



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Politécnica Superior de Alcoy

Diseño y cálculo de una pérgola bioclimática con cubierta móvil y placas fotovoltaicas.

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Mecánica

AUTOR/A: Pastor Albert, Nicolás

Tutor/a: Segura Alcaraz, Jorge Gabriel

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024

Resumen

Resumen: Se trata del diseño y cálculo de una pérgola situada en la localidad de Salinas (Alicante). Esta tendrá la función de terraza y se compondrá de una cubierta de doble techo móvil, aportando el confort necesario tanto en verano como en invierno. El primer techo cuenta con un sistema de recogida mecanizado y el segundo se compone de unas lamas creadas con función de placas solares para aprovechar la energía solar y proporcionar así energía para cualquier tipo de uso, ya sea aprovechamiento energético, carga de vehículos, etc.

Se desarrollará el cálculo de la estructura siguiente la normativa aplicable, realizando las comprobaciones pertinentes a los estados límite último y de servicio. Además, se diseñará el mecanismo del techo para que se recoja de una forma eficiente, así como los mecanismos de giro de las lamas.

Con esta propuesta, el alumno pondrá en práctica los conocimientos desarrollados durante el grado de ingeniería mecánica, referentes al cálculo de estructuras, mecanismos e instalaciones eléctricas y fotovoltaicas.

Palabras clave: pérgola, cubierta, lamas, energía, estructuras, instalaciones.

Resum

Resum: Es tracta del disseny i càlcul d'una pérgola situada en la localitat de Salinas (Alacant). Esta tindrà la funció de terrassa i es compondrà d'una coberta de doble sostre mòbil, aportant el confort necessari tant a l'estiu com a l'hivern. El primer sostre compta amb un sistema de recollida mecanitzat i el segon es compon d'unes làmines creades amb funció de plaques solars per a aprofitar l'energia solar i proporcionar així energia per a qualsevol tipus d'ús, ja siga aprofitament energètic, càrrega de vehicles, etc.

Es desenvoluparà el càlcul de l'estructura següent la normativa aplicable, realitzant les comprovacions pertinents als estats límit últim i de servei. A més, es dissenyarà el mecanisme del sostre perquè es reculla d'una forma eficient, així com els mecanismes de gir de les làmines.

Amb esta proposta, l'alumne posarà en pràctica els coneixements desenvolupats durant el grau d'enginyeria mecànica, referents al càlcul d'estructures, mecanismes i instal·lacions elèctriques i fotovoltaïques.

Paraules clau: pérgola, coberta, làmines, energia, estructures, instal·lacions.

Abstract

Abstract: It is about the design and calculation of a pergola located in the town of Salinas (Alacant). This will have the function of a terrace and it will be composed of a cover of double movable support, providing the necessary comfort both in summer and winter. The first support has a mechanized collection system and the second one is composed of slats created as solar panels to take advantage of solar energy and thus provide energy for any type of use, whether it is for energy supply, vehicle charging, etc.

The calculation of the structure will be developed according to the applicable regulations, carrying out the pertinent verifications to the last and service limit states. In addition, the support mechanism will be designed so that it can be efficiently recovered, as well as the mechanisms for turning the blades.

With this proposal, the student will put into practice the knowledge developed during the mechanical engineering degree, related to the calculation of structures, mechanisms and electrical and photovoltaic installations.

Key words: gate, cover, slats, energy, structures, installations.

Agradecimientos

Este proyecto va dedicado a mis padres y a mi hermano, por hacerme la persona que soy hoy y por apoyarme y creer en mí. Por enseñarme a trabajar duro, a que nadie regala nada. Sin vosotros no sería nadie.

A mi pareja Estela, llegaste en el momento más complicado de mi carrera, pero gracias a ti, también estoy aquí. Tu creías más que yo en que iba a sacarlo todo. Tu confiabas en mi, más que yo mismo. Eternamente agradecido.

A mis profesores, a Jordi mi tutor por ayudarme en esta 'batalla' final. Gracias, en parte a ti, me gustan las estructuras y me ha gustado mucho la mención de proyectos. Gracias también a cada miembro de la EPSA por darme esta acogida cuando vine a la universidad sin saber si quiera si quería acabar la carrera. Aquí me devolvisteis la sonrisa. Gracias a todos.

Gracias a mis amigos, por que la universidad no sería lo mismo sin vosotros, por esas tardes interminables en la cafetería jugando al fútbol y estudiando bien poco. Gracias Damián por haberme acompañado en esta aventura, Javi, Carlos, Paquito, Ander, Luis, Bruno, etc. Sois parte de esto.

Por último, pero no menos importante, a mis compañeros de trabajo de Gaviota, que, aunque nuestros caminos se hayan separado, os tengo mucho cariño y aprecio. Gracias Pablo, Raúl, Sergio S, Pedro, Adrián, Sergio G y Christian por haberme acogido. Gracias por haberme hecho aprender tanto en Gaviota. Mención aparte, las piezas de la mayoría de la pérgola fueron diseñadas por los integrantes de I+D+i Core Business. Yo únicamente he creado la placa solar y lo he ensamblado todo, ya que crear una pérgola de estas características puede llevar mucho tiempo y cientos de piezas que diseñar.

Gracias a Edu, que sin ti no podría haber hecho el cálculo de placas solares por mi cuenta. Gracias por haber confiado en mí y ahora estar disfrutando y aprendiendo del camino en Edotec, proyectos de Ingeniería.

Gracias a todos.

ÍNDICE DEL DOCUMENTO

Agradecimientos	4
MEMORIA	7
1 Elementos	8
1.1 Enumeración de elementos	8
1.1.1 Figuras	8
1.1.2 Tablas	9
1.1.3 Abreviaturas	10
1.1.4 Ecuaciones	10
2 Antecedentes y objetivos	11
2.1 Antecedentes	11
2.2 Objetivo	12
3 Normativa aplicada	12
4 Historia de las pérgolas	13
5 Descripción de la pérgola	16
6 Necesidades y planteamiento del problema	17
7 Proceso de producción de las piezas que componen la pérgola	18
7.1 Aluminio en la construcción de pérgolas	18
7.2 Procesos de fabricación de las piezas de la pérgola	20
8 Solución adoptada	26
9 Prediseño	26
9.1 Características del entorno	28
9.2 Características de las vigas	29
10 Cálculo estructural	30
10.1 Hipótesis de cargas.	30
10.2 Comprobación de ELU y ELS	35
11 Cálculo de transferencia térmica con el exterior	42
11.1 Cálculo de pérdida de calor por transmisión de calor	43
11.2 Cálculo de ganancias de calor por irradiación	50
11.3 Cálculo de pérdidas de calor por renovación del aire	54
12 Cálculo de caudal de desagüe	56
13 Cálculo de energía generada por las placas fotovoltaicas	62
13.1 Datos iniciales	62
13.2 Comprobaciones de viabilidad de inversor y placas fotovoltaicas	65
13.3 Cálculos iniciales y comprobación del inversor	65
14 Cumplimiento de las ODS	66
15 Presupuesto	67

16	Conclusión	68
17	Bibliografía	70
	ANEXOS	71
1	Anexo I. Cálculo estructural y comprobación con Cype 3D	72
1.1	Cálculo del peso propio y de ELU y ELS	73
1.2	Cálculo de cortante y momento flector máximos de la viga	74
1.3	Cálculo de flecha máxima en el centro de la viga	74
1.4	Cálculo de flecha máxima con Cype 3D	76
1.5	Comprobación del cumplimiento del Eurocódigo 9 en Cype 3D	79
2	Anexo II. Cálculo de transferencia térmica con el exterior	101
2.1	Cálculo de pérdidas de calor por transmisión de calor	102
2.1.1	Ventanas	102
2.1.2	Techo reforzado con lana de vidrio	102
2.1.3	Cálculo de la transmisión de calor con lana de vidrio	103
2.1.4	Cálculo de la transmisión de calor sin lana de vidrio	103
2.1.5	Cálculo de la transmisión de calor con lana de vidrio y placas fotovoltaicas	103
2.2	Cálculo ganancias de calor por irradiación	104
2.3	Cálculo de pérdidas de calor por renovación del aire	105
2.3.1	Cálculo de calor perdido por renovación del aire	105
2.3.2	Cálculo del calor producido por las estufas	105
3	Anexo III. Cálculo de caudal de desagüe	107
3.1	Datos de entrada	108
3.2	Cálculo de velocidad y caudal del fluido	108
3.2.1	Pérdidas por fricción	108
3.2.2	Velocidad del fluido	109
3.2.3	Caudal máximo por tubería	110
4	Anexo IV. Cálculo de la energía generada por las placas fotovoltaicas	111
4.1	Datos iniciales	112
4.2	Comprobaciones de viabilidad del inversor y placas fotovoltaicas	113
4.3	Cálculo eléctrico en Dmlect	114
4.3.1	Fórmulas utilizadas	114
4.3.2	Rango de funcionamiento entre los módulos y el inversor	122
4.3.3	Pérdidas en la instalación	122
4.4	Energía generada	124
	PLIEGO DE CONDICIONES	126
	PRESUPUESTO	181
1	Presupuesto	182
	PLANOS	184

