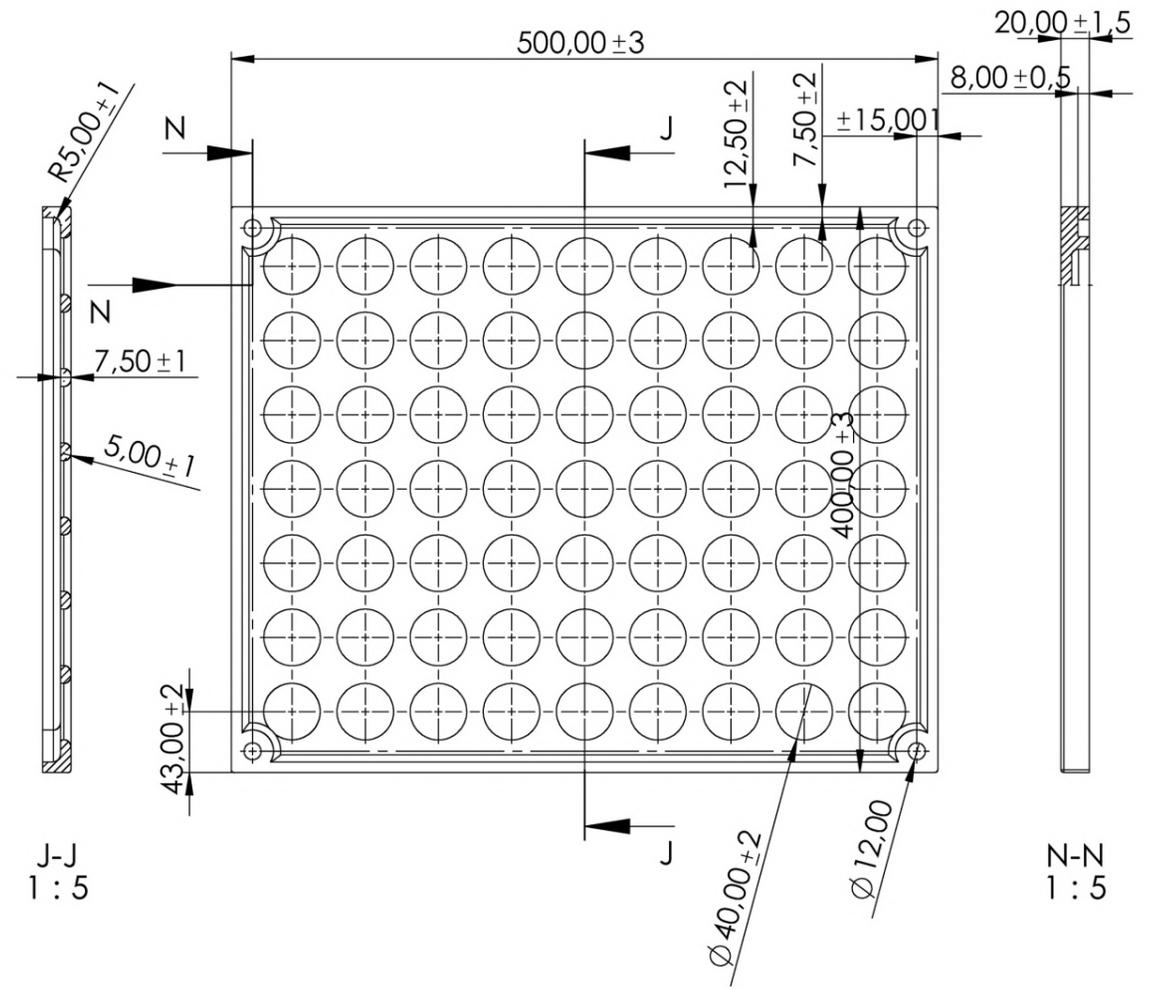
8	TAPA CERÁMICA	4
7	INSERTO KEEP-NUT	-
6	MAYA DE SUJECIÓN	-
5	HEMBRA DE FAST-CON	-
4	MACHO DE FAST-CON	-
3	LÁMINA TEXTIL	-
2	TORNILLO DIN EN ISO 7045 - M3x8	-
1	BASE CERÁMICA	3
Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	Nº DE PLANO

OBSERVACIONES	2.1	1:5	EXPLOSIÓN DEL SUBCONJUNTO MÓDULO	mm	A3
			AUTOR: MESTRE RODRIGO, VÍCTOR	07/02/22	Plano nº2
			CORRECCIÓN: MIRA SERRANO, JULIO		



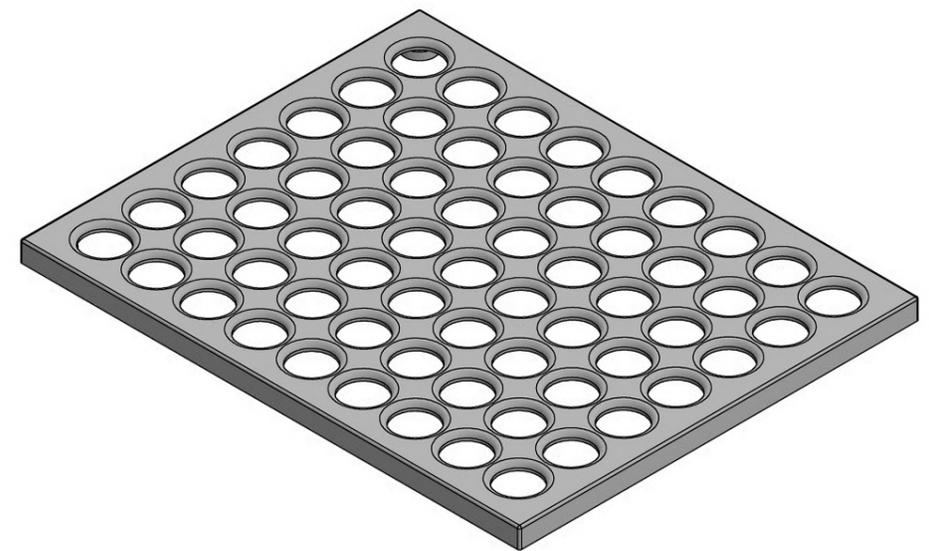


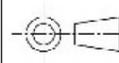
OBSERVACIONES	2.2	1:5	BASE CERÁMICA	mm	A3
		AUTOR: MESTRE RODRIGO, VÍCTOR		07/02/22	Plano nº3
		CORRECCIÓN: MIRA SERRANO, JULIO			