MEMORIA

1 Elementos

1.1 Enumeración de elementos

1.1.1 Figuras

Figura 1. Pérgola de la época del romanticismo.....	14
Figura 2. Pérgola clásica.....	15
Figura 3. Pérgola de madera.....	15
Figura 4. Pérgola bioclimática actual.....	16
Figura 5. Lamas retráctiles.....	17
Figura 6. Máquina de inyección de aluminio.....	20
Figura 7. Máquina de extrusión de aluminio.....	21
Figura 8. Máquina de lacado de perfiles largos propiedad de Gaviota.....	22
Figura 9. Perfiles de aluminio lacados.....	22
Figura 10. Proceso de vibrado de piezas mediante un método abrasivo.....	23
Figura 11. Ejemplo de tolerancias.....	24
Figura 12. Impresora SLS.....	25
Figura 13. Diseño de pérgola.....	27
Figura 14. Características del perfil seleccionado en Cype.....	28
Figura 15. Eucalipto de grandes dimensiones.....	28
Figura 16. Vista aérea del entorno del parque junto al restaurante.....	29
Figura 17. Ejemplo de diseño de pérgola bioclimática con vigas cuadradas de aluminio.....	30
Figura 18. Pesos específicos de materiales principales.....	32
Figura 19. Valor básico de la velocidad del viento, ve.....	34
Figura 20. Introducción de datos de viento en Cype.....	34
Figura 21. Datos del municipio de Salinas para la nieve introducidos en Cype.....	35
Figura 22. Combinación de acciones para situación persistente o transitoria.....	36
Figura 23. Combinación de acciones para acciones simultaneas.....	36
Figura 24. Valores de diseño de la imperfección inicial del arco.....	39
Figura 25. Propiedades del perfil seleccionado en Cype 3D.....	40
Figura 26. Hoja Excel automatizada.....	41
Figura 27. Datos y cálculos de la sección del perfil.....	42
Figura 28. Disposición de placas fotovoltaicas sobre lamas en Solidworks.....	47
Figura 29. . Vista de sección de las lamas y las placas solares.....	48
Figura 30. . Vista completa de placa fotovoltaica diseñada en Solidworks.....	48
Figura 31. Propiedades de los materiales de las placas fotovoltaicas.....	49
Figura 32. Composición de la placa fotovoltaica.....	50
Figura 33. Orientación por grados.....	51
Figura 34. Selección de datos para promediar la irradiación.....	53
Figura 35. Volumen del cilindro de la chimenea.....	56
Figura 36. Chimenea de la terraza.....	56
Figura 37. Plano de detalle del canal de la lama.....	57
Figura 38. Precipitación máxima diaria media.....	58
Figura 39. Recorrido de evacuación del agua en la pérgola.....	59
Figura 40. Demostración de filtración de agua en la columna.....	62

Figura 41. Datos mecánicos y eléctricos del módulo fotovoltaico.....	63
Figura 42. Datos técnicos del inversor seleccionado.....	64
Figura 43. Objetivo de desarrollo sostenible.....	67
Figura 44. Diseño final de la pérgola.....	68
Figura 45. Plano de detalle de mecanismo de lamas con placa fotovoltaica.....	69
Figura 46. Comprobación del perfil 150x150x5mm.....	77
Figura 47. Comprobación del perfil 200x80x5mm.....	78
Figura 48. Comprobación del perfil 240x50x6mm.....	79
Figura 49. Cálculos fotovoltaicos en Excel.....	114
Figura 50. Configuración de valores máximos y mínimos de inclinación para la orientación de los paneles.....	123
Figura 51. Azimut solar.....	124

1.1.2 Tablas

Tabla 2. Propiedades físicas del aluminio 6063.....	19
Tabla 3. Propiedades mecánicas del aluminio 6063.....	19
Tabla 4. Tolerancias ISO.....	25
Tabla 5. Sobrecargas de uso según categoría del CTE DB SE AE.....	33
Tabla 6. Coeficientes parciales de seguridad para las acciones.....	36
Tabla 7. Coeficientes de simultaneidad.....	37
Tabla 8. Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal (kN/m ²).....	38
Tabla 9. Perfiles dimensionados.....	39
Tabla 10. Datos básicos de los materiales de la estructura.....	44
Tabla 11. Resistencias térmicas superficiales en cerramientos que dan al exterior. (m ² ·K/W).....	45
Tabla 12. Zona climática de Alicante en función de la altitud.....	46
Tabla 13. Azimut.....	51
Tabla 14. Tiempo de activación para zona C3 según orientación y mes.....	51
Tabla 15. Transmitancia total de energía solar para diferentes tipos de vidrio.....	52
Tabla 16. Transmitancia total de energía solar del acristalamiento con y sin protección.....	52
Tabla 17. Selección del promedio de irradiación solar directa y difusa de orientación este.....	54
Tabla 18. Propiedades del aire seco.....	55
Tabla 19. Caudales mínimos de ventilación para locales.....	55
Tabla 20. Coeficientes de cada material.....	60
Tabla 21. Radiación solar por mes y media anual.....	65
Tabla 22. Gasto másico de la pérgola.....	105
Tabla 23. Configuración de la instalación solar de 9 módulos.....	122
Tabla 24. Datos de la instalación.....	122
Tabla 25. Diseño de inclinación.....	123
Tabla 26. Límite de pérdidas en tanto por cien.....	124
Tabla 27. Energía generada kWh/mes y total de año.....	125

1.1.3 Abreviaturas

Abreviatura	Significado
RAE	Real Academia Española
ELS	Estado Límite de Servicio
ELU	Estado Límite Último
CTE	Código Técnico de la Edificación
DB	Documento básico
HE	Ahorro de Energía
SE	Seguridad estructural
AE	Acciones en la edificación
LED	Light Emitting Diode
INOX	Inoxidable
SELL	Sellado
PVC	Policloruro de vinilo
3D	3 dimensiones
SLS	Sinterizado Selectivo por Laser

Tabla 1. Abreviaturas.

1.1.4 Ecuaciones

Ecuación 1. Combinación de acciones más desfavorable.	37
Ecuación 2. Combinación de acciones ELS.	37
Ecuación 3. Deformación máxima permitida.	39
Ecuación 4. Calor que atraviesa una superficie.	43
Ecuación 5. Coeficiente global de transferencia.	43
Ecuación 6. Resistencia térmica total.	44
Ecuación 7. Resistencia térmica de conducción.	44
Ecuación 8. Resistencia térmica de conducción.	44
Ecuación 9. Calor por transmisión.	45
Ecuación 10. Coeficiente de convección.	49
Ecuación 11. Transferencia de calor por irradiación.	51
Ecuación 12. Transmisividad media de las ventanas.	51
Ecuación 13. Transferencia de calor por renovación del aire.	54
Ecuación 14. Perímetro mojado.	59
Ecuación 15. Radio hidráulico.	59
Ecuación 16. Pérdidas por fricción de Hazen-Williams.	60
Ecuación 17. Velocidad del fluido de Robert Manning.	61
Ecuación 18. Caudal.	61
Ecuación 19. Potencia máxima.	65
Ecuación 20. Temperatura mínima alcanzable de las placas.	65
Ecuación 21. Temperatura máxima alcanzable de las placas.	66
Ecuación 22. Voltaje en el punto de máxima potencia.	66
Ecuación 23. Tensión máxima instantánea.	66

2 Antecedentes y objetivos

2.1 Antecedentes

Este proyecto nace de un proyecto mejorable, que la empresa que lo posee, consiguió mejorarlo en su versión 2. El Restaurante La Rana de la localidad de Salinas (empresa familiar de mi padre), posee una pérgola comprada a una empresa (Gaviota Simbac) en la que posteriormente conseguí entrar a trabajar en prácticas. Allí he aprendido muchísimo, he estado con un grupo magnífico de personas y he descubierto toda la ingeniería que poseen sus productos. He aprendido lo que significa una gran empresa y todos sus procesos que ahora describiré. Allí he aprendido sobre miles de cosas, me han enseñado hasta el último rincón de todas las naves de producción, me han enseñado a diseñar, a equivocarme y arreglarlo y a ser mejor persona.

Recapitulando, por aquel entonces, 2021, la pérgola que adquirimos era la llamada 'Climatika', una revolución en el mercado puesto que era la primera en salir de todos los modelos que tienen.

La pérgola se adquiere con el objetivo de dotar al restaurante de un espacio extra con agradables vistas al parque donde este se sitúa. En muchos de los días, esta, cumple su función, pero cuando las condiciones meteorológicas se vuelven adversas se hace compleja su utilización, aunque desde el marketing de esta decían que es 'bioclimática' (Dicho de un edificio o de su disposición en el espacio: Que trata de aprovechar las condiciones medioambientales en beneficio de los usuarios.) según la RAE. Esto tiene parte de razón y es que trata de aprovechar las condiciones meteorológicas en beneficio de los usuarios, aunque no se consiga plenamente dicho beneficio, cosa que, por otro lado, es normal, debido a los materiales que se utilizan y que hacen posible su fabricación a un coste atractivo y competitivo.

En días de lluvia, el agua se filtra al interior si la lluvia es constante, filtrándose por el interior de las vigas huecas que conforman la estructura o incluso por las lamas retráctiles del techo. En días de mucho frío, la pérgola pierde mucho calor a través de sus materiales, estos no consiguen muy bien aislarla y conservar el calor pese a contar en dicho espacio con una estufa de leña y una de pellet. En días de verano el calor es inevitable puesto que el calor es insoportable aun teniendo un eucalipto de unos 6 metros de diámetro proporcionando sombra al entorno. En su defensa, las ventanas abatibles permiten que el aire corra por dentro y quitando las horas de más calor, en algunas horas se puede estar. Pero ahí ya entra el clima mediterráneo y eso no se puede controlar. Aun diciendo todo esto, la utilidad de estas es enorme, se puede aprovechar el 90% de días del año y no deja de ser un producto increíble ya que los números de ventas y facturación de la empresa, así lo reflejan.

2.2 Objetivo

El objetivo de este proyecto es garantizar unas mejoras significativas en la pérgola con la introducción y diseño de placas solares en las lamas, con el cálculo de energía que generan. Además, mejorar la evacuación del agua de lluvia de las vigas y realizar los cálculos estructurales que cumplan con el Eurocódigo correspondiente. En definitiva, en el presente documento se calculará y dimensionarán los perfiles óptimos la estructura/pérgola “Climatika” de la empresa Gaviota Simbac. Cabe destacar que el cálculo estructural y dimensionamiento se realiza en una empresa externa, por tanto, para este proyecto las comprobaciones y cálculos se realizarán únicamente mediante los conocimientos adquiridos en la Universidad Politécnica de Valencia.

En este caso, se calcularán las cargas de viento y nieve y la flecha máxima de los vigas que soportan las lamas (ELS de deformación). También se realizarán los correspondientes cálculos de transferencia de calor, potencia absorbida por las placas solares y el cálculo de la energía generada por estas. Además, se calculará la capacidad de desagüe de la pérgola implementando tuberías de PVC en el interior de las vigas de la pérgola.

El cálculo se realizará según la norma española para persianas exteriores y toldos: UNE EN 13561 y el mencionado Eurocódigo 9 [1]. En todo momento, el cálculo se considerará con la hipótesis de lamas completamente horizontales, es decir, cerradas. También se considerará las hipótesis de ‘huecos en la fachada’ puesto que 3 de las paredes son ventanas correderas que permiten abrirse completamente. Así se establecerán cargas variables de nieve y lluvia y actuarán sobre la deformación de las lamas y la hipótesis de viento considerará todas las variables de aperturas y cierres de ventanas.

En conclusión, se realizarán los correspondientes cálculos estructurales con el techo cerrado, de transferencias de calor, de capacidad de desagüe de la pérgola y de la energía generada por las placas solares. El objetivo es demostrar que, con estas mejoras, la pérgola es más aprovechable y eficiente que antes.

3 Normativa aplicada

- Eurocódigo 9 EN 1999-1-1 2007
- Lamas aluminio extrusión UNE 135321:2013
- Norma UNE 12194 celosías plegables
- Norma UNE EN 13659 persianas y venecianas exteriores
- Norma UNE EN 12600:2003 vidrio para la edificación
- CTE Documentos básicos SE/AE/SUA/HE
- Norma UNE EN 61721 sobre Susceptibilidad de un módulo fotovoltaico (FV) al daño por impacto accidental (resistencia al ensayo de impacto).
- Norma UNE EN 61724 sobre Monitorización de sistemas fotovoltaicos. Guías para la medida, el intercambio de datos y el análisis.
- Norma UNE EN 61725 sobre Expresión analítica para los perfiles solares diarios.
- Norma UNE EN 61727 sobre Sistemas fotovoltaicos (FV). Características de la interfaz de conexión a la red eléctrica.
- Norma UNE EN 61829 sobre Campos fotovoltaicos (FV) de silicio cristalino. Medida en el sitio de características I-V.

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1.997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.
- Real Decreto 486/1997 de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 485/1997 de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.

4 Historia de las pérgolas

El origen de las pérgolas se remonta a la época egipcia, donde los espacios con sombra se valoraban notablemente. Era en aquella época donde se empezaron a construir estructuras similares a las pérgolas en los jardines del antiguo Egipto, donde dotaban de grandes espacios frescos gracias a la estructura creada, así como a enredaderas que las rodeaban que trepaban por los pilares de estas.

Posteriormente, las civilizaciones griegas y romanas adoptaron estas estructuras para los jardines de sus residencias. De esta manera, los filósofos de la antigua Grecia caminaban y discutían bajo la sombra de las pérgolas. Los romanos, por su parte, adoptaron las pérgolas de los griegos y las introdujeron en sus villas y jardines como lugares de relajación.

Siguiendo la línea temporal, el uso de pérgolas se vio frustrado en la Edad Media debido a la influencia del cristianismo, donde se adoptaron más los espacios eclesiásticos. No obstante, el renacimiento hizo resurgir su utilización, especialmente en Italia donde su construcción se caracterizaba por seguir los principios estructurales y decorativos de la época con columnas de piedra ornamentadas y detalles estructurales en forma de arco en los pórticos de esta.

En los posteriores siglos XVII y XVIII las pérgolas sufrieron cambios drásticos en su diseño debido a la época, el Barroco. En esta época, las estructuras adoptaron cantidad de relieves y otros elementos decorativos, creando un juego de luces y sombras. Las columnas se caracterizaban por un diseño muchas veces en forma de espiral, la cual daba sensación de movimiento y dinamismo. También se empezaron a utilizar materiales como hierro forjado además de piedra. Estas pérgolas adoptaron, además, funciones como representaciones teatrales y eventos sociales bajo ellas.



Figura 1. Pérgola de la época del romanticismo.

En el siglo XIX, el romanticismo actuó sobre su diseño, llevando a las pérgolas a un cambio drástico. Se empezaron a utilizar en parques públicos, paseos marítimos y bulevares. Durante esta época las pérgolas se asociaban con la elegancia y sofisticación convirtiéndose en un elemento de decoración clave.

Finalmente, en la actualidad las pérgolas han pegado un salto tecnológico propio de la revolución industrial de la época. Hoy en día se utilizan en viviendas particulares, en lugares de ocio como restaurantes y espacios comerciales. Los materiales son muy variados y van desde la madera, al aluminio o incluso al PVC. Hoy en día cuentan con sistemas retráctiles de lamas que proporcionan más o menos sombra en función del deseo particular del momento o sistemas auto eficientes que pretenden dotar de energía a estas incorporando, por ejemplo, placas solares.

En resumen, las pérgolas han existido desde hace mucho en la historia y su uso siempre ha sido para crear espacios más privados al aire libre acogedores y agradables.

Tipos de pérgolas:

Las pérgolas pueden ser de diferentes tipos, cada una cumpliendo una función y algunas incluso se conservan desde épocas como el Barroco o el romanticismo.

-Pérgolas clásicas. Estas se inspiran en los diseños antiguos mencionados de la antigua Grecia y Roma. Muchas de ellas están en lugares emblemáticos y conservan estas formas para no romper el diseño de ciudades romanas o griegas antiguas como son Roma o Atenas.

Estas se caracterizan por utilizar columnas decorativas y pórticos con formas de arco. Su cerramiento suele ser en forma de cúpula, propio de civilizaciones más antiguas. Sus materiales son desde madera y piedra hasta hierro forjado que se consideran materiales duraderos.



Figura 2. Pérgola clásica.

-Pérgolas de madera. Son muy populares en jardines y patios ya que la madera se integra perfectamente en espacios vegetativos y proporciona una estética cálida y acogedora. Estas pueden hacerse de distintos tipos de madera y suelen estar tratadas para resistir el clima y la humedad. Este tipo de pérgolas suelen ser una gran opción ya que se adaptan a estilos rústicos, clásicos e incluso modernos.



Figura 3. Pérgola de madera.

-Pérgolas metálicas. Son las más aclamadas en la actualidad debido a su gran resistencia y durabilidad. Pueden ser de acero, hierro forjado o aluminio y son utilizadas sobre todo en regiones climáticas más extremas como puede ser España debido a la gran variedad de temperaturas entre verano e invierno. Sus diseños se pueden adaptar a estilos modernos y los más aclamados en la actualidad, los estilos minimalistas.

-Pérgolas adosadas. Las pérgolas adosadas pueden ser cualquiera de las anteriores, pero se apoyan sobre estructuras rígidas como paredes de hormigón. Se utilizan mayoritariamente en viviendas proporcionando una prolongación de la casa, creando una transición suave entre espacios. Estas son ideales para espacios reducidos donde no cabe una pérgola independiente.

-Pérgolas bioclimáticas. Sin duda, la opción más moderna de todas. Están diseñadas para adaptarse a los diferentes climas y entornos, ajustando la cantidad de sol y sombra mediante el sistema de lamas orientables o retráctiles. También suelen contar con sistemas de desagüe o paneles solares haciendo que sean estructuras sostenibles y eficientes en térmicos energéticos.

5 Descripción de la pérgola

La pérgola es un elemento de protección solar principalmente, aunque en este caso se trata de una pérgola bioclimática, que como bien se ha explicado, trata de aprovechar las condiciones medioambientales en beneficio del usuario. Los mecanismos que la hacen bioclimática principalmente son, el techo en forma de lamas retráctiles y las ventanas de cristal correderas.



Figura 4. Pérgola bioclimática actual.

Las lamas son unas láminas de aluminio que, mediante el uso de un mecanismo de casquillo con regleta, permite la rotación de estas gracias al impulso de un motor, para así poder abrir y cerrarlas al gusto del cliente.