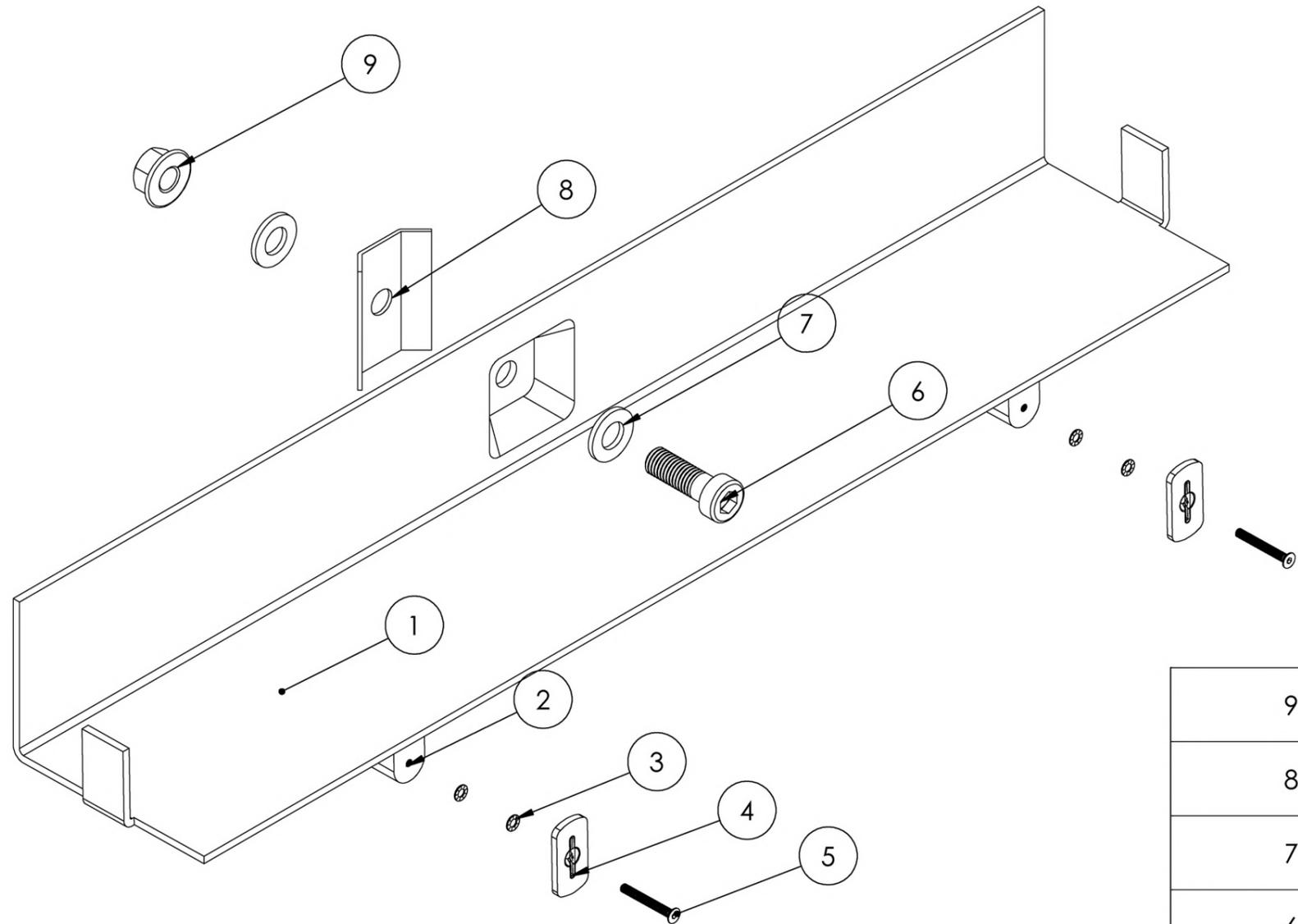


J-J  
1:5

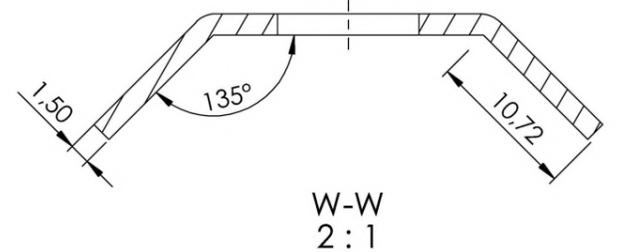
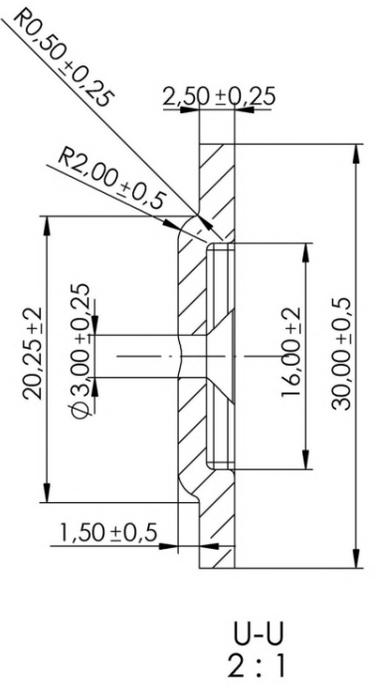
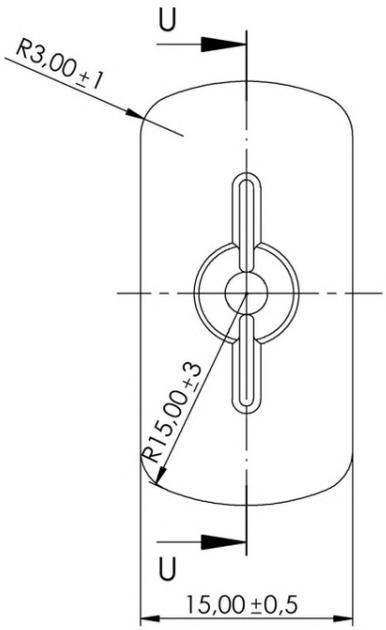
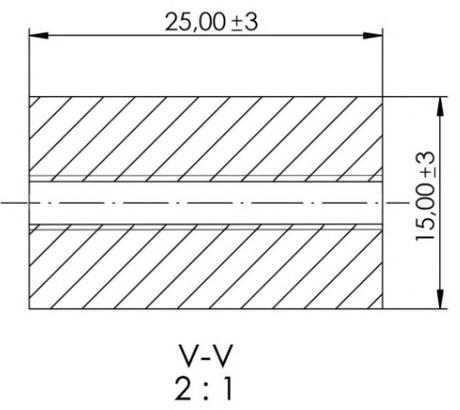
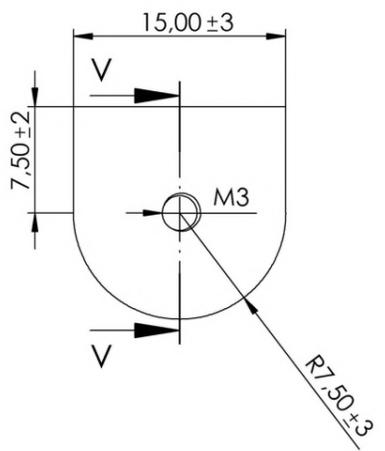
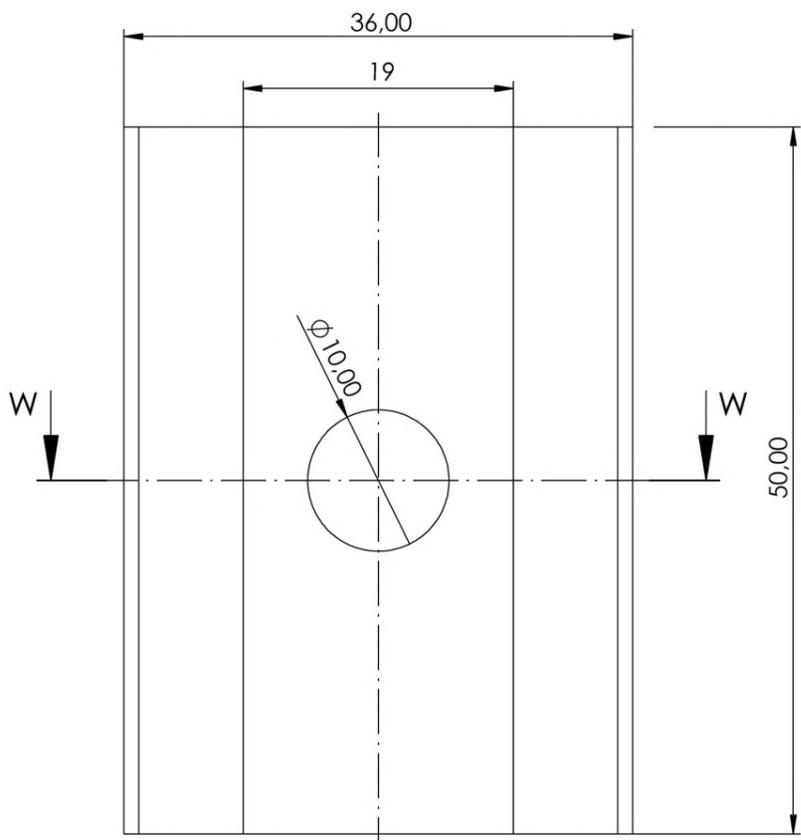
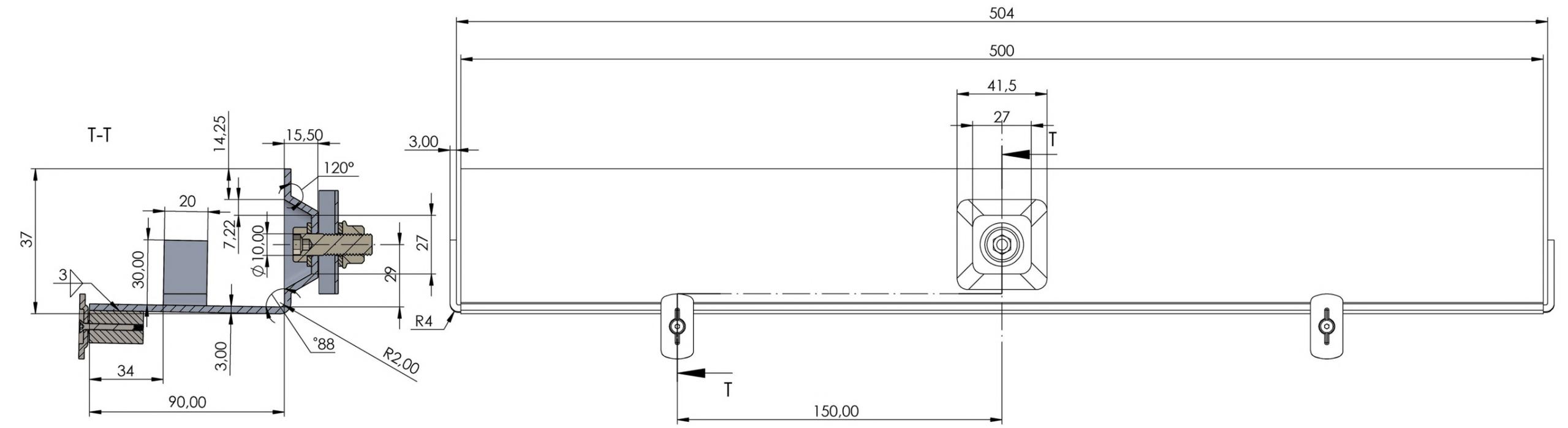
N-N  
1:5



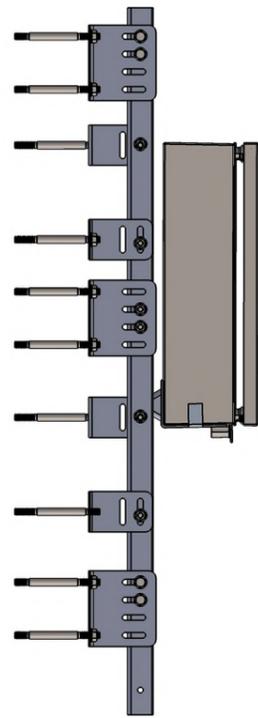
OBSERVACIONES				
2.2	1:5	TAPA CERÁMICA	mm	A4
		AUTOR: MESTRE RODRIGO, VÍCTOR	07/02/22	Plano nº4
		CORRECCIÓN: MIRA SERRANO, JULIO		



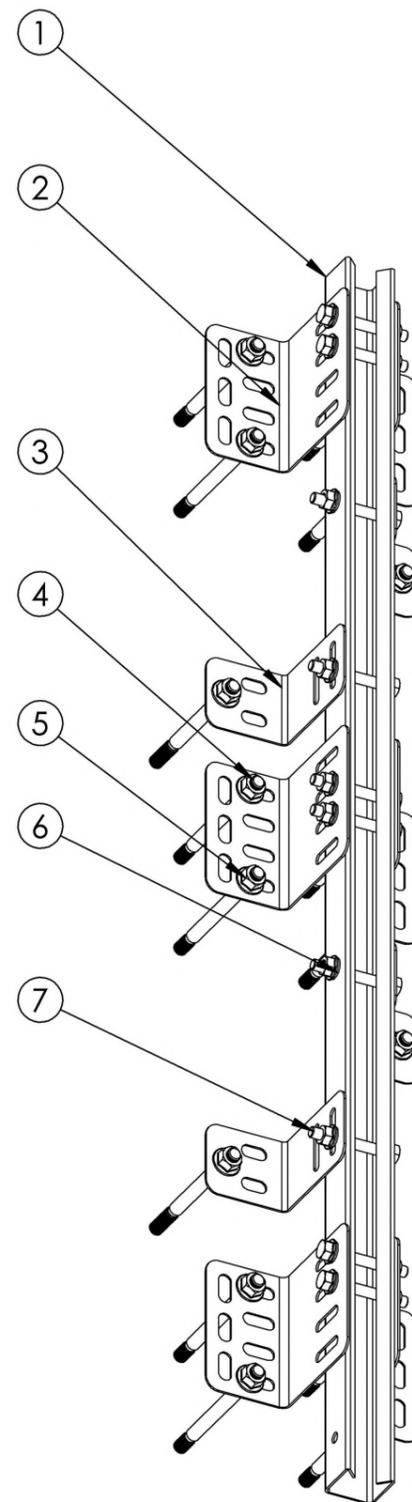
9	TUERCA DIN 6923 - M8	-		
8	ARANDELA DE PRESIÓN	6		
7	ARANDELA DIN 125 - M8,4	-		
6	TORNILLO DIN 6912 - M8	-		
5	TORNILLO DIN 7991 M3X25	-		
4	LENGÜETA DEL CLIP	6		
3	ARANDELA DIN 6798	-		
2	CAMISA DEL CLIP	6		
1	BALDA DE ANCLAJE	6		
Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	Nº DE PLANO		
OBSERVACIONES	1:5	EXPLOSIÓN DEL SUBCONJUNTO ANCLAJE	mm	A3
2.1				
		AUTOR: MESTRE RODRIGO, VÍCTOR	07/02/22	Plano nº5
		CORRECCIÓN: MIRA SERRANO, JULIO		

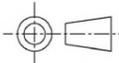


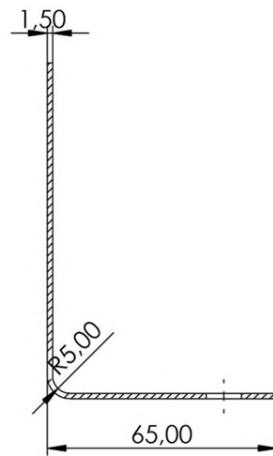
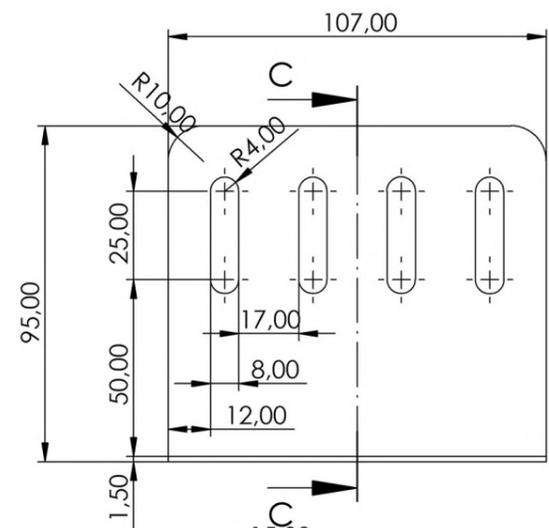
OBSERVACIONES	1:5	ACOTACIÓN DE PIEZAS DEL SUBCONJUNTO ANCLAJE	mm	A3
2.2 2.3		AUTOR: MESTRE RODRIGO, VÍCTOR	07/02/22	Plano nº6
UNIVERSITAT JAUME-I		CORRECCIÓ: MIRA SERRANO, JULIO		



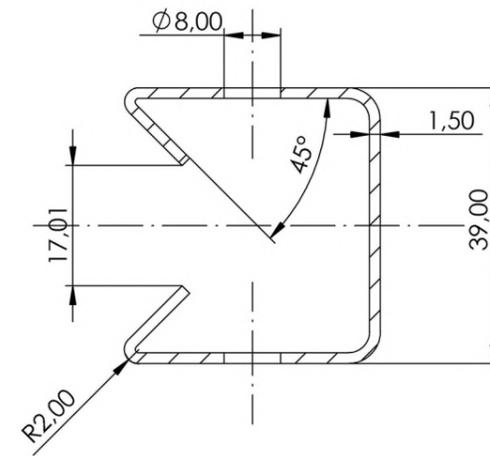
1:10



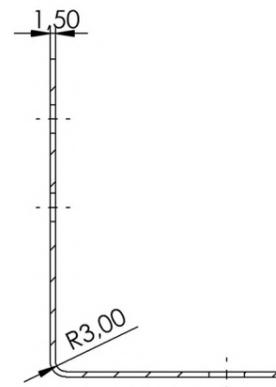
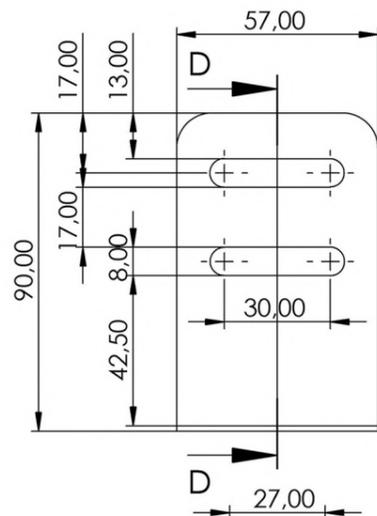
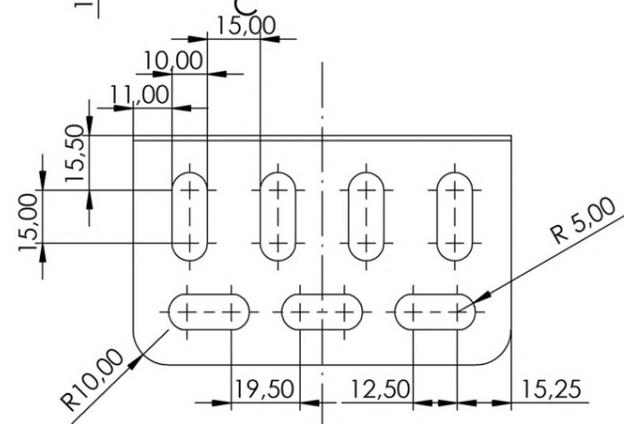
7	TORNILLO DIN 912 - M10X60	10	-
6	ARANDELA DIN 125 - M10	20	-
5	TUERCA DIN 923 - M10	26	-
4	ESPÁRRAGO ROSCADO DIN 835 - 10x100	16	-
3	ESCUADRA DE RETENCIÓN	4	8
2	ESCUADRA DE FIJACIÓN	6	8
1	PERFIL	1	8
Nº DE SUBCONJUNTO	DESCRIPCIÓN	Nº DE PIEZAS POR MÓDULO	PLANO
OBSERVACIONES 2.3 2.4	1:5	EXPLOSIÓN SUBCONJUNTO DE PERFILERÍA	mm A3
		AUTOR: MESTRE RODRIGO, VÍCTOR CORRECCIÓN: MIRA SERRANO, JULIO	07/02/22 Plano nº7