Figura 5. Lamas retráctiles.

Las ventanas correderas, de cristal templado de una sola hoja, permiten, mediante unas guías, la apertura y cierre de la estructura como se muestra en la siguiente figura. En el siguiente enlace se muestra dicho mecanismo:

<https://glassbygaviota.com/cerramientos-de-cristal/zoe/>

La pérgola, cuenta con unas dimensiones de 10x5 metros de ancho y 3 metros de altura. Los materiales de la estructura son de aleaciones de aluminio resistentes a la corrosión y con buenas propiedades mecánicas. Los perfiles (vigas) principales de la estructura son de dimensiones 150x150x5 mm, siendo el interior hueco.

Cada pérgola de 4 vigas, conforman un módulo de pérgola, para permitir así el acople de varios módulos y utilizar los metros que se requieran. Por cada 4 vigas, 2 de ellas, evacuarán el agua de lluvia por el interior de la viga, a caída libre hasta el acople de un desagüe subterráneo que facilita la salida del agua de la estructura. La pérgola, además, cuenta con una pequeña inclinación para facilitar el recorrido del agua.

6 Necesidades y planteamiento del problema

Las necesidades son las expuestas en la introducción, los diversos problemas que existen en la pérgola hacen que esta no sea completamente bioclimática, no aprovecha todas las condiciones meteorológicas en beneficio de los usuarios. Por tanto, existe una necesidad de mejora para conseguir aprovechar dichas condiciones. A continuación, se exponen detalladamente cada uno de los problemas a resolver:

-Transmisión de calor en forma de pérdidas: en días de invierno, la pérgola cuenta con 2 estufas que proporcionan calor para los clientes. La transmisión de calor hacia el exterior es el principal problema de confort de la pérgola, puesto que, tanto por las ventanas correderas como por las lamas, se pierde mucho calor.

-Capacidad de desagüe ineficiente: El agua de lluvia, al caer libre, tiende a almacenarse en el interior de las vigas de desagüe puesto que el diámetro de salida de la viga hacia el suelo es menor que el volumen de agua de la viga. Por tanto, al acumularse el agua en el interior de la viga, esta acaba filtrándose por la unión empotrada de la viga al suelo de la pérgola.

-Diseño y acople de placas fotovoltaicas en las lamas: La introducción de placas fotovoltaicas es una necesidad, no un problema. Esto hace que la pérgola sea auto eficiente y así poder aprovechar la energía del sol para el uso de la estufa eléctrica o de la luz de la pérgola.

-Cumplimiento de la normativa del Eurocódigo 9 para la deformación máxima de las vigas: Al introducir más peso en la estructura, como son las placas fotovoltaicas, es posible que los perfiles expuestos en el apartado anterior se deformen más que lo permitido según normativa. Por tanto, si no cumplen, se dimensionarán los perfiles de las vigas perimetrales para que cumpla con el Eurocódigo 9.

7 Proceso de producción de las piezas que componen la pérgola

7.1 Aluminio en la construcción de pérgolas

El aluminio [2] es uno de los materiales con mayor uso en la arquitectura moderna, aunque desde hace siglos se ha utilizado en diversos campos. Se descubrió en la antigua Grecia, aunque no es hasta 1825 cuando el químico danés Hans Christian Oersted quien lo descubrió y lo aisló por primera vez de la bauxita.

Aunque ya los griegos lo utilizaban para fabricar utensilios domésticos y joyas, en el siglo XIX, se descubrió la forma de producirlo en gran cantidad mediante un proceso de electrólisis por Charles Martin Hall y Paul Héroult. Este proceso redujo en gran cantidad su coste de producción y el material se volvió más accesible para el pueblo.

El aluminio se convirtió en el material de moda en la revolución industrial del siglo XX donde se utilizaba desde la fabricación de aviones y automóviles hasta en la construcción de edificios y puentes.

Utilización del aluminio:

El uso de este metal en la industria ha revolucionado sectores como la construcción, la electrónica y la alimentación. En la construcción el aluminio se ha utilizado en la fabricación de puertas, ventanas y fachadas, gracias a sus magníficas propiedades.

En la alimentación, se ha utilizado en muchos envases y latas de bebida por su capacidad de moldeo. En la electrónica se ha utilizado en la fabricación de cables eléctricos y otros componentes, en paneles solares, transformadores o conductores de líneas eléctricas.

Propiedades del aluminio:

Sus propiedades son muchas y gracias a ellas las empresas se decantan por el uso de este material en muchísimos ámbitos.

En primer lugar, el aluminio es un material altamente reciclable, lo que lo dota de atractivo para empresas del mundo contemporáneo que deben cumplir con ciertas medidas ambientales impuestas por la legislación ambiental. Es un material versátil y con gran durabilidad lo que hace que se utilice en la arquitectura moderna.

El aluminio posee gran resistencia a la corrosión y a la intemperie, es ligero y fácil de manejar y moldeable. También posee una alta conductividad térmica y eléctrica, además de acústica. Es un material de bajo peso, pero su relación peso/resistencia es muy buena por lo que muchas constructoras se decantan por el uso de aluminio en

muchos casos antes que el acero, ya que, con un material mucho más barato y ligero, se obtienen valores de resistencia muy altos.

Si hay que buscar alguna desventaja de este material, es su impacto ambiental en la producción del material. La extracción de bauxita y su producción requieren grandes cantidades de energía emitiendo gases de efecto invernadero a la atmosfera. La industria del aluminio no para de trabajar en la mejora de su producción y la reducción de la huella de carbono.

En conclusión, el aluminio ha sido un material revolucionario para la industria y la arquitectura modernas y desde su descubrimiento, ha evolucionado en su producción y en sus aplicaciones haciéndose así, un hueco importante en la construcción de edificios y estructuras. Sin duda, este material será clave en la construcción del futuro.

Aluminio utilizado en la pérgola

El aluminio utilizado es la aleación 6063 T5 o T6, en función de la pieza. Una aleación con mejores propiedades mecánicas que el aluminio normal y además, grandes propiedades frente a la corrosión lo que hacen que esta aleación sea la idónea para una pérgola que va a exponerse a agentes climáticos como el sol o la humedad.

A continuación, sus propiedades físicas y mecánicas [3]:

Propiedades físicas del aluminio 6063	
Densidad	2700 kg/m ³
Punto de fusión	600°C
Módulo de elasticidad	69.5 GPa
Resistencia eléctrica	0.035x10 ⁻⁶ O.m
Conductividad térmica	200 W/m.K
Expansión térmica	23.5 x 10 ⁻⁶ /K

Tabla 1. Propiedades físicas del aluminio 6063.

Propiedades mecánicas	Aleación de aluminio 6063 Suave O	Aleación de aluminio 6063 Suave O	Aleación de aluminio 6063 T6
Prueba de stress		90 Min MPa	170 Min MPa
Fuerza tensil	130 Max MPa	150 Min MPa	241 MPa
Elongación A50 mm	16 Min %	10 Min %	8 Min %
Dureza Brinell	25 HB	50 HB	73 HB
Elongación A	18 Min %	12 Min %	12 Min %

Tabla 2. Propiedades mecánicas del aluminio 6063.

7.2 Procesos de fabricación de las piezas de la pérgola

Inyección

La inyección es un proceso mediante el cual el aluminio fundido se inyecta a alta presión en una máquina inyectora por la cual a través de un molde de inyección se le da la forma deseada a la pieza. Este proceso alcanza incluso los 1000°C dependiendo de la aleación deseada.

En este molde está grabada el negativo de la pieza, llamada cavidad, donde se llenará de aluminio líquido gracias a la alta presión ejercida por el husillo. Este proceso de fabricación permita la producción de piezas con geometrías complejas o con espesores finos y con grandes detalles. Al tratarse de un proceso rápido y eficiente, se puede generar una producción con gran volumen de capacidad.



Figura 6. Máquina de inyección de aluminio.

En cuanto a sus ventajas, las piezas resultantes son ligeras, resistentes y con mejores propiedades mecánicas que en la inyección por gravedad.

Las inyectoras, tanto de plástico como de aluminio se utilizan para fabricar piezas complejas de unión entre las vigas de la pérgola. En concreto, placas de unión o piezas de pequeño tamaño que no están a la vista puesto que están tapadas por embellecedores.

Extrusión

La extrusión es un proceso cada vez más utilizado en las industrias debido a su amplia gama de aplicaciones. Se puede obtener cualquier forma de sección mediante la extrusión y la variedad de matrices que se pueden usar.

La extrusión es un proceso de fabricación que consiste en dar forma a un perfil, en este caso de aluminio mediante la aplicación de presión. Se presiona el material y este adopta la forma de la matriz por la que pasa.



Figura 7. Máquina de extrusión de aluminio.

Entre sus ventajas se encuentran ciclos cortos y de bajo coste. El aluminio, una vez extruido se puede cortar, taladrar, mecanizar, doblar o soldar fácilmente. Por otro lado, las extrusiones de aluminio mantienen la resistencia y flexibilidad bajo carga, soportando deformaciones causadas por el clima o por cargas sobre este.

Sus usos más comunes son para la industria aeronáutica, la industria de transporte, la electrónica, pero sobre todo la industria de la construcción. Se utiliza desde la fabricación de marcos para ventanas hasta balcones y vigas. En este proyecto, en concreto, se utiliza el aluminio extruido para fabricar las columnas y vigas de la estructura, así como otras piezas de unión las cuales posteriormente sufren un proceso de mecanizado o estampado.

Gracias a este proceso, se permite la fabricación de cualquier longitud de viga deseada puesto que, sin ningún problema, el material se puede cortar posteriormente. La extrusión es utilizada para la fabricación de las vigas de la pérgola y de las lamas.

Lacado

El lacado es el proceso mediante el cual una pieza obtiene su acabado final mediante la aplicación de una pintura. Para ello, es necesario tener los materiales y herramientas adecuados, ya sean pinturas y barnices de alta calidad o una máquina con buenos aplicadores de pintura. En el caso de Gaviota, las piezas se lacan con pintura el polvo

mediante la aplicación de un caudal constante de pintura en polvo sobre la pieza. Posteriormente, estas se secan y están listas para la venta o montaje.



Figura 8. Máquina de lacado de perfiles largos propiedad de Gaviota.

Esta máquina permite lacar perfiles largos de extrusión. Ya que piezas tan grandes no se pueden colgar como en otro tipo de lacados en la empresa. A continuación, una muestra de perfiles lacados.

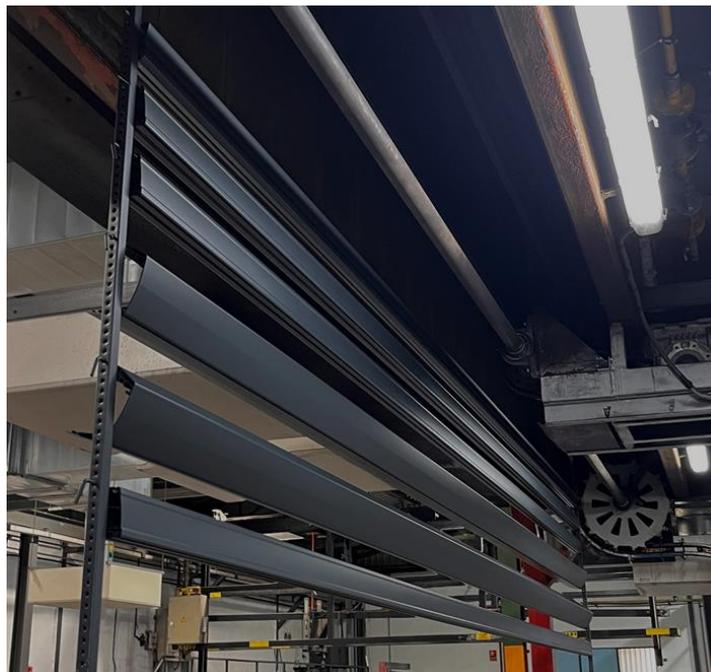


Figura 9. Perfiles de aluminio lacados.

Retrabajos

Una vez fabricadas las piezas, ya sean de inyección o extrusión, estas pasan por un proceso previo de limpieza superficial de imperfecciones generadas en el proceso como pueden ser rebabas o el material que queda en el bebedero. Para combatir estos restos de material, en Gaviota se utilizan 2 métodos de retrabajos y ambos son con la técnica vibrado.

Vibrado:

El proceso de vibrado es útil para eliminar impurezas, aceites u otros contaminantes de la pieza. Es adecuado para piezas con geometrías complejas o huecos inaccesibles. Los equipos de vibración tienen un tanque de limpieza con una solución química para disolver los contaminantes y generan vibración y ultrasonido.

En Gaviota se cuenta con 2 máquinas diferentes de vibración, una que es la mencionada ahora y la otra cuenta con un medio abrasivo, que es generalmente piedras de determinada geometría y tamaño. En función de la pieza a tratar, estas piedras se someterán a unas vibraciones más fuertes o débiles para no provocar efectos adversos como remaches en la pieza.



Figura 10. Proceso de vibrado de piezas mediante un método abrasivo.

Tolerancias

Las tolerancias juegan un papel importantísimo en la fabricación de piezas debido a las siguientes razones:

Precisión y Funcionalidad

En primer lugar, las tolerancias aseguran que las piezas fabricadas encajen y funcionen correctamente dentro de un ensamblaje o sistema mayor. La precisión dimensional es esencial para que las piezas interactúen adecuadamente, evitando problemas como desajustes, holguras excesivas o interferencias que podrían comprometer el desempeño del producto final.

Control de Calidad

Las tolerancias también juegan un papel crucial en el control de calidad. Definir y mantener tolerancias estrictas permite a los fabricantes garantizar que cada pieza producida cumple con las especificaciones necesarias para su correcto desempeño. Esto, a su vez, reduce la tasa de defectos y minimiza la necesidad de reprocesos o ajustes posteriores, lo cual es vital para mantener la integridad del producto y la satisfacción del cliente. En Gaviota, hay un departamento de calidad que controlan e inspeccionan todos los lotes de piezas.

Eficiencia en la Producción

Desde una perspectiva de producción, las tolerancias adecuadamente definidas permiten optimizar los procesos de fabricación. Al conocer las variaciones permitidas en las dimensiones, los ingenieros pueden seleccionar métodos y equipos de producción adecuados que cumplan con estos requisitos, evitando tanto el desperdicio de materiales como el desgaste innecesario de las herramientas. Además, las tolerancias equilibradas pueden ayudar a reducir los tiempos de inspección y los costes asociados al control de calidad.

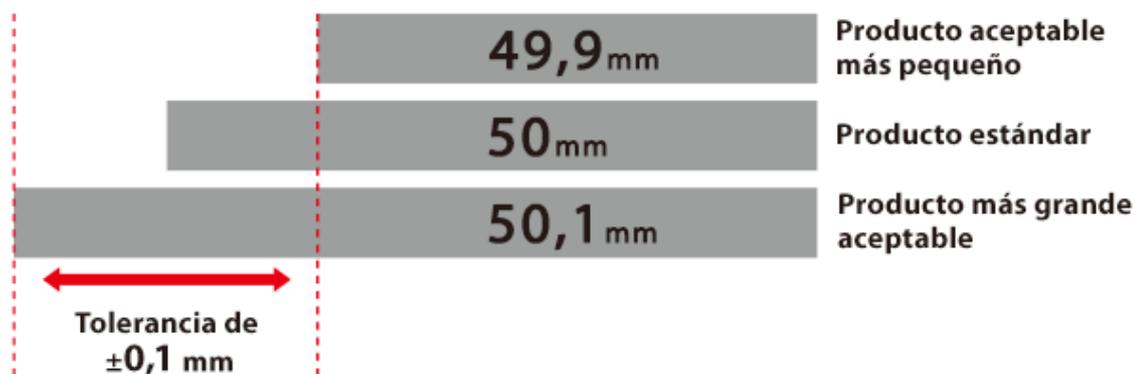


Figura 11. Ejemplo de tolerancias.

Intercambiabilidad y Reemplazo

Otro aspecto importante es la intercambiabilidad. Las tolerancias permiten que piezas fabricadas en diferentes lotes o incluso por diferentes proveedores sean intercambiables. Esto es esencial para la producción en masa y para la facilidad de mantenimiento y reparación de los productos. Si las piezas no fueran fabricadas con tolerancias adecuadas, cada componente sería único, dificultando y encareciendo su reemplazo. En una empresa como Gaviota donde se realiza toda la producción del ensamblaje final, esto es muy importante.

Cumplimiento Normativo

En muchas industrias, el cumplimiento de normas y estándares específicos es obligatorio. Esta norma a seguir (UNE-EN ISO 8062-3) incluye requisitos de tolerancia para garantizar la seguridad, la confiabilidad y la compatibilidad de los productos. Por tanto, adherirse a las tolerancias establecidas no solo es una cuestión de buenas prácticas de ingeniería, sino también una exigencia regulatoria.

TOLERANCIAS FUNDAMENTALES EN MICRAS

Grupos de dim. en mm.		CALIDAD																	
		0,1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
mayor de	hasta																		
0	3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600
3	6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750
6	10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900
10	18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100
18	30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300
30	50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	18	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600
50	80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900
80	120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200
120	180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500
180	250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900
250	315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200
315	400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600
400	500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000

TOLERANCIAS I.S.O.

Tabla 3. Tolerancias ISO.

En resumen, las tolerancias en la fabricación de piezas son esenciales para garantizar la precisión y la funcionalidad, mejorar el control de calidad, optimizar la eficiencia en la producción, asegurar la intercambiabilidad y cumplir con las normativas vigentes. Ignorar la importancia de las tolerancias podría llevar a consecuencias significativas, tanto en términos de costos como de la fiabilidad y seguridad del producto final.

Fabricación de prototipos 3D

Impresión en SLS

La técnica de impresión Sinterizado Selectivo por Laser es la técnica utilizada en Gaviota para fabricar prototipos de posibles piezas como casquillos, tapas o cualquier elemento significativo de la estructura. Esta técnica se utiliza debido a su gran rigidez y permite probarla en ensayos meramente funcionales sin tener que hacer todo el proceso de producción anteriormente visto de una pieza de aluminio.



Figura 12. Impresora SLS.

Esta técnica de impresión 3D utiliza polvo y gracias a un láser se fusionan las capas de materiales para formar una pieza definitiva. Una vez construida una capa, se construirá otra capa encima hasta formar la pieza final. Esta técnica, es la elegida para fabricar piezas que requieran encajes a presión o piezas como articulaciones mecánicas, es decir, piezas que requieran soportar algún tipo de fuerza y pueda permitir la absorción de esta sin llegar a partir durante un periodo de ensayo corto.