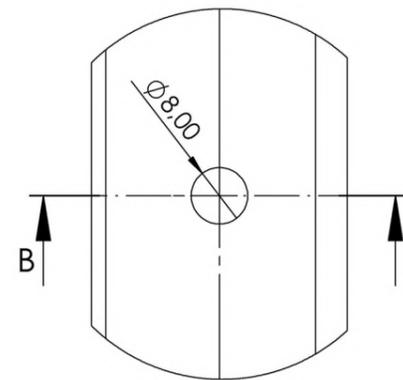
C-C  
1:2



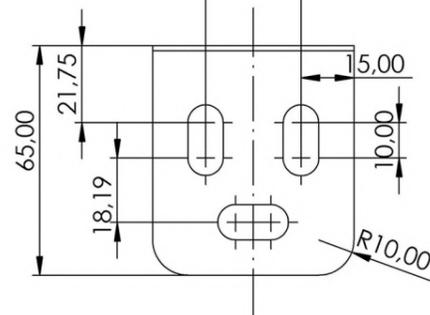
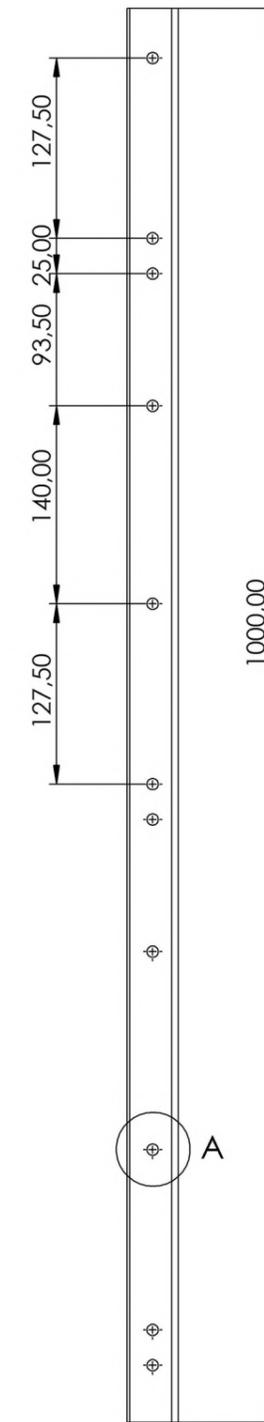
B-B  
1:1

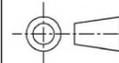


D-D  
1:2



A  
1:1



OBSERVACIONES 2.2 2.4	1:5	ACOTACIÓN DE PIEZAS DEL SUBCONJUNTO PERFILERÍA	mm	A3
		AUTOR: MESTRE RODRIGO, VÍCTOR	07/02/22	Plano nº8
		CORRECCIÓN: MIRA SERRANO, JULIO		

## BLOQUE 4 - PLIEGO DE CONDICIONES

---

<b>1.INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>117</b>
1.1 IDENTIFICACIÓN Y OBJETO DEL PRODUCTO.....	117
<b>2.ELEMENTOS CONSTITUYENTES.....</b>	<b>117</b>
2.1. ELEMENTOS COMPRADOS.....	117
2.2. ELEMENTOS FABRICADOS.....	121
<b>3. REGLAMENTACIÓN, NORMATIVA APLICABLE Y ENSAYOS.....</b>	<b>122</b>
3.1. FACHADAS VENTILADAS.....	122
3.2 GRES.....	123
3.3 SISTEMA DE RIEGO.....	123
3.4 BARRERA INTUMESCENTE.....	123
3.5 ELEMENTOS METÁLICOS.....	124
3.6 SISTEMA DE RIEGO.....	124
3.7 FABRICACIÓN.....	124
<b>4. MATERIALES.....</b>	<b>125</b>
4.1 GRES.....	125
4.2 ACERO NORMALIZADO (EN 1.4301 / AISI 304).....	127
4.3 ACERO NORMALIZADO (EN 1.4404/ 1.4401 - ASTM 316 /316 L).....	128
4.4 ACERO INOXIDABLE SUPER-DUPLEX (EN 1.4410 – UNS S32750).....	130
4.5 POLIETILENO.....	131
4.6 TURBA RUBIA SPHAGNUM.....	132
4.7 TIERRA VOLCÁNICA.....	133
4.8 CORTEZA DE PINO.....	133
4.9 CALIZA.....	134
<b>5. FABRICACIÓN.....</b>	<b>134</b>
5.1 PRENSADO ISOSTÁTICO.....	134
5.2 MOLDEADO POR COLADA (VACIADO SÓLIDO).....	134
5.3 ESTAMPADO EN FRÍO.....	134
5.4 TROQUELADO.....	135
5.5 PUNZONADO.....	135
5.6 TRONZADO.....	135
5.7 TALADRADO CON TALADRADORA MULTICABEZAL.....	135
5.8 LAMADO.....	135
5.9. ROSCADO.....	135
<b>6. ENSAMBLAJE.....</b>	<b>136</b>
<b>7. CONDICIONES CONTRACTUALES Y DE USO.....</b>	<b>138</b>
7.1 FABRICACIÓN.....	138
7.2 INSTALACIÓN.....	139
7.3 SEGURIDAD.....	139
7.4 MANTENIMIENTO.....	140

# PLIEGO DE CONDICIONES

## 1.INTRODUCCIÓN

### 1.1 IDENTIFICACIÓN Y OBJETO DEL PRODUCTO

El producto es un sistema de jardinería vertical que combina las características de los materiales cerámicos y un sistema de riego sectorizado automatizado y programable para optimizar al máximo los recursos hídricos y minerales. Puede instalarse en todo tipo de climas, pero está especialmente capacitado para climas secos.

Permite el cultivo de plantas disimilares y su uso para la jardinería creativa a la vez que mantiene en mínimos las necesidades de mantenimiento.

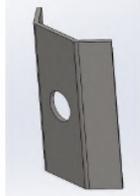
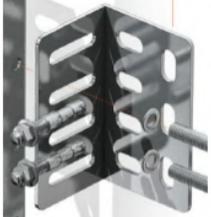
En este bloque, junto con el anexo VIABILIDAD DEL PRODUCTO y el bloque PLANOS define todos los aspectos técnicos y funcionales que posibilitan el éxito del producto.

## 2.ELEMENTOS CONSTITUYENTES

### 2.1. ELEMENTOS COMPRADOS

Se muestran a continuación todos los elementos comprados que no necesitan de preparación previa para ser ensamblados

INFORMACIÓN	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
<b>-Nombre del componente:</b> Fast-Con <b>-Proveedor:</b> Specialinsert <b>-Unidades:</b> 11360	Unión a presión desmontable metálica	
<b>-Nombre del componente:</b> Keep-Nut <b>-Proveedor:</b> Specialinsert <b>-Unidades:</b> 11360	Inserto a presión con rosca interna para piezas cerámicas	
<b>-Nombre del componente:</b> Brida de seguridad <b>-Proveedor:</b> Precygrap <b>-Unidades:</b> 5680	Brida metálica recubierta que asegura la tapa en caso de fallo	

<p><b>-Nombre del componente:</b> Malla de sujeción  <b>-Proveedor:</b> APB  <b>-Unidades:</b> 2840</p>	<p>Malla plástica que segura el sustrato</p>	
<p><b>-Nombre del componente:</b> Lámina textil  <b>-Proveedor:</b> Alcocertex  <b>-Unidades:</b> 2840</p>	<p>Recorte de fibras textiles orgánicas que distribuye el agua en el fondo</p>	
<p><b>-Nombre del componente:</b> Perfil en U  <b>-Proveedor:</b> Gutterkel  <b>-Unidades:</b> 200</p>	<p>Elemento portante principal de acero inoxidable</p>	
<p><b>-Nombre del componente:</b> Arandela de presión  <b>-Proveedor:</b> Gutterkel  <b>-Unidades:</b> 2840</p>	<p>Arandela que fija mediante presión la balda de anclaje a perfil</p>	
<p><b>-Nombre del componente:</b> Escuadra de retención  <b>-Proveedor:</b> Gutterkel  <b>-Unidades:</b> 600</p>	<p>Regula y asegura el perfil a la fachada evitando el pandeo</p>	
<p><b>-Nombre del componente:</b> Escuadra de fijación  <b>-Proveedor:</b> Gutterkel  <b>-Unidades:</b> 800</p>	<p>Fija el perfil a la fachada</p>	

<p><b>-Nombre del componente:</b> Escuadra de fijación  <b>-Proveedor:</b> Gutterkel  <b>-Unidades:</b> 800</p>	<p>Fija el perfil a la fachada</p>	
<p><b>-Nombre del componente:</b> FB Cavity Barrier  <b>-Proveedor:</b> Saint-Global  <b>-Unidades:</b> 200</p>	<p>Barrera contra incendios intumescente</p>	
<p><b>-Nombre del componente:</b> Electroválvula Bermad S390  <b>-Proveedor:</b> Bermad  <b>-Unidades:</b> 31</p>	<p>Válvula accionada eléctricamente que permite o deniega el flujo de agua</p>	
<p><b>-Nombre del componente:</b> Válvula antirretorno Cepex EPDM DN90  <b>-Proveedor:</b> APB  <b>-Unidades:</b> 1</p>	<p>Elemento de seguridad que deja fluir el agua libremente en una dirección, pero no en la contraria</p>	
<p><b>-Nombre del componente:</b> Hydro Solo-E CRE 32-2HQQE  <b>-Proveedor:</b> Grundfos  <b>-Unidades:</b> 1</p>	<p>Bomba centrífuga, provee de presión al sistema</p>	
<p><b>-Nombre del componente:</b> IRRITOL Total Control  <b>-Proveedor:</b> APB  <b>-Unidades:</b> 1</p>	<p>Sistema de control programable a distancia</p>	
<p><b>-Nombre del componente:</b> Kit abonadora de riego DRIPJET  <b>-Proveedor:</b> DRIPJET  <b>-Unidades:</b> 3</p>	<p>Kit de filtrado y regulación de características minerales y químicas del agua</p>	
<p><b>-Nombre del componente:</b> Manómetro PGD-45 L  <b>-Proveedor:</b> OMEGA  <b>-Unidades:</b> 3</p>	<p>Mide la presión diferencial en dos puntos</p>	

<p>-Nombre del componente: Codo DN 90-50-25          -Proveedor: APB          -Unidades: 40</p>	<p>Segmento de PE que une dos extremos de tubería a 90°</p>	
<p>-Nombre del componente: T DN 90-50-25          -Proveedor: APB          -Unidades: 316</p>	<p>Segmento de PE que une tres segmentos de tubería con ángulos de 90° y 180°</p>	
<p>-Nombre del componente: Abrazadera de fijación          -Proveedor: APB          -Unidades: 60</p>	<p>Se ancla a la fachada y soporta el peso de la tubería</p>	
<p>-Nombre del componente: Manguito reducido (90-75;75-63;63-50;50-40;40-32;32-25)          -Proveedor: APB          -Unidades: 124</p>	<p>Segmento de PE que une dos tuberías de distinto diámetro</p>	
<p>-Nombre del componente: Tapón DN 90-50-20          -Proveedor: APB          -Unidades: 288</p>	<p>Cierra el extremo de las tuberías</p>	

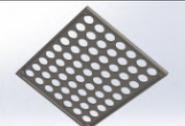
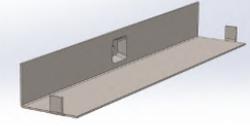
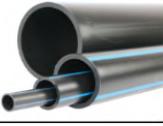
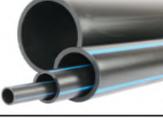
tabla 4.1 "Elementos comprados"

También se realiza la compra de elementos de tornillería estandarizados, a continuación se clasifican con su denominación, el proveedor que los suministra y el número que se ensambla de ellos en la instalación de referencia.

NOMBRE DEL COMPONENTE	PROVEEDOR	CANTIDAD
Tornillo DIN 7991 EN 14410 - M3x25	Wurth	5720
Tornillo DIN 912 - M10x50	Wurth	2880
Arandela DIN 125 - M10	Wurth	5760
Tuerca DIN 925 - M10	Wurth	5760
Esárrago roscado DIN 835 - M10x100	Ugatu	1600
Tornillo DIN 6921 - M8x50	Wurth	1400
Tuerca tensilock DIN 6923 - M8	Wurth	1400
Arandela DIN 125 - M8	Wurth	2800
Taco para tornillo DIN 571 - M8x80	Wurth	120
Tornillo tirafonde DIN 571 M8x60	Wurth	120

tabla 4.2 "Piezas normalizadas"

## 2.2. ELEMENTOS FABRICADOS

INFORMACIÓN	IMAGEN
<p><b>-Nombre del componente:</b> Tapa</p> <p><b>-Cantidad:</b> 2840</p> <p><b>-Material:</b> Gres porcelánico</p> <p><b>-Proceso de fabricación:</b> Prensado +esmaltado+cocido</p>	
<p><b>-Nombre del componente:</b> Sustrato</p> <p><b>-Cantidad:</b> 43,42 m<sup>3</sup></p> <p><b>-Material:</b> Turba rubia Sphagnum+Tierra volcánica+Corteza de pino+Caliza</p> <p><b>-Proceso de fabricación:</b> Mezclado</p>	
<p><b>-Nombre del componente:</b> Base</p> <p><b>-Cantidad:</b> 2840</p> <p><b>-Material:</b> Gres enriquecido con mica moscovita</p> <p><b>-Proceso de fabricación:</b> Prensado multiaxial +Cocción+Taladrado+Lamado</p>	
<p><b>-Nombre del componente:</b> Camisa de fijación</p> <p><b>-Cantidad:</b> 5720</p> <p><b>-Material:</b> Acero inoxidable (EN 1.4410 – UNS S32750)</p> <p><b>-Proceso de fabricación:</b> Tronzado+Taladrado+Roscado+Soldadura</p>	
<p><b>-Nombre del componente:</b> Clip de fijación</p> <p><b>-Cantidad:</b> 5720</p> <p><b>-Material:</b> Acero inoxidable (EN 1.4410 – UNS S32750)</p> <p><b>-Proceso de fabricación:</b> Troquelado+Estampado en frío</p>	
<p><b>-Nombre del componente:</b> Anclaje</p> <p><b>-Cantidad:</b> 2840</p> <p><b>-Material:</b> Acero inoxidable AISI 304</p> <p><b>-Proceso de fabricación:</b> Punzonado</p>	
<p><b>-Nombre del componente:</b> Tubería de 90mm</p> <p><b>-Cantidad:</b> 71 m</p> <p><b>-Material:</b> PE100</p> <p><b>-Proceso de fabricación:</b> Roscado exterior a máquina</p>	
<p><b>-Nombre del componente:</b> Tubería de 50mm</p> <p><b>-Cantidad:</b> 125,5m</p> <p><b>-Material:</b> PE100</p> <p><b>-Proceso de fabricación:</b> Roscado exterior a máquina</p>	

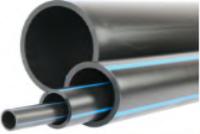
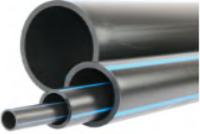
<p><b>-Nombre del componente:</b> Tubería de 25mm  <b>-Cantidad:</b> 115,56m  <b>-Material:</b> PE40  <b>-Proceso de fabricación:</b> Roscado exterior a máquina</p>	
<p><b>-Nombre del componente:</b> Tubería de 20mm  <b>-Cantidad:</b> 1283,68m  <b>-Material:</b> PE100  <b>-Proceso de fabricación:</b> Roscado exterior a máquina</p>	

tabla 4.3 "Elementos fabricados"

### 3. REGLAMENTACIÓN, NORMATIVA APLICABLE Y ENSAYOS

#### 3.1. FACHADAS VENTILADAS

La norma que delimita y clasifica las características de las fachadas ventiladas (entre otras) es el Código Técnico de la Edificación (CTE), nos interesa el apartado "Seguridad Estructural: Bases de Cálculo y Acciones en la Edificación", libro 2. 2006. De esta norma se extraen:

- DB HS Salubridad. En referencia a la protección a la humedad, a las cámaras de aire ventiladas, a la correcta colocación del aislante térmico así como sus condiciones entre otros. Código Técnico de la Edificación (CTE). Parte II. Documento Básico HS Nuestro producto cuenta con la designación más alta a la protección contra la humedad.
- DB HE Ahorro de energía. Hace referencia a temas tan importantes como las condensaciones, la transmitancia límite de los muros de fachada según la zona climática, la envolvente térmica y los puentes térmicos entre otros. Código Técnico de la Edificación (CTE). Parte II. Documento Básico HE. Nuestro producto cumple de forma sobresaliente, gracias a la generosa cámara de aire entre la fachada, los módulos cerámicos y el gap entre la tapa cerámica y las bases cerámicas.
- DB HR Protección frente al ruido. Menciona los objetivos en calidad acústica, diseño y dimensionado de los elementos constructivos referentes al aislamiento acústico, niveles de presión sonora, guía de uso de las magnitudes de aislamiento en relación con las exigencias, etc. Código Técnico de la Edificación (CTE). Documento Básico HR. Gracias al gap fachada- módulos y al espesor de estos, el aislamiento acústico del producto obtiene la designación más alta.

### CLASIFICACIÓN DE RESISTENCIAS AL FUEGO

Dos normas son las que se han tenido en cuenta para un diseño seguro en nuestro sistema

- NF EN 13501-1 :2002.
- CTE DB-SI - Normativa en fachadas ventiladas

Para ambas, gracias al nivel de protección de la barrera intumescente, las características de los materiales portantes, el uso de tuberías de PE y del gres como material. Hacen que el producto sea muy resistente contra incendios y, aún más importante, aísla de manera efectiva cualquier llama directa durante al menos 90 minutos y evita su propagación. La protección contra incendios se sitúa en el nivel más alto para las fachadas ventiladas.

### 3.2 GRES

- Absorción de agua UNE EN ISO 10545-3
- Resistencia química UNE EN ISO 10545-13
- Resistencia a la helada UNE EN ISO 10545-12
- Resistencia al choque térmico UNE EN ISO 10545-9
- Resistencia a la flexión UNI EN ISO 10545-4
- Baldosas cerámicas. Parte 5: Determinación de la resistencia al impacto por medición del coeficiente de restitución UNE-EN ISO 10545-5:1998
- Prestaciones térmicas de las fachadas ligeras. Cálculo de la transmitancia térmica UNE-EN ISO 12631:2017
- Componentes y elementos para la edificación. Resistencia térmica y transmitancia térmica. Método de cálculo UNE-EN ISO 6946:2021

### 3.3 SISTEMA DE RIEGO

- Designación de las tuberías de PE UNE 53367 y UNE 53131
- Técnicas de riego. Telecontrol de zonas regables. Parte 1: Consideraciones generales. UNE-EN 15099-1:2007.
- Técnicas de riego. Accesorios de conexión y control para uso en sistemas de riego. Características técnicas y ensayos. UNE-EN 13997:2004.

### 3.4 BARRERA INTUMESCENTE

- Homologaciones de obligatorio cumplimiento: EN 1366-4:2006
- Otras homologaciones: LEPiR II, ASTM 2912, SP105 y BS 8414.

### 3.5 ELEMENTOS METÁLICOS

- Clases y ejecución de los ensayos de fatiga de los materiales metálicos UNE 7118:1958
- Corrosión de metales y aleaciones. Ensayos de corrosión bajo tensión. Parte 10: Método de doblado en U inverso. UNE-EN ISO 7539-10:2021.

### 3.6 SISTEMA DE RIEGO

Técnicas de riego. Sistemas de riego automático de espacios verdes. Parte 5: Métodos de ensayo de los sistemas UNE-EN 12484-5:2003.

### 3.7 FABRICACIÓN

- Seguridad de las máquinas herramienta. Prensas. Parte 1: Requisitos generales de seguridad. UNE-EN ISO 16092-1:2018
- Seguridad de las máquinas herramienta. Prensas. Parte 3: Requisitos de seguridad para prensas hidráulicas. UNE-EN ISO 16092-3:2018
- Elementos de fijación. Pernos, tornillos y espárragos. Longitudes nominales y longitudes roscadas. UNE-EN ISO 888:2019.
- Características mecánicas de los elementos de fijación de acero al carbono y de acero aleado. Parte 1: Pernos, tornillos y bulones con clases de calidad especificadas. Rosca de paso grueso y rosca de paso fino. UNE-EN ISO 898-1:2015
- Soldeo y procesos afines. Tipos de preparación de uniones. Parte 1: Soldeo por arco con electrodos revestidos, soldeo por arco protegido con gas y electrodo de aporte, soldeo por llama, soldeo por arco con gas inerte y electrodo de wolframio y soldeo por haz de alta energía de aceros. UNE-EN ISO 9692-1:2014
- Soldeo y técnicas afines. Posiciones de trabajo. UNE-EN ISO 6947:2020
- Soldeo fuerte. Ensayo de cualificación de soldadores y operadores soldadores de soldeo fuerte. UNE-EN ISO 13585:2012
- Seguridad de las máquinas herramienta. Centros de mecanizado, centros de fresado, máquinas transfer. Parte 1: Requisitos de seguridad. UNE-EN ISO 16090-1:2018

## 4. MATERIALES

### 4.1 GRES

Es un término genérico que engloba a multitud de variantes según su composición, el proceso de conformado y el tratamiento térmico. Designa a una pasta cerámica formada por:

- Arcillas, principalmente minerales caolínicos y líticos, tienen una proporción de agua para obtener la plasticidad necesaria para el proceso de conformado.
- Material fundente, feldspatos principalmente, actúan como ligantes fundentes y reducen la porosidad.
- Material inerte, arenas silíceas principalmente, permiten el control dimensional durante el tratamiento térmico y la desgasificación de las impurezas.

#### LAS COMPOSICIONES PUEDEN SER

- $\text{SiO}_2$ , 42-72 %
- $\text{TiO}_2$ , 0-0,5 %
- $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 17-39 %
- $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 0,2-7,5 %
- $\text{MgO}$ , 0-1,5 %
- $\text{CaO}$ , 0,2-4 %
- $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ , 0,2-3,5 %
- Pérdidas por calcinación, 4,6-14,9 %.

#### TIPOS DE GRES

- Gres porcelánico para la tapa (mayor resistencia al choque térmico, absorción de agua muy baja <0,5%, buena resistencia a la flexión). Algunas de sus características son:

<b>Densidad</b>	1900 ( $\text{g}\cdot\text{cm}^3$ )
<b>Absorción de agua</b>	0,1 %
<b>Resistencia al choque térmico</b>	Bueno
<b>Resistencia a la flexión</b>	46-65 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )
<b>Resistencia a los ataques químicos</b>	conforme norma EN ISO 10545-13
<b>Resistencia a la helada</b>	si

tabla 4.4 "Propiedades características del gres porcelánico"

- Gres común de grano grande enriquecido en mica (mica blanca moscovita) y tratamiento térmico rápido para la base (resistencia al choque térmico mejorada, porosidad y propiedades mecánicas aumentadas).

Para conseguir mejorar la resistencia al choque térmico es fundamental eliminar las fuerzas de dilatación térmica diferencial, que son la causa real de la alta sensibilidad del gres al choque térmico. Un porcentaje mayor de mica como fundente, gracias a su tamaño de grano fino, ayuda a alcanzar antes la fase de transición vítrea y en la estabilización de las deformaciones en la fase de enfriado.

Se ha comprobado que se obtiene mejor resistencia a la flexión con un enfriamiento rápido (de 1.300 a 1000°C en media hora a 2 horas y media). La sinterización es incompleta y crea poros abiertos < 5 µm, confiriéndole resistencia a las heladas.

“Una maduración prolongada y un enfriamiento adecuado seguido de un proceso de templado, ayudan a aproximarse al equilibrio, lo cual asegura frecuentemente una mayor cristalización a partir de la fase vítrea, con la consiguiente reducción en la proporción de ésta. Las piezas resultantes tienen menor coeficiente de dilatación térmica y además desaparece prácticamente la dilatación térmica diferencial entre los constituyentes del gres, aumentando, en consecuencia, la resistencia al choque térmico” D. A. ESTRADA Investigador del Instituto de Cerámica y Vidrio del C S. I. C, “Gres cerámico”, MAYO-JUNIO 1966.

Con este tratamiento se obtienen las siguientes características en el gres común:

<b>Peso específico</b>	2,5
<b>Densidad</b>	2,4 (g·cm <sup>2</sup> )
<b>Calor específico</b>	0,185
<b>Absorción de agua</b>	5%
<b>Conductividad térmica</b>	0,75 (m <sup>-1</sup> ·°C <sup>-1</sup> )
<b>Resistencia al choque térmico</b>	Bueno
<b>Resistencia a la compresión</b>	8210 (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>Resistencia a la flexión</b>	425 (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>Módulo de elasticidad</b>	5600 (kg/mm <sup>2</sup> )
<b>Resistencia a la torsión</b>	323 (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>Resistencia a la tracción</b>	204 (kg/cm <sup>2</sup> )

tabla 4.5 “Características del gres enriquecido con mica y tratamiento térmico rápido”

## 4.2 ACERO NORMALIZADO (EN 1.4301 / AISI 304)

Es un acero inoxidable austenítico, de los más usados, destaca por sus propiedades de soldabilidad y resistencia a atmósferas corrosivas, también por su brillo superficial. No se puede endurecer por tratamiento térmico, pero sí puede endurecerse mediante trabajo en frío.