8 Solución adoptada

La solución adoptada para evitar los problemas de la pérgola es la implementación de las placas fotovoltaicas y el cálculo de la energía que generan. Gracias a ellas se consigue que la pérgola sea auto eficiente. Para combatir las pérdidas de calor, se instalará lana de vidrio en el interior de las lamas del techo, esto hará su función de aislante, evitando que se pierda parte del calor hacia el exterior como se demostrará en los cálculos del [Anexo II](#). También, se introducirán tuberías de PVC en los pilares de desagüe para poder conducir el agua hacia el exterior de la pérgola. Para ello, la tubería deberá de poder entrar en el interior de las vigas y se justificarán los cálculos en el [Anexo III](#).

Finalmente, con los nuevos elementos, la estructura deberá de cumplir con la normativa, calculando, entre otras, la deformación en la viga perimetral delantera, la cual sostiene el peso de las lamas y de las placas fotovoltaicas, así como cargas variables que se definirán más adelante.

9 Prediseño

En cuanto al diseño de la pérgola de un módulo, estará compuesta por:

- 4 vigas-columna que sostienen una cubierta en voladizo
- 4 vigas que sostienen la cubierta por su perímetro
- 1 cubierta de celosías en forma de lamas retractiles con placas solares a un agua
- 4 empotramientos que asentarán las columnas a la cimentación de hormigón.

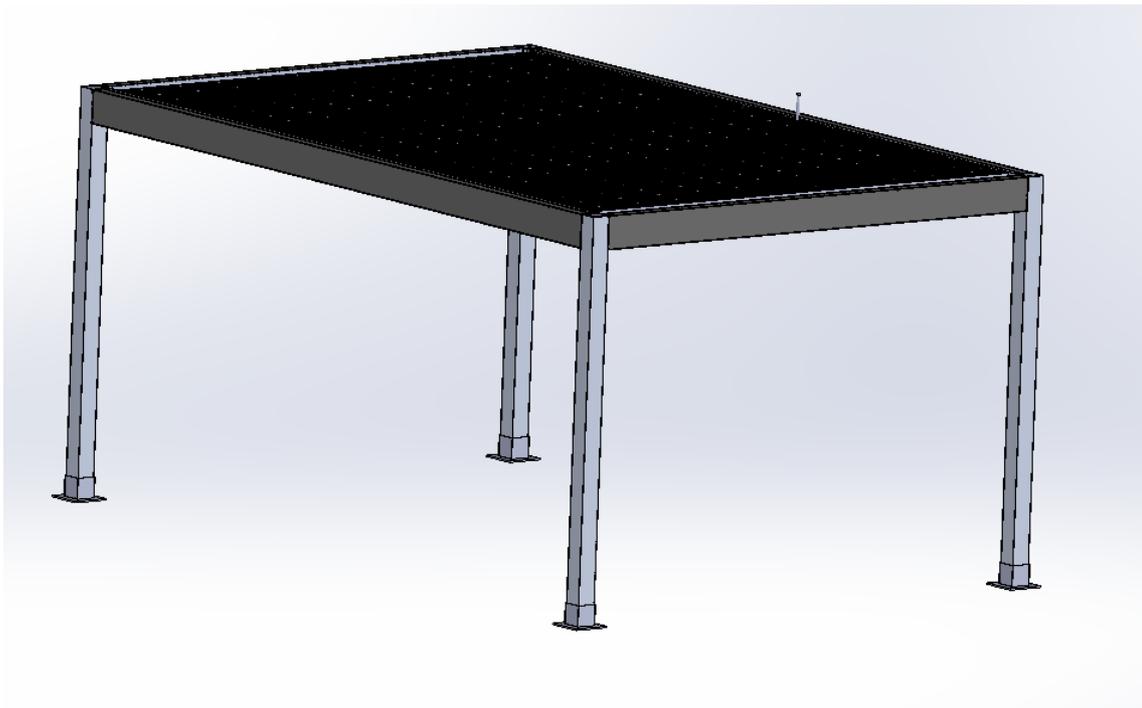


Figura 13. Diseño de pérgola.

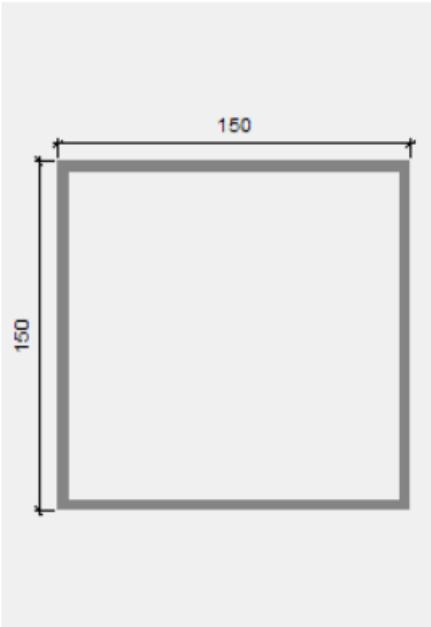
La distancia entre vigas, que constituyen un único pórtico será de 5 metros formando una estructura completamente cuadrada. Se estudiará la deformación de las vigas que sostienen un determinado peso de las placas solares y de las lamas, así como su propio peso y las hipótesis de cargas puntuales como la nieve. Si no se cumple con la deformación que dictamina la normativa, se optará por utilizar otros perfiles de mayores dimensiones. Si sigue sin cumplir, se colocará una viga en mitad de cubierta para poder disminuir la deformación máxima de la viga ya que el peso se dividiría entre la viga de la mitad de cubierta.

La altura de las vigas-columna será de 3 m que es lo que marca la norma. Se deberá de hacer entre 2,5 y 3 m de altura.

Las dimensiones de las vigas son:

- Vigas empotradas a suelo y los que forman los pórticos delanteros y traseros tendrán un perfil cuadrado de prediseño de 150x150x5 mm. Todas las vigas perimetrales serán inicialmente de la misma geometría y medidas.

Propiedades del perfil seleccionado



Dimensión vertical del perfil:	150.0 mm
Dimensión horizontal del perfil:	150.0 mm
Espesor de las chapas verticales:	5.0 mm
Espesor de las chapas horizontales:	5.0 mm
Área:	29.00 cm ²
Inercia a flexión I _{yy} :	1017.42 cm ⁴
Inercia a flexión I _{zz} :	1017.42 cm ⁴
Inercia a torsión:	1526.13 cm ⁴
Área de cortante y:	14.00 cm ²
Área de cortante z:	14.00 cm ²
Módulo de alabeo:	16875000.00 cm ⁶
Módulo plástico Z _{yy} :	157.75 cm ³
Módulo plástico Z _{zz} :	157.75 cm ³

Aceptar

Figura 14. Características del perfil seleccionado en Cype.

Se ha utilizado un perfil de vigas bastante genérico y de gran utilización en la empresa. Muchos modelos de diferentes medidas utilizan perfiles de 150x150 mm, ya sea en vigas perimetrales o en las vigas empotradas.

9.1 Características del entorno

La pérgola se situará dentro de un parque situado en la localidad de Salinas (Alicante). La pérgola se instalará sobre un suelo de hormigón el cual proporcionará la solidez necesaria. En el mismo parque y junto a la pérgola está uno de los eucaliptos más antiguos y grandes de la Comunidad Valenciana.



Figura 15. Eucalipto de grandes dimensiones.

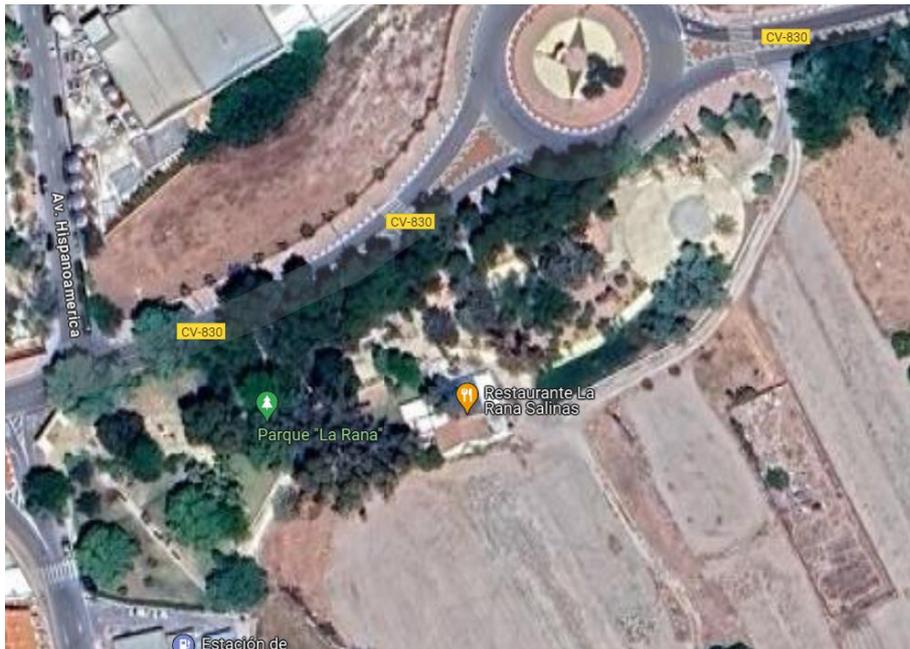


Figura 16. Vista aérea del entorno del parque junto al restaurante.