### CARACTERÍSTICAS

Algunas características aportadas por los proveedores

Typical analysis %	C 0,03	Cr 18,5	Ni 8,7	Mo -
Delivery condition	Solution annealed			

tabla 4.6 "Composición química"

### Mechanical properties

Values for solution annealed condition acc. to EN 10272  
at room temperatur

Tensile strength Rm	N/mm <sup>2</sup>	520 - 700
Proof strength Rp02	N/mm <sup>2</sup>	min 210
Elongation A <sub>5</sub>	%	min 45
Impact energy KV	J/cm <sup>2</sup>	Min 100
Hardness	HB	Max 215

tabla 4.7 "Propiedades mecánicas"

### Physical properties acc. to EN 10088

Temperature ° C	20	100	200	300	400	500
Density kg/dm <sup>3</sup>	7,9					
Modulus of elasticity E GPa	200	194	186	179	172	165
Mean coeff. of thermal expansion 20° C –Temp. x10 <sup>-6</sup> · K <sup>-1</sup>	-	16,0	16,5	17,0	18,0	18,0
Specific Thermal Capacity W/m · K	15					
Electrical Resistivity Ω · mm <sup>2</sup> /m	0,73					
Specific heat J/kg · K	500					

tabla 4.8 "Propiedades físicas"

La aleación 304 por su resistencia mecánica y excelente resistencia a la corrosión se utiliza para la fabricación de partes estructurales de aeronaves, revestimientos arquitectónicos y de automotores, tasas de ruedas, correas transportadoras,...

En cuanto al recocido, se trabaja en temperaturas de 1038 a 1121 °C durante 30 minutos, enfriando en agua. Para el alivio de tensiones se trabaja en rangos de 260 a 482 °C y se enfría al aire. Tiene un alto índice de endurecimiento por trabajo en frío, por lo que es común el recocido intermedio, sin embargo es un material muy fácilmente mecanizable.

Puede soldarse por todos los medios convencionales, sin embargo, al tener un cierto contenido en carbono, puede aparecer corrosión en las zonas ZAT si estas son grandes. Se recomienda un relleno AWS E/ER 308.

### 4.3 ACERO NORMALIZADO (EN 1.4404/ 1.4401 - ASTM 316 /316 L)

Es un acero inoxidable austenítico con muy buena maquinabilidad y resistencia en ambientes ácidos. Su soldabilidad es bastante buena, pudiendo soldarse mediante todos los medios convencionales. No admite tratamientos térmicos, pero puede endurecerse mediante trabajo en frío.

#### CARACTERÍSTICAS

Typical analysis %	C	Cr	Ni	Mo
EN 1.4404	0,03	17	11	2,2
Delivery condition	Solution annealed			

tabla 4.9 "Composición química"

#### Mechanical properties

Values for solution annealed condition acc. to EN 10272  
at room temperature

Tensile strength Rm	N/mm <sup>2</sup>	520 - 700
Proof strength Rp <sub>02</sub>	N/mm <sup>2</sup>	min 210
Elongation A <sub>5</sub>	%	min 45
Impact energy KV	J/cm <sup>2</sup>	Min 100
Hardness	HB	Max 215

tabla 4.10 "Propiedades mecánicas"

**Physical properties acc. to EN 10088**

Temperature ° C	20	100	200	300	400	500
Density kg/dm <sup>3</sup>	8					
Modulus of elasticity E GPa	200	194	186	179	172	165
Mean coeff. of thermal expansion 20° C –Temp. x10 <sup>-6</sup> · K <sup>-1</sup>	-	16,0	16,5	17,0	17,5	18,0
Specific Thermal Capacity W/m · K	15					
Electrical Resistivity Ω · mm <sup>2</sup> / m	0,75					
Specific heat J/kg · K	500					

tabla 4.11 "Propiedades físicas

Su alto grado en molibdeno le confiere mayor resistencia a la corrosión y a químicos, tanto orgánicos como inorgánicos.

En cuanto al tratamiento térmico, el recocido se realiza a temperaturas de 1050 - 1100° C durante un tiempo aproximado de 30 minutos. Seguido de un enfriamiento rápido en agua.

El mecanizado de los aceros austeníticos es más complicado que en los aceros al carbono ordinarios, se requieren fuerzas de corte mayores. Los mejores resultados son con herramientas afiladas y equipos de alta potencia.

## 4.4 ACERO INOXIDABLE SUPER-DUPLEX (EN 1.4410 – UNS S32750)

Es un acero especial austenítico-ferrítico bajo en carbono, combina características de ambas estructuras y ofrece una gran resistencia a la tracción, así como a la oxidación; además es fácilmente soldable.

### CARACTERÍSTICAS

Typical analysis %	C	Cr	Ni	Mo	Others
EN 1.4410	0,02	25	7	4	N
Delivery condition			Solution annealed		

tabla 4.12 "Composición química"

### Mechanical properties

Values for solution annealed condition acc. to EN 10272

Tensile strength Rm	N/mm <sup>2</sup>	730-930
Proof strength Rp <sub>0,2</sub>	N/mm <sup>2</sup>	Min 530
Elongation A <sub>5</sub>	%	Min 25
Impact energy KV	20°C	Min 100
	-40°C	Min 40
Hardness	HB	Max 290

tabla 4.13 "Propiedades mecánicas"

### Physical properties

Temperature °C	20	100	200	300
Density kg/dm <sup>3</sup>	7,8	-	-	-
Modulus of elasticity E GPa	200	194	186	180
Mean coeff. of therm.expansion 20 °C -Temp. x10 <sup>-6</sup> · K <sup>-1</sup>	-	13	13,5	14,0
SpecificTherm. Capacity W/m · K	15	16	17	18
Electrical Resistivity Ω · mm <sup>2</sup> /m	0,80	0,85	0,90	1,00
Specific heat J/kg · K	500	530	560	590

tabla 4.14 "Propiedades químicas"

Gracias a su alto contenido en cromo, nitrógeno y molibdeno tiene una muy alta resistencia a entornos agresivos, a las picaduras y a la corrosión uniforme. Los aceros convencionales tipo 14301 y 14401 pueden ser afectados por corrosión bajo tensión en ambientes clorados, el material EN 14410. Sin embargo está aprobado por NACE MR0175 "Standard Material Requirements Metals for Sulfide Stress Cracking and Stress Corrosion

Cracking Resistance in Sour Oilfield Environments”, que asegura un excelente rendimiento en estas condiciones.

En cuanto al tratamiento térmico, una vez obtenida la forma final, se requiere un tratamiento de recocido a 1040-1120°C por 30 minutos aproximadamente, seguido de un enfriamiento rápido en agua. En casos especiales se pueden realizar tratamientos para alivio del estrés manteniendo temperaturas de 500 a 550°C.

El conformado en caliente debe de realizarse en un rango de temperaturas de 1200-1000 ° C, seguido de un recocido.

Para el conformado en frío se recomienda un recocido cuando la deformación supere el 10%, debido a su alto límite de elasticidad el retorno elástico es relativamente alto. Se requieren fuerzas de trabajo mayores que para el acero austenítico tipo debido a la estructura duplex.

La maquinabilidad de los aceros dúplex es generalmente más difícil comparada con los aceros austeníticos convencionales y tienen propiedades diferentes a los aceros de alta aleación austeníticos. Pero, por otra parte, es más fácil con herramientas rápidas que con herramientas de carburo cementado, comparado con aceros inoxidables austeníticos con un contenido de aleación similar.

EN 1.4410 tiene muy buena soldabilidad en términos generales, puede soldarse con los mismos métodos que los aceros inoxidables convencionales, se recomienda el uso de ISO 25 9 4 NL o similar como material de aporte.

Otra característica interesante es una expansión térmica mínima (nos permite obviar cálculos) y una buena resistencia a la fatiga.

## 4.5 POLIETILENO

Es un plástico termoplástico reciclable, químicamente es el polímero más simple, es muy ampliamente utilizado debido a su bajo coste y facilidad de fabricación. Se obtiene de la polimerización de etileno. Es químicamente inerte y resistente a agentes químicos. Otra propiedad distintiva es un peso bajo y una elasticidad que puede ser regulada en el proceso de fabricación.

### PROPIEDADES

Densidad	950 kg/m <sup>3</sup>
Resistencia a la tracción	30MPa
Límite de elasticidad	20MPa
Módulo de Young	1 GPa
Dureza Brinell	40 BHN
Punto de fusión	317 °C
Conductividad térmica	0,5 W/mk
Capacidad calorífica	1550 J/g k
Precio	0,8 euros/kg

tabla 4.15 "Propiedades características"

Para el producto se utilizan las variantes PE40 y PE100, se diferencian por su grado de elasticidad y su densidad, siendo el PE40 más elástico y ligero que el PE100.

	PE40	PE100
<b>Sistema de polimerización</b>	alta presión y temperatura elevada	por catalizadores a poca temperatura y presión incorporando copolímeros de
<b>Estructura</b>	cadena molecular muy ramificada	cadena ramificada
<b>Cristalinidad</b>	50-60 %	85 %
<b>Densidad</b>	0,915-0,930	>0,950
<b>MRS- Tensión mínima requerida</b>	4 MPa	10 MPa

tabla 4.16 "Comparativa PE40 y PE100"

## 4.6 TURBA RUBIA SPHAGNUM

Es un material fibroso compuesto por musgos descompuestos en turberas de forma anaeróbica a lo largo de varios milenios, por lo que no podemos considerarlo un material renovable.

Tiene unas características de aireación y porosidad muy buenas a la vez que retiene de forma eficaz los nutrientes, este material es muy apreciado por ese balance.

Dependiendo del lugar de origen varían entre PH de 3,5 a 8,5 y debe ser compensado con materiales alcalinos (generalmente caliza). El porcentaje de la turba no puede exceder el 75% del total de la mezcla.

### CARACTERÍSTICAS:

- Densidad aparente: 670 kg/m<sup>3</sup>
- Espacio poroso: 94% o más
- Aire: 29%
- Agua fácilmente disponible: 33,5%

## 4.7 TIERRA VOLCÁNICA

Generalmente está compuesta por sílice, óxidos de hierro y alúmina, en menor medida calcio, magnesio, fósforo y oligoelementos. Es un material que no necesita tratamiento alguno, salvo el cribado si se precisa de un tamaño de grano concreto.

Tiene muy buena aireación, inercia química y mantiene su estabilidad estructural. Está especialmente indicada para entornos húmedos y muy húmedos al tener baja retención de agua. Su ph es ligeramente ácido-neutro.

### CARACTERÍSTICAS:

- Densidad aparente: 1480 kg/m<sup>3</sup>
- Porosidad: 40%
- Aire: 86-89 %
- Absorción de agua: 4,5-20,3 %

## 4.8 CORTEZA DE PINO

Procede de restos de la industria maderera, se puede emplear cruda, puede ocasionar deficiencia de nitrógeno y problemas de fitotoxicidad, por ello es preferible la corteza de pino compostada. Al ser un material natural posee una gran variabilidad.

Las propiedades físicas dependen enormemente del tamaño de las partículas, las cuales se recomienda de tamaños inferiores a 0,8 mm en una cantidad del 20-40%. Destaca por su elevada aireación y poco peso.

Su PH varía de 5 a 6.

### CARACTERÍSTICAS:

- Densidad aparente: 100-450 kg/m<sup>3</sup>
- Espacio poroso: 60-85%
- Aire: 15-40 %
- Absorción de agua: 35-56%

## 4.9 CALIZA

Es una roca sedimentaria de origen bioquímico-orgánico, compuesta por al menos el 50% de carbonato cálcico (CaCO<sub>3</sub>). Tiene muchos usos, entre ellos se emplea como acondicionador de suelos para neutralizar suelos ácidos (cal agrícola).

Debe de procesarse y molerse para la formación de gujarros de entre 1,5 y 4mm, sin embargo es muy abundante y su precio es bajo.

Rara vez se encuentra pura de forma natural se mezcla con impurezas como esquisto silíceo, sílice y rocas ígneas, así como arcilla, barro y arena, betún, etc. Cuando la concentración de arcilla es de más del 3% la caliza tiene poca resistencia al agua.

Es un material alcalino, y se usa en porcentajes de entre el 3 y el 10% para compensar sustratos ligeramente ácidos o ácidos, respectivamente. También tiene características que ayudan a la compactación del suelo.

### CARACTERÍSTICAS:

- Densidad aparente: 2750 kg/m<sup>3</sup>
- Absorción de agua: 0,5%
- Porosidad: del 0,1-5% al 5-40 % según su sean no karstificadas o karstificadas (respectivamente)

## 5. FABRICACIÓN

### 5.1 PRENSADO ISOSTÁTICO

Es un proceso más caro, pero que permite distribuciones de densidad mucho mejores que el prensado uniaxial. Consiste en la compactación de polvos cerrándose herméticamente mediante un molde elástico, al cual se le aplica presión isostática para compactar uniformemente el material. Permite una producción más rápida y uniforme que los métodos de prensado húmedo.

### 5.2 MOLDEADO POR COLADA (VACIADO SÓLIDO)

Empleado para piezas de geometrías complejas de cerámica, es un proceso de baja productividad, pero las geometrías obtenidas son difíciles o imposibles de conseguir por otros métodos, el utillaje es económico. Consta de moldes de yeso, que absorben la humedad de la pasta arcillosa (humedad del 40-50%).

Para la producción de las bases de Green Ceramics se utiliza una variante del proceso llamada vaciado sólido, que consiste en dejar reposar el cuerpo en el molde e ir rellenándolo periódicamente con barbotina hasta que se seque por completo, en nuestro caso hasta un 3-5% de humedad. Este método compensa las contradicciones, permitiendo la esbeltez de la pieza; además, gracias a la gran superficie y los ángulos de extracción de la pieza, se mantendrá en contacto con los moldes por las dos caras, siendo la velocidad de secado mucho mayor, mejorando el rendimiento productivo.

### 5.3 ESTAMPADO EN FRÍO

Se utiliza una prensa para presionar una estampa contra la pieza objetivo (más blanda) a presiones que superen el límite elástico de la pieza para producir una deformación permanente. El resultado en la pieza es el negativo de la geometría de la estampa, con un cierto grado de recuperación elástica de la pieza objetivo. Es un proceso relativamente rápido.

### 5.4 TROQUELADO

Es un proceso parecido al estampado en frío, la diferencia es que en este caso el troquel tiene como objetivo recortar la pieza del bulto de partida, por ello se usan presiones mayores para superar el límite de rotura del material. Se utiliza el cizallado como método de separación. El proceso es muy rápido para las planchas finas.

### 5.5 PUNZONADO

La única diferencia con el troquelado es que en este caso se pretende extraer un volumen de la pieza. Estos procesos se suelen realizar en serie, tienen un índice de producción muy elevado (para piezas prominentemente simples y planas).

### 5.6 TRONZADO

Es una operación de mecanizado básica, se produce viruta debido a la acción de unos filos cortantes dispuestos a lo largo de una hoja metálica. Hay varias configuraciones, en este caso se usa la tronzadora de cinta, la cual forma bandas gracias a que sus hojas son lo suficientemente flexibles. El movimiento es lineal y continuo.

### 5.7 TALADRADO CON TALADRADORA MULTICABEZAL

Genera agujeros de forma eficiente, si bien no consigue tolerancias muy estrechas. Su herramienta es la broca, que tiene múltiples configuraciones según las condiciones de corte y el material a sustraer.

En nuestro servirá como una operación de aproximación a la pieza final, que estará seguida de operaciones más precisas como el lamado y el roscado a máquina.

### 5.8 LAMADO

Es una operación que se realiza sobre un agujero previo para modificar el agujero. Se realizan a velocidades más bajas y con mucha menos tasa de arranque de viruta que el taladrado, pero consiguen acabados mucho mejores. El utillaje se usará con la misma máquina que el proceso de taladrado.

### 5.9 ROSCADO

Es un proceso en el que se obtienen superficies roscadas, se puede realizar mediante laminado o arranque de viruta. Hay dos variantes, roscado de interiores y roscado de exteriores, en nuestro caso utilizaremos el roscado de interiores para la rosca de la camisa de sujeción y el roscado de exteriores para los extremos de las tuberías.

Para el roscado de interiores se utilizará un macho que se conectará mediante un portamachos a la máquina herramienta de la estación multicabezal, mientras para el roscado de exteriores se usará una máquina específica llamada roscadora horizontal, la cual utilizará una terraja como herramienta.

## 6. ENSAMBLAJE

A continuación se muestran los pasos para la instalación del producto, que son:

### 1. Premontaje en suelo del sistema de riego

- 1.1 Se unen los tubos de los goteros y las tuberías de 20 mm mediante T según plano, conformando los ramales portagoteros
- 1.2 En un extremo de cada ramal portagoteros se rosca la reductora de 25-20 mm, en el otro la tapa de 20 mm.
- 1.3 Se rosca las T macho de 25 mm a las reductoras.
- 1.4 Se rosca los dos extremos de las tuberías de 25 mm a las T macho de 20 de manera simultánea.
- 1.5 Se rosca la reductora 32-25 a el extremo sobresaliente de la tubería de 25 mm.
- 1.6 Se rosca el codo de 32 a la reductora de 32-25.
- 1.7 Se rosca la reductora de 32-25 a la de 40-32 mediante un tubo con rosca.
- 1.8 Se rosca la reductora de 40-32 a la de 50-40 mediante un tubo con rosca.
- 1.9 Se rosca la reductora de 50-40 a la salida de la electro válvula Bernad de 3 vías para conformar el sector.
- 1.11 Se rosca los tubos de 50mm a las electro válvulas.
- 1.12 Se realiza para todos los sectores

### 2. Montaje en fachada del sistema de riego

- 2.1 Mediante unas eslingas repartidas por el sistema y una grúa se posiciona cada pre-montaje en su respectiva posición, gracias a un marcado láser según plano.
- 2.2 Se aseguran mediante las abrazaderas, las cuales se posicionan y se marcan los centros para un posterior taladrado para M8x80.
- 2.3 Se asegura el premontaje a la fachada con taco tirafondo y tornillo DIN 571 M8x60.
- 2.4 Se realiza el marcado de centros de las abrazaderas.
- 2.5 Se realiza el taladrado y se atornillan las abrazaderas.
- 2.6 Se rosca los extremos de las tuberías de 50 mm en las electroválvulas.
- 2.7 Se repiten las operaciones anteriores.
- 2.8 Cada nuevo segmento de tubería tendrá su respectiva abrazadera a 6 m
- 2.9 Se rosca los codos de conexión de la tubería de 50 mm según plano en la parte superior
- 2.10 Se rosca en serie a los codos superiores las reductoras 63-50, 63-75 y 75-90 mediante tubos con rosca de 90 mm de diámetro.
- 2.11 A su vez se cierra el circuito en el otro extremo del ramal principal conectando ambos ramales mediante sendos codos de 50 mm, unidos por dos tuberías de 90 y una llave de paso.  
Volviendo a la zona superior
- 2.13 Se rosca un segmento de tubería de 90 mm al codo.
- 2.14 Se rosca una llave de paso a la tubería.
- 2.15 Se rosca un segmento de tubería de 90 mm destinado a solventar posibles acumulaciones de tolerancias, que conecta mediante una T de 90 mm al colector.
- 2.16 Se conecta un manómetro al colector según planos.
- 2.17 En el extremo del colector se rosca un codo, el cual se fija mediante una abrazadera.
- 2.18 Se rosca el tubo bajante del colector, el cual se conecta en su extremo con la válvula anti-retorno.
- 2.19 La válvula se conecta roscada a un segmento de tubería de 90 mm a la que se rosca una llave de paso.
- 2.20 A esta llave de paso se conecta un segmento de tubería, que rosca a su vez con un codo de 90 mm.

- 2.21 Este codo conecta con una tubería de 90, la cual conecta con una T de 90 de la que un ramal se dirige a la bomba y el otro a una tubería conectada por tres electroválvulas, las cuales se conectan a su vez al sistema de fertirrigación.
- 2.22 En el ramal que conecta a la bomba, se rosca una t que la bypasea y conecta mediante una tubería roscada a una llave de paso y después a un manómetro diferencial.
- 2.23 La bomba se sitúa a nivel de suelo y se conecta a la tubería mediante una camisa, que se instala apretando sus tornillos al par estipulado por el fabricante.
- 2.24 En el otro extremo se realiza la misma operación para conectar con la acometida de agua general y con eso cerrando el circuito

### **3. Pre-montaje de las escuadras en los perfiles**

- 3.1 A nivel de suelo se prefijan las escuadras de retención y de fijación en los perfiles mediante el tornillo DIN 6921-M8x50, arandelas DIN 125-M8 y tuerca DIN 6923-M8.
- 3.2 Se regulan y aprietan los tornillos de las escuadras de fijación a 16,5 Nm.

### **4. Fijación de los perfiles a la fachada**

- 4.1 Se realiza el marcado de centros para el taladrado mediante marcado láser.
- 4.2 Se realizan los taladros de 100mm para métrica 10, correspondientes a las escuadras de fijación.
- 4.3 Se posicionan las escuadras de fijación en sus respectivos agujeros y se atornillan mediante tornillos DIN 835-M10x100 y resina epoxi.
- 4.4 Se posicionan las escuadras de retención tocando la fachada y se aprietan los tornillos DIN 6921-M8x50 (correspondientes a su unión con el perfil) a 6 Nm
- 4.5 Usando las acanaladuras de las escuadras de fijación se realiza el taladrado en la fachada para métrica 10 y 100 mm de profundidad.
- 4.6 Se insertan los tornillos DIN 835-M10x100 con el vástago recubierto de resina epoxi y se aprietan a 16,5 Nm.
- 4.7 Se ajustan las escuadras de fijación y se realiza el apriete definitivo de los tornillos DIN 6921-M8x50.

### **5. Pre-montaje de los módulos**

- 5.1 Se insertan con un martillo de goma los insertos Keep-nut tanto en la base como en la tapa
- 5.2 Se posicionan el macho y la hembra de Fast-Con por separado (una en el módulo y otro en la base) y se atornillan a Fast-Con a un par de apriete de 10 Nm.
- 5.3 En el fondo de la base cerámica se posiciona el retal de tela tapando los agujeros para los goteros y se llena de sustrato.
- 5.4 Se instala la malla en el marco de la base y se fija mediante botones de silicona (se recomienda 2 por lado).
- 5.5 A partir de este punto se debe mantener en la medida de lo posible la base con la abertura mirando hacia arriba por razones obvias.
- 5.6 A continuación se une la tapa mediante el anclaje a presión de Fast-Con.
- 5.7 En este momento se realizan los insertos de las plantas a través de los orificios de la tapa.

### **6. Fijación del anclaje y sujeción del módulo**

- 6.1 Se hace pasar el tornillo DIN 912 M10x50 por la arandela DIN 125-M8 y el orificio de la balda de soporte.
- 6.2 Se coloca la arandela de presión por dentro del perfil y se pasa el vástago del tornillo por su orificio.
- 6.3 Se coloca una arandela DIN 125M8 y se rosca la tuerca DIN 923 - M10 sin apretar del todo.
- 6.4 Mediante marcado láser se posiciona el anclaje y se aprieta el tornillo y la tuerca a 16,5 Nm.
- 6.5 Se coloca el módulo tocando la base y la parte frontal de la balda de soporte.

6.6 Se giran los clip de posición hasta que bloquean la salida del módulo, a continuación se aprietan los tornillos DIN 7991 EN 14410 - M3x25 a un par de 8 Nm.

### 7. Conexión con los goteros

7.1 Aprovechando la flexibilidad de la goma de 20mm de los goteros se inserta la boquilla en los agujeros traseros de la tapa, como tiene un perfil de flecha una vez ha entrado la cabeza el gotero se mantiene fijo.

**\*\*\* Repetiremos el paso 6 y el paso 7 para la instalación de los módulos, los cuales se harán por filas**

## 7. CONDICIONES CONTRACTUALES Y DE USO

### 7.1 FABRICACIÓN

El fabricante se compromete a:

- Mantener la homogeneidad en la producción según el margen de tolerancias establecidas.
- Asegurar un stock disponible de recambios del 10% del volumen total del jardín durante 10 años.
- Realizar de forma periódica los consecuentes ensayos según normativa, para garantizar un correcto desempeño de los componentes.

El comprador se compromete a:

- Aportar toda la documentación requerida la completa resolución del proyecto
- Cubrir los costes causados por una modificación de piezas ajena al fabricante.
- Realizar un depósito de al menos el 20% del coste aproximado del proyecto al comienzo de la fase de dimensionamiento. Este depósito no será recuperado si una vez finalizada la fase de dimensionamiento el proyecto se abandona (unilateralmente por el comprador).

### 7.2 INSTALACIÓN

El fabricante se compromete a la restitución de piezas que antes de los siguientes 5 años desde su instalación resulten en fallo, cuando quede demostrado un buen uso y mantenimiento durante su vida útil.

El cliente se compromete a:

- Permitir modificaciones en la fachada.
- Permitir modificaciones en el sistema eléctrico del edificio.
- Permitir modificaciones en el sistema hidráulico del edificio.

- No sobrepasar los valores de uso designados por el fabricante.

La ejecución de obra se realizará según lo establecido en el art. 7.3, parte I del CTE y la normativa vigente en el momento y lugar de instalación.

La instalación será realizada por el fabricante, el coste de instalación estará contabilizado dentro del presupuesto del proyecto.

### 7.3 SEGURIDAD

Se suspenderán las labores de instalación, mantenimiento o limpieza en situación climática adversa, como será:

- Alerta por calor.
- Alerta por frío.
- Rachas de viento que superen los 35 km/h de máxima.
- Nieve.
- Granizo.
- Condiciones de visibilidad reducidas.

Se seguirá la normativa general de seguridad en trabajos de altura en todas las fases del trabajo en la instalación según:

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos

- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio.
- Real Decreto 2177/2004, de 12 de noviembre.
- Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo.
- REGLAMENTO (UE) 2016/425 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 9 de marzo

Se usará el equipo de protección individual establecido en la norma UNE-EN 358:218, que regula el uso de estos.

Se instalarán un mínimo de 2 bridas de seguridad por tapa, siendo fijadas al anclaje y a la propia tapa sin permitir el movimiento de esta.

Los clips de sujeción de la base se instalarán con la hoja completamente vertical, el par de apriete de los tornillos será de 20 N/m. El jardín vertical debe estar totalmente aislado ante cualquier derivación eléctrica.

### 7.4 MANTENIMIENTO

En caso de que el cliente contrate el mantenimiento con el fabricante, el precio de este no estará englobado en el presupuesto del proyecto y cuyas sus condiciones contractuales podrán variar.