Como se puede observar, el entorno es seco e industrial, ya que el parque se encuentra rodeado del polígono de la localidad. Sin embargo, este parque posee gran cantidad de árboles.

9.2 Características de las vigas

En este caso, se opta por un diseño cuadrado básico hueco por dentro por 2 razones:

La evacuación del agua se realizará por dentro de los mismos hasta completar la salida del desagüe subterránea. Dejando la viga hueca se ahorra una gran cantidad de material.

En cuanto al material de las vigas, estos serán de aluminio 6063 T5-6, un material utilizado en construcción de pérgolas climáticas en GAVIOTA SIMBAC S.L. Las características del aluminio se han obtenido de un proveedor [4] que proporciona el peso por metro, así como el momento de inercia y el momento estático de dicho perfil hueco que será de forma cuadrada. Las dimensiones de cada viga son de 150 x 150 mm.

Estos vigas, irán empotradas al suelo mediante tornillería, garantizando así mayor firmeza y adhesión al terreno.

En cuanto a las vigas de las paredes laterales, las cuales sujetarán y permitirán la rotación de las lamas, serán inicialmente de esta forma, dejando la parte interior hueca para poder colocar las lamas y el mecanismo de estas. Aunque bien es cierto que, en muchos diseños, estas vigas son rectangulares.



Figura 17. Ejemplo de diseño de pérgola bioclimática con vigas cuadradas de aluminio.

10 Cálculo estructural

El cálculo estructural se realizará en Cype 3D, se comprobará en el [Anexo I](#), que el cálculo manual realizado coincide con el cálculo obtenido con el programa. Si ambos cálculos coinciden y cumplen con el Eurocódigo [1], se habrá obtenido el perfil óptimo para la viga perimetral. El cálculo de esta viga será de la correspondiente a la viga horizontal del pórtico delantero, ya que será una de las que soporta todo el peso de las lamas y de las placas fotovoltaicas.

10.1 Hipótesis de cargas.

Existen diversas acciones que actúan sobre la estructura ya sea siempre, puntual o accidentalmente. Estas acciones son, por ejemplo, el peso propio de la estructura, el viento, la nieve, los sismos, etc. Estas acciones pueden ser, permanentes, si actúan siempre sobre la estructura o variables, que actúan en función de un fenómeno meteorológico o en función del uso de la estructura.

Las acciones permanentes que actuarán sobre la pérgola serán:

- Peso propio de la estructura
- Acciones del terreno

Las acciones variables son:

- Sobrecarga de uso
- Viento
- Acciones térmicas
- Nieve

Las acciones accidentales son:

- Sismos
- Incendios
- Impactos

A continuación, se detallarán todas las acciones que actúan sobre la estructura y se introducirán como acciones en el software de cálculo CYPE 3D.

Peso propio

El peso propio de las lamas dependerá del material a utilizar en ellas. Se buscará un material económico, ligero y resistente para poder soportar todo el peso de las placas solares. En este caso, el material es el mismo que el de la estructura portante, aluminio 6063 T5 o T6, un material que permitirá la introducción de placas solares sobre las propias lamas.

Como se detalla en [5], el valor del peso propio se determinará a través de las dimensiones nominales y pesos específicos medios del material a estudiar.

Por otro lado, el peso propio de las placas solares es de entre 10 y 15 kg/m². En este caso, utilizaremos el valor más bajo, que será de 10 kg/m² o 0,1 kN/m².

Según [5], el valor del peso específico del aluminio es de 27 kN/m³. A continuación, se muestra la tabla que lo define:

Materiales y elementos	Peso específico aparente kN/m ³	Materiales y elementos	Peso específico aparente kN/m ³
Materiales de albañilería		Madera	
Arenisca	21,0 a 27,0	Aserrada, tipos C14 a C40	3,5 a 5,0
Basalto	27,0 a 31,0	Laminada encolada	3,7 a 4,4
Calizas compactas, mármoles	28,0	Tablero contrachapado	5,0
Diorita, gneis	30,0	Tablero cartón gris	8,0
Granito	27,0 a 30,0	Aglomerado con cemento	12,0
Sienita, diorita, pórfido	28,0	Tablero de fibras	8,0 a 10,0
Terracota compacta	21,0 a 27,0	Tablero ligero	4,0
Fábricas		Metales	
Bloque hueco de cemento	13,0 a 16,0	Acero	77,0 a 78,5
Bloque hueco de yeso	10,0	Aluminio	27,0
Ladrillo cerámico macizo	18,0	Bronce	83,0 a 85,0
Ladrillo cerámico perforado	15,0	Cobre	87,0 a 89,0
Ladrillo cerámico hueco	12,0	Estaño	74,0
Ladrillo silicocalcáreo	20,0	Hierro colado	71,0 a 72,5
Mampostería con mortero		Hierro forjado	76,0
de arenisca	24,0	Latón	83,0 a 85,0
de basalto	27,0	Plomo	112,0 a 114,0
de caliza compacta	26,0	Zinc	71,0 a 72,0
de granito	26,0	Plásticos y orgánicos	
Sillería		Caucho en plancha	17,0
de arenisca	26,0	Lámina acrílica	12,0
de arenisca o caliza porosas	24,0	Linóleo en plancha	12,0
de basalto	30,0	Mástico en plancha	21,0
de caliza compacta o mármol	28,0	Poliestireno expandido	0,3
de granito	28,0	Otros	
Hormigones y morteros		Adobe	16,0
Hormigón ligero	9,0 a 20,0	Asfalto	24,0
Hormigón normal ⁽¹⁾	24,0	Baldosa cerámica	18,0
Hormigón pesado	> 28,0	Baldosa de gres	19,0
Mortero de cemento	19,0 a 23,0	Papel	11,0
Mortero de yeso	12,0 a 28,0	Pizarra	29,0
Mortero de cemento y cal	18,0 a 20,0	Vidrio	25,0
Mortero de cal	12,0 a 18,0		

⁽¹⁾ En hormigón armado con armados usuales o fresco aumenta 1 kN/m³

Figura 18. Pesos específicos de materiales principales.

Para averiguar el peso propio de toda la estructura, se necesita saber que peso recae sobre las vigas que soportan el peso de las lamas y de las placas solares. El primer dato que se tiene en cuenta es el peso por metro de las lamas de aluminio y, gracias a la participación en las prácticas de empresa en Gaviota, el valor proporcionado es de 11,34 kg para una lama de 3,4 m. Por tanto, el peso por metro de lama es de 3,335 kg/m.

Con estos datos, el valor del peso propio es de 0,675 kN/m, calculado en el [Anexo I](#).

El último componente que tiene la estructura el cual puede suponer un elemento que consta como peso propio de la estructura es el cerramiento. En este caso, el cerramiento es un panel de vidrio templado de 10 mm de grosor. Si bien este tiene un peso considerable (0,25 kg/cm³), no actúa sobre la estructura como peso portante, pues el vidrio descansa sobre la guía del cerramiento que apoya en el pavimento del terreno.

Sobrecarga de uso

Para definir las sobrecargas de uso, se deberá de definir la categoría de uso de la pérgola. En este caso, las acciones que se van a tener en cuenta van a ser en la cubierta puesto que se estudiará la deformación de las lamas con el peso de las placas solares. Esta cubierta es únicamente accesible para conservación con una inclinación de 10°. Por tanto, se considera una carga uniforme (puesto que las placas se reparten por el total de la superficie de la cubierta) de valor 1 kN/m².

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m ²]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 ⁽¹⁾
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente ⁽²⁾			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación ⁽³⁾	G1 ⁽⁷⁾	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 ⁽⁴⁾⁽⁶⁾	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) ⁽⁶⁾	0,4 ⁽⁴⁾	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

Tabla 4. Sobrecargas de uso según categoría del CTE DB SE AE.

Viento

La acción del viento es una fuerza que actuará en perpendicular a la superficie de la estructura. Esta acción se define con la siguiente ecuación:

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p$$

donde,

q_b es la presión dinámica del viento que se especifica en el anejo D del CTE DB SE AE.

c_e es el coeficiente de exposición que depende de la altura respecto al nivel del mar de la edificación y del grado de aspereza del entorno.

c_p es el coeficiente eólico o de presión que depende de la orientación de la superficie respecto del viento.

El software CYPE 3D, tiene en cuenta todos estos valores en el cálculo de resistencia al viento que se detallará más adelante.

En cuanto a la zona eólica, al encontrarse en el interior de Alicante es la zona B (velocidad del viento 27 m/s o 0,42 kN/m²). El grado de aspereza del entorno es el IV, debido a que la pérgola se encuentra dentro de un pueblo pequeño y en su zona industrial, como se ha detallado en el apartado 6.1.