Se realizará una inspección rápida de las instalaciones cada 15 días y una revisión profunda de todos los sistemas cada 8 meses.

Las labores de mantenimiento se realizarán según lo establecido en el punto 8.3 SEGURIDAD.

Se cortará el suministro eléctrico mientras duren las labores de mantenimiento.

Se restringirá el paso a nivel de vía a 10 m de distancia de la instalación durante las labores de mantenimiento.

Se colocará un toldo de seguridad durante el mantenimiento si las condiciones de la vía impiden mantener la distancia de seguridad anteriormente designada.

El fabricante no se responsabiliza de la asunción de costes debidos a daños debidos a un uso o mantenimiento inadecuados si no son causados por el propio fabricante, realizados por un tercero o como consecuencia de factores climatológicos (o de otro tipo que) excedan los límites de seguridad de la instalación.

En caso de que el mantenimiento o uso lo gestione alguien externo a la empresa fabricante (cliente o tercero) se recomienda seguir todas las indicaciones anteriores.

## BLOQUE 5 - ESTADO DE MEDICIONES Y PRESUPUESTO

---

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>142</b>
<b>2. ESTADO DE MEDICIONES.....</b>	<b>142</b>
2.1 CÁLCULO DE PESO.....	142
<b>3.PRESUPUESTO.....</b>	<b>143</b>
3.1 DESGLOSE.....	143
3.2 COSTES DIRECTOS.....	144
3.2.1 COSTES GENERALES (MATERIALES + FABRICACIÓN + ELEMENTOS COMPRADOS).....	145
3.2.2 COSTES DE FABRICACIÓN.....	145
3.2.3 COSTES DE ENSAMBLAJE.....	147
3.3 PRECIO DE VENTA AL PÚBLICO.....	147
3.4 VIABILIDAD ECONÓMICA DEL PRODUCTO.....	148
3.4.1 INVERSIÓN INICIAL.....	148

# ESTADO DE MEDICIONES Y PRESUPUESTO

---

## 1. INTRODUCCIÓN

Este apartado está destinado a concretar de forma teórica cuáles serán las variables económicas que afectan al proyecto, su cálculo y a la realización de un presupuesto que permita determinar el rendimiento económico del proyecto y el interés en su realización.

## 2. ESTADO DE MEDICIONES

### 2.1 CÁLCULO DE PESO

Los pesos por unidad, unidades y totales de cada elemento y del producto completo se muestran a continuación en la siguiente tabla:

COMPONENTE	COMPRADO/ FABRICADO/ PROCESADO	PESO UNITARIO (kg)	UNIDADES	PESO TOTAL (kg)
Tapa	F	1,5	2.840	4.240,1
Fast-con (100 u)	C	1,0	11.360	111,3
Keep-nut (100 u)	C	0,7	11.360	7.474,9
Brida de seguridad (100 u)	C	1,2	5.680	56,8
Malla de sujección (m)	C	0,2	568	99,4
Sustrato	P	12,9	2.840	36.562,2
Lámina textil (m)	C	0,2	568	133,5
Base	F	8,0	2.840	22.802,4
Clip de fijación (100 u)	F	0,7	5.720	4.061,2
Tornillo DIN 7991 EN 14410 - M3x25 (100 u)	C	0,2	5.720	858,0
Camisa de fijación (100 u)	F	9,5	5.720	54.340,0
Anclaje	P	1,9	2.880	5.486,4
Tornillo DIN 912 - M10x60 (100 u)	C	3,9	2.880	11.232,0
Arandela de presión	C	0,2	2.880	619,2
Arandela DIN 125 - M10 (100 u)	C	0,1	5.760	305,3
Tuerca DIN 923 - M10 (100 u)	C	1,1	2.880	3.168,0
Espárrafo roscado DIN 835 M10x100 (100 u)	C	7,9	1.600	12.560,0
Tornillo DIN 6921 - M8 x 30 (100 u)	C	3,5	1.400	4.942,0
Arandela DIN 125 - M8 (100 u)	C	0,0	2.800	126,0
Tuerca tensilock DIN 6923 - M8 (100 u)	C	0,7	1.400	999,6
Perfil en U 39x39x6000 AISI 304 (m)	C	1,5	200	302,8
Escuadra de retención (10 u)	C	0,9	600	530,1
Escuadra de fijación (10 u)	C	1,7	800	1.333,6
Barrera intumescente (m)	C	1,8	200	350,0
Electroválvula Bermad S390 3 vías, 24VAC-NC	C	0,3	31	10,1
Válvula antirretorno PVC Cepex EPDM DN90	C	-	1	-
Bomba centrífuga Hydro Solo-E CRE 32-2HQQE	C	-	1	-
Controlador IRRITOL Total Control	C	-	1	-
Kit abonadora de riego DRIPJET	C	-	3	-
Manómetro PGD-45 L	C	-	3	1,1
Tubería de 90mm (m)	P	1,5	36	52,5
Codo tubería de 90	C	0,2	8	1,3
Abrazadera de fijación para tubería de 90	C	0,3	8	2,4
T macho 90mm	C	0,2	4	0,7
Tapón tubería de 90mm	C	1,5	4	6,0
Reductora 90-75	C	0,2	4	0,7
Reductora 75-63	C	0,1	4	0,5
Reductora 63-50	C	0,1	4	0,4
Tubería de 50mm (m)	P	0,3	63	20,0
Abrazadera de fijación para tubería de 50	C	0,1	24	2,4
Tapón final para tuberías de 50mm	C	1,2	4	4,6
T macho 50 (10 u)	C	0,8	28	22,4
Reductora 50-40 (10 u)	C	0,9	28	23,8
Reductora 40-32 (10 u)	C	0,7	28	19,6
Reductora 32-25 (10 u)	C	0,6	28	16,8
Tubería de 25mm (m)	P	0,2	58	9,5
Abrazadera de fijación para tubería de 25 (10 u)	C	0,8	28	21,0
Tornillo tirafondo DIN 571 M8x60 (100 u)	C	0,6	120	0,7
Taco para tornillo tirafondo DIN 571 M8x80 (100 u)	C	0,1	120	0,1
Codo para tubería de 25 (10 u)	C	0,5	28	14,0
T macho 25 (10 u)	C	0,5	284	142,0
Reductor 25-20	C	0,3	28	8,4
Tubería de 20mm	P	0,1	642	77,0
Gotero (10 u)	C	0,4	5.680	2.215,2
<b>POR METRO^2</b>				<b>114,9 kg</b>
<b>TOTAL</b>				<b>72.396 kg</b>

Tabla 5.1, "Pesos del sistema"

## 3.PRESUPUESTO

### 3.1 DESGLOSE

El precio de venta al público se desglosa en:

Precio de venta = Coste comercial + Beneficio industrial

- Beneficio industrial = 30% del Coste comercial
- Coste comercial = Coste industrial + Coste de comercialización
  - Coste de comercialización = Distribución + Márketing ; (15% del Coste industrial)
  - Coste industrial = Costes directos + Costes indirectos
  - Costes directos = Materiales + Fabricación + Elementos comprados + Ensamblaje
  - Costes indirectos = Consumos generales + Mano de obra indirecta ; (10% de los costes directos)

### 3.2 COSTES DIRECTOS

#### 3.2.1 COSTES GENERALES (MATERIALES + FABRICACIÓN + ELEMENTOS COMPRADOS)

En la siguiente tabla se pueden observar el grado de fabricación, los pesos unitarios, totales globales y los costes unitarios, totales y globales; así como el peso y coste por m<sup>2</sup> y de la instalación de referencia.

# GREEN CERAMICS

COMPONENTE	COMPRADO/ FABRICADO/ PROCESADO	PESO UNITARIO (kg)	UNIDADES	PESO TOTAL (kg)	PRECIO (Unidad)	PRECIO TOTAL (€)
Tapa	F	1,5	2.840	4.240,1	1,42 €	4.032,8 €
Fast-con (100 u)	C	1,0	11.360	111,3	0,50 €	5.680,0 €
Keep-nut (100 u)	C	0,7	11.360	7.474,9	1,25 €	14.200,0 €
Brida de seguridad (100 u)	C	1,2	5.680	56,8	0,11 €	624,8 €
Malla de sujección (m)	C	0,2	568	99,4	0,83 €	471,4 €
Sustrato	P	12,9	2.840	36.562,2	3,64 €	10.337,6 €
Lámina textil (m)	C	0,2	568	133,5	0,95 €	539,6 €
Base	F	8,0	2.840	22.802,4	4,81 €	13.660,4 €
Clip de fijación (100 u)	F	0,7	5.720	4.061,2	0,35 €	2.002,0 €
Tornillo DIN 7991 EN 14410 - M3x25 (100 u)	C	0,2	5.720	858,0	0,35 €	2.002,0 €
Camisa de fijación (100 u)	F	9,5	5.720	54.340,0	0,97 €	5.548,4 €
Anclaje	P	1,9	2.880	5.486,4	4,53 €	13.046,4 €
Tornillo DIN 912 - M10x60 (100 u)	C	3,9	2.880	11.232,0	1,31 €	3.772,8 €
Arandela de presión	C	0,2	2.880	619,2	1,15 €	3.312,0 €
Arandela DIN 125 - M10 (100 u)	C	0,1	5.760	305,3	0,20 €	1.152,0 €
Tuerca DIN 923 - M10 (100 u)	C	1,1	2.880	3.168,0	0,58 €	1.670,4 €
Espárrafo roscado DIN 835 M10x100 (100 u)	C	7,9	1.600	12.560,0	1,04 €	1.664,0 €
Tornillo DIN 6921 - M8 x 30 (100 u)	C	3,5	1.400	4.942,0	0,78 €	1.092,0 €
Arandela DIN 125 - M8 (100 u)	C	0,0	2.800	126,0	0,17 €	476,0 €
Tuerca tensilock DIN 6923 - M8 (100 u)	C	0,7	1.400	999,6	0,40 €	560,0 €
Perfil en U 39x39x6000 AISI 304 (m)	C	1,5	200	302,8	27,00 €	5.400,0 €
Escuadra de retención (10 u)	C	0,9	600	530,1	0,75 €	450,0 €
Escuadra de fijación (10 u)	C	1,7	800	1.333,6	1,10 €	880,0 €
Barrera intumescente (m)	C	1,8	200	350,0	23,71 €	4.742,0 €
Electroválvula Bermad S390 3 vías, 24VAC-NC	C	0,3	31	10,1	31,71 €	983,0 €
Válvula antirretorno PVC Cepex EPDM DN90	C	-	1	-	60,00 €	60,0 €
Bomba centrífuga Hydro Solo-E CRE 32-2HQQE	C	-	1	-	14.013,85 €	14.013,9 €
Controlador IRRITOL Total Control	C	-	1	-	263,95 €	264,0 €
Kit abonadora de riego DRIPJET	C	-	3	-	186,00 €	558,0 €
Manómetro PGD-45 L	C	-	3	1,1	17,50 €	52,5 €
Tubería de 90mm (m)	P	1,5	36	52,5	7,35 €	260,9 €
Codo tubería de 90	C	0,2	8	1,3	14,45 €	115,6 €
Abrazadera de fijación para tubería de 90	C	0,3	8	2,4	2,15 €	17,2 €
T macho 90mm	C	0,2	4	0,7	17,69 €	70,8 €
Tapón tubería de 90mm	C	1,5	4	6,0	15,22 €	60,9 €
Reductora 90-75	C	0,2	4	0,7	11,92 €	47,7 €
Reductora 75-63	C	0,1	4	0,5	7,61 €	30,4 €
Reductora 63-50	C	0,1	4	0,4	4,08 €	16,3 €
Tubería de 50mm (m)	P	0,3	63	20,0	2,65 €	165,9 €
Abrazadera de fijación para tubería de 50	C	0,1	24	2,4	0,83 €	19,9 €
Tapón final para tuberías de 50mm	C	1,2	4	4,6	2,62 €	10,5 €
T macho 50 (10 u)	C	0,8	28	22,4	4,36 €	122,1 €
Reductora 50-40 (10 u)	C	0,9	28	23,8	3,01 €	84,3 €
Reductora 40-32 (10 u)	C	0,7	28	19,6	1,79 €	50,1 €
Reductora 32-25 (10 u)	C	0,6	28	16,8	1,29 €	36,1 €
Tubería de 25mm (m)	P	0,2	58	9,5	0,80 €	46,2 €
Abrazadera de fijación para tubería de 25 (10 u)	C	0,8	28	21,0	0,40 €	11,2 €
Tornillo tirafondo DIN 571 M8x60 (100 u)	C	0,6	120	0,7	0,15 €	18,0 €
Taco para tornillo tirafondo DIN 571 M8x80 (100 u)	C	0,1	120	0,1	0,05 €	6,0 €
Codo para tubería de 25 (10 u)	C	0,5	28	14,0	1,01 €	28,3 €
T macho 25 (10 u)	C	0,5	284	142,0	1,40 €	397,6 €
Reductor 25-20	C	0,3	28	8,4	0,98 €	27,4 €
Tubería de 20mm	P	0,1	642	77,0	0,59 €	378,7 €
Gotero (10 u)	C	0,4	5.680	2.215,2	0,22 €	1.249,6 €
<b>POR METRO^2</b>				<b>114,9 kg</b>		<b>184,0 €</b>
<b>TOTAL</b>				<b>72.396 kg</b>		<b>116.519,7 €</b>

Tabla 5.2"Costes generales"

### 3.2.2 COSTES DE FABRICACIÓN

PIEZA	Nº	MATERIAL	COSTE DEL MATERIAL	PROCESO	MÁQUINA	TASA HORARIA DE LA MAQUINARIA (hora)	TIEMPO (min)	COSTE POR UNIDAD	COSTE TOTAL
Tapa	2840	Preparado para gres porcelánico	0,2 €/kg	Prensado uniaxial Lamado Esmaltado Cocción	Prensa multiaxial Lamador Estación de esmaltado Horno	35€ 28€ 25€ 25€/m³	0,7 1 0,083 300	1,70€	4.232,80€
Sustrato	2840	Turba rubia Sphagnum Tierra volcánica Corteza de pino Caliza	0,27 €/kg	Mezclado	Mezcladora	20€	0,5	3,64€	10.337,60€
Base	2840	Preparado para gres común enriquecido con mica moscovita	0,2 €/kg	Moldeado por colada Cocción Taladrado Lamado	Molde Horno Taladradora Lamador	1,3 €/pieza 25€/m³ 25€ 28€	400 360 1,7 2,5	4,81€	13.660,40€
Clip de fijación	5680	Acero inoxidable (EN 1.4410 – UNS S32750)	0,37 €/kg	Troquelado Estampado en frío	Prensa y troquel Prensa y estampa	35€ 35€	0,05 0,5	0,35€	1.988€
Camisa de fijación	5680	Acero inoxidable (EN 1.4410 – UNS S32750)	0,37 €/kg	Tronzado Taladrado Roscado Soldadura	Sierra de cinta Taladradora Macho Soldadora TIG	27€ 25€ 27€ 33€	0,083 0,3 0,5 1	0,97€	5.509,60
Anclaje	2840	Acero inoxidable(EN 1.4301 / AISI 304)	0,32 €/kg	Punzonado	Prensa y punzón	32€	0,083	2,83€	8.037,20€
Tubería 90mm	71	PE100	6,85 €/m	Roscado	Con terraja a máquina	30€	1	7,35€	521,85€
Tubería 50mm	125,2	PE100	2,15 €/m	Roscado	Con terraja a máquina	30€	1	2,65€	331,78€
Tubería 25mm	115,56	PE40	0,55 €/m	Roscado	Con terraja a máquina	30€	0,5	0,80€	92,45€
Tubería 20mm	1283,68	PE40	0,34 €/m	Roscado	Con terraja a máquina	30€	0,5	0,59€	757,37€
									<b>45.269,05€</b>

tabla 5.3 "Costes de fabricación"

Para el coste de fabricación también se han tenido en cuenta las piezas compradas que se deben modificar mediante algún proceso de fabricación, como concepto de coste de material se ha introducido el coste unitario o el coste/ metro. Los costes de fabricación están contabilizados también en la tabla de COSTES GENERALES.

### 3.2.3 COSTES DE ENSAMBLAJE

El tiempo de montaje de la instalación total será de 21 días. Para el cálculo del coste del ensamblaje supondremos que la tasa horaria de los operarios es de 32,5 €/h, incluyendo todos los gastos de material, utillaje y maquinaria.

$$\text{Coste de ensamblaje total} = 506,206 \times 32,5 = \mathbf{16.451,7 \text{ €}}$$

Cabe destacar que el proceso de montaje se puede dividir en tareas, las cuales pueden ser realizadas por uno o varios operarios a la vez, con lo que se consigue dividir los tiempos de montaje entre el número de operarios trabajando al mismo tiempo.

En la siguiente tabla se muestra el desglose de tiempos:

<b>PASO</b>	<b>TIEMPO (s/u)</b>	<b>FRECUENCIA (s)</b>	<b>TIEMPO TOTAL (s)</b>
Roscado de tubería de 20mm con T	6	5.680	34.080
Roscado de tubería de 20mm con codo	6	28	168
Roscado de tubería de 25mm con T	6	284	1.704
Roscado de tubería de 25mm con codo	6	28	168
Roscado de tubería de 25mm con reductora	6	84	504
Roscado de tubería de 50mm con codo	6	20	120
Roscado de tubería de 50mm con reductora	6	112	672
Alzado y posicionamiento de sector	900	28	25.200
Roscado de tubería de 90mm con T	12	4	48
Roscado de tubería de 90mm con codo	12	8	96
Roscado de tubería de 90mm con reductora	10	16	160
Roscado de tubería de 50mm con electroválvula	10	31	310
Roscado de tubería de 50mm con llave de paso	6	2	12
Instalación de manómetro	180	2	360
Instalación de bomba	300	1	300
Instalación abrazaderas de fijación	10	64	640
Instalación de goteros	6	5.680	34.080
Marcado láser	900	2	1.800
Taladrado	30	8.720	261.600
Premontaje de las escuadras en los perfiles	180	200	36.000
Fijación de los perfiles a la fachada	120	200	24.000
Fijación de la balda de soporte	113	2.840	320.920
Fijación de los insertos (keep-nut y fast-con)	9	11.360	102.240
Llenado de cajonera (textil+sustrato)	10	2.840	28.400
Pegado de la malla	25	2.840	71.000
Instalación de la tapa	5	2.840	14.200
Plantado	4	178.920	715.680
Instalación del bloque en la balda	23	2.840	65.320
Introducción del sistema de goteros	12	5.680	68.160
Conexión con central programador	3.600	1	3.600
Puesta en marcha y comprobaciones	10.800	1	10.800
		<b>TOTAL (s)</b>	<b>1.822.342</b>
			<b>506,206 (h)</b>
			<b>21 (días)</b>

Tabla 5.4 "Tiempos de ensamblaje"

### 3.3 PRECIO DE VENTA AL PÚBLICO

Como hemos visto anteriormente, el precio de venta al público parte de la obtención de los costes directos para los cálculos posteriores. Están formados por los costes de: materiales, fabricación, elementos comprados y ensamblaje. En nuestro caso hemos agrupado los costes de materiales, fabricación y ensamblaje una sola clasificación (costes generales) y a cuyo valor total se le han sumado los costes de ensamblaje.

Los costes indirectos asociados se estiman en el entorno del 10% de los costes directos, forman ambos el coste industrial del producto.

El coste de comercialización del producto será el 15% del coste industrial, está formado por el coste de márketing y distribución del producto. El coste comercial será la suma de los costes industriales y los costes de comercialización.

El beneficio industrial será el beneficio que queramos obtener del producto, se suele situar en el entorno del 20% al 30% del coste comercial, en nuestro caso será del 22%.

La suma del coste comercial y del beneficio constituye el precio de venta al público, **205.210,72 € para esta instalación**. Se puede observar en la siguiente tabla la distribución de costes:

CONCEPTO	PRECIO (€)
COSTE DE FABRICACIÓN	42.269
COSTES GENERALES	116.520
COSTES DE ENSAMBLAJE	16.452
COSTES INDIRECTOS	13.297
COSTE INDUSTRIAL	146.269
COSTE DE COMERCIALIZACIÓN	21.940
COSTE COMERCIAL	168.209
BENEFICIO INDUSTRIAL	37.006
PVP (INSTALACIÓN DE REFERENCIA)	<b>205.215</b>
PVP (m <sup>2</sup> )	<b>326</b>

*Tabla 5.5 "Distribución de costes"*

Dado a que el coste total del producto está ligado muy estrechamente con las condiciones de la instalación, el cálculo de los costes de el jardín de referencia nos permite trasladar esos costes a una unidad más representativa para el cálculo rápido de costes, el m<sup>2</sup>, si dividimos el PVP del jardín entre sus m<sup>2</sup> obtenemos un valor relativo de **PVP de 325,74 €/m<sup>2</sup>**.

Extraemos los costes comerciales por m<sup>2</sup> (que usaremos en el apartado siguiente).

**Costes comerciales = 267 €/m<sup>2</sup>.**

### 3.4 VIABILIDAD ECONÓMICA DEL PRODUCTO

Para comprobar de forma teórica si el producto es rentable para su comercialización necesitamos prever la inversión inicial y volumen de ventas año a año.

#### 3.4.1 INVERSIÓN INICIAL

Suponemos que el producto está ligado a una empresa nueva, la cual necesita el aprovisionamiento de todo el material necesario para la producción de las piezas fabricadas y procesadas.

Fijándonos en la tabla COSTES DE FABRICACIÓN concluimos la necesidad de:

- Prensa isostática = 250.000€
- Moldes de yeso (contando sustituciones) = 50.000 €
- Horno para cerámica = 75.000 €
- Prensa para troquelado y estampado = 60.000 €
- Sierra de cinta = 7.500 €
- Soldadoras TIG = 1.740 €
- Estación de fresado de cabezales múltiples = 30.000 €
- Roscadora horizontal = 5.000 €
- Estación de esmaltado = 3.500€

En maquinaria y utillaje será la inversión inicial, será de 482.740 €, pero a la finalización del proyecto suponemos su venta por 2/5 del valor de compra (193.096 €), con lo que **la inversión inicial = 289.644 €.**

Se prevé la contratación de personal para fabricación y montaje, así como de ingenieros supervisores. Se cifra el coste de **contratación y formación en 150.000 €/año.**

**El alquiler y acondicionamiento de la nave industrial se cifra en 40.000 €/año.**

Los gastos fijos serán la suma de ambos valores. **Gastos fijos = 40.000+150.000 = 190.000 €/año.**

Teniendo en cuenta una inflación anual del 4% el VAN se calcula como:

$$VAN_n = Flujo\ de\ caja_n \cdot (1 + 0.04)^n + VAN_{(n-1)}$$

$$VAN_1 = 21464 \cdot (1 + 0.04)^1 - 289644 = -267.321 \text{ €}$$

$$VAN_2 = 91952 \cdot (1 + 0.04)^2 - 267321 = -167.865 \text{ €}$$

$$VAN_3 = 115448 \cdot (1 + 0.04)^3 - 167865 = -38.001 \text{ €}$$

$$VAN_4 = 144818 \cdot (1 + 0.04)^4 - 38001 = 131.416 \text{ €}$$

$$VAN_5 = 191810 \cdot (1 + 0.04)^5 + 131416 = 364.782 \text{ €}$$

## GREEN CERAMICS

$$VAN_6 = 191810 \cdot (1 + 0.04)^6 + 364782 = 607.483 \text{ €}$$

$$VAN_7 = 162440 \cdot (1 + 0.04)^7 + 607483 = 821.243 \text{ €}$$

$$VAN_8 = 115448 \cdot (1 + 0.04)^8 + 821243 = 979.242 \text{ €}$$

$$VAN_9 = 91952 \cdot (1 + 0.04)^9 + 979242 = 1.110.119 \text{ €}$$

Representado en esta tabla:

	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
<b>INVERSIÓN</b>	289.644	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>M^2 INSTALADOS</b>		3.600	4.800	5.200	5.700	6.500	6.500	6.000	5.200	4.800	3.600
<b>GASTOS</b>		1.151.200	1.471.600	1.578.400	1.711.900	1.925.500	1.925.500	1.792.000	1.578.400	1.471.600	1.151.200
<b>INGRESOS</b>		1.172.664	1.563.552	1.693.848	1.856.718	2.117.310	2.117.310	1.954.440	1.693.848	1.563.552	1.172.664
<b>BENEFICIOS</b>		21.464	91.952	115.448	144.818	191.810	191.810	162.440	115.448	91.952	21.464
<b>FLUJO DE CAJA</b>	-289.644	21.464	91.952	115.448	144.818	191.810	191.810	162.440	115.448	91.952	21.464
<b>VAN</b>		-267.321	-167.865	-38.001	131.416	364.782	607.483	821.243	979.242	1.110.119	1.141.891

Tabla 5.6 "VAN"

Con el VAN podremos calcular el momento de rentabilización del proyecto, es decir, cuando se cubren todos los gastos acumulados. A esto se le llama Payback, que se calcula de la siguiente forma:

$$PB = 1 + \frac{\text{Inversión inicial} - \text{Flujo de Caja}_{(3)}}{\text{Flujo de Caja}_{(4)}}$$

$$PB = 1 + \frac{289644 + 38001}{131416} = 3,49 \text{ años}$$

El proyecto empieza a ser **rentable a partir de 3 años y medio**, se estima una **vida útil de 10 años**, que aportan unos **beneficios totales netos al final del proyecto de 1.141.891€**.

La estimación del nº de ventas es conservadora, pues:

- Es un mercado muy joven.
- Con previsiones de crecimiento ascendente a corto y medio plazo.
- Con previsiones de mantenimiento a largo plazo.
- La competencia está formada por empresas pequeñas y medianas.
- El espacio de mercado que ocupa tiene muy poca competencia específica y los productos son más primitivos.
- La competencia general no cuenta con un sistema sectorizable eficiente.
- El producto tiene un coste de actualización bajo, por lo que podría mejorarse para mantener la competitividad (a un precio relativamente bajo).
- El producto tiene un coste de mantenimiento similar al de los productos temporales de gama baja, pero cuenta con características que lo sitúan como producto de primer nivel.