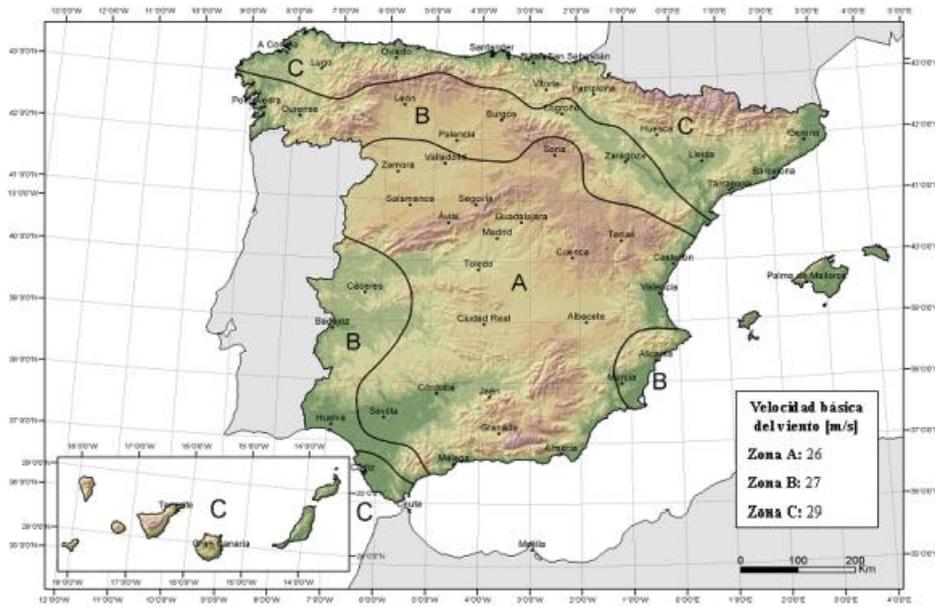


Figura 19. Valor básico de la velocidad del viento, v_e .

Imagen del anejo D del CTE DB SE AE, [5].

En cuanto a los huecos de la estructura, se considerarán la fachada frontal y las 2 laterales como posibles huecos. Ya que esas 3 paredes son de vidrio templado que ya se ha mencionado anteriormente. Únicamente la fachada posterior permanecerá siempre cerrada ya que se trata de una pared de hormigón.

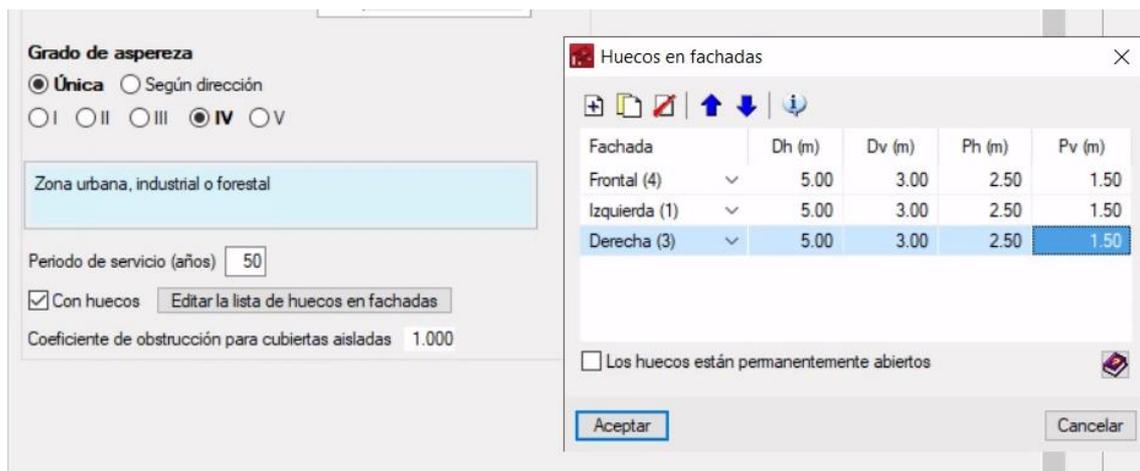
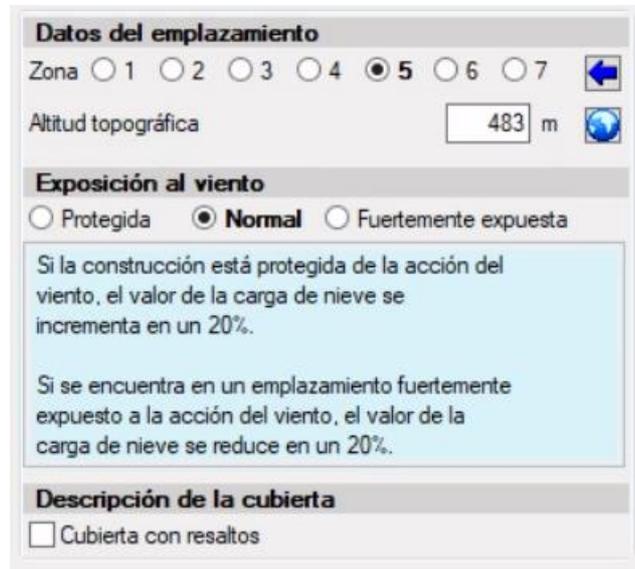


Figura 20. Introducción de datos de viento en Cype.

Nieve

Se han establecido los valores del término municipal de Salinas a excepción de la altitud topográfica, que corresponde expresamente a la del lugar de emplazamiento.



Datos del emplazamiento

Zona 1 2 3 4 5 6 7 

Altitud topográfica m 

Exposición al viento

Protegida Normal Fuertemente expuesta

Si la construcción está protegida de la acción del viento, el valor de la carga de nieve se incrementa en un 20%.

Si se encuentra en un emplazamiento fuertemente expuesto a la acción del viento, el valor de la carga de nieve se reduce en un 20%.

Descripción de la cubierta

Cubierta con resallos

Figura 21. Datos del municipio de Salinas para la nieve introducidos en Cype.

10.2 Comprobación de ELU y ELS

ELU y ELS son las condiciones bajo las cuales la utilización de la estructura no correrá ningún tipo de riesgo, si aplicando cualquiera de estas cargas, la estructura y sus elementos cumplen la normativa expuesta en [1].

ELU es el Estado Límite Último. Es el valor de carga máxima que puede soportar la estructura sin que se produzca un colapso o una deformación irreversible.

ELS es el Estado Límite de Servicio. Es el valor de carga máxima que puede soportar la estructura y sus elementos para permitir el correcto funcionamiento y servicio de la estructura sin que se causen deformaciones excesivas o daños estéticos.

Para realizar correctamente las comprobaciones de cumplimiento de ELU y ELS, se ha de aplicar el punto 4.2.2 de [5], donde se aplicarán distintas combinaciones de acciones, introduciendo los valores de hipótesis de cargas anteriormente vistos. Además, la siguiente tabla muestra los posibles coeficientes parciales para las distintas acciones en función de si son favorables o desfavorables.

Tipo de verificación ⁽¹⁾	Tipo de acción	Situación persistente o transitoria	
		desfavorable	favorable
Resistencia	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,35	0,80
	Empuje del terreno	1,35	0,70
	Presión del agua	1,20	0,90
	Variable	1,50	0
Estabilidad		desestabilizadora	estabilizadora
	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,10	0,90
	Empuje del terreno	1,35	0,80
	Presión del agua	1,05	0,95
	Variable	1,50	0

⁽¹⁾ Los coeficientes correspondientes a la verificación de la resistencia del terreno se establecen en el DB-SE-C

Tabla 5. Coeficientes parciales de seguridad para las acciones.

Estos coeficientes parciales de seguridad se introducirán en la combinación de acciones siguiente, la cual es usada en situaciones persistentes o transitorias, utilizando así los valores de las acciones fijas y variables ya definidos.

4.2.2 Combinación de acciones

- 1 El valor de cálculo de los efectos de las acciones correspondiente a una situación persistente o transitoria, se determina mediante combinaciones de acciones a partir de la expresión

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad (4.3)$$

es decir, considerando la actuación simultánea de:

- a) todas las acciones permanentes, en valor de cálculo ($\gamma_G \cdot G_k$), incluido el pretensado ($\gamma_P \cdot P$);
- b) una acción variable cualquiera, en valor de cálculo ($\gamma_Q \cdot Q_k$), debiendo adoptarse como tal una tras otra sucesivamente en distintos análisis;
- c) el resto de las acciones variables, en valor de cálculo de combinación ($\gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot Q_k$).

Figura 22. Combinación de acciones para situación persistente o transitoria.

4.3.2 Combinación de acciones

- 1 Para cada situación de dimensionado y criterio considerado, los efectos de las acciones se determinarán a partir de la correspondiente combinación de acciones e influencias simultáneas, de acuerdo con los criterios que se establecen a continuación.
- 2 Los efectos debidos a las acciones de corta duración que pueden resultar irreversibles, se determinan mediante combinaciones de acciones, del tipo denominado característica, a partir de la expresión

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad (4.6)$$

Figura 23. Combinación de acciones para acciones simultaneas.

Una vez se observa la *tabla 8* y las distintas combinaciones de acciones, se utilizará la más desfavorable en el cálculo:

$$1,35 G + 1,5 Q_{uso} + 1,5 \cdot 0,5 Q_{nieve}$$

Ecuación 1. Combinación de acciones más desfavorable.

También es importante el cálculo de la ecuación de ELS, puesto que su carga será la utilizada en los cálculos de deformaciones del Anexo I.

$$G + Q_{uso} + Q_{nieve}$$

Ecuación 2. Combinación de acciones ELS.

La carga permanente es el peso propio de las lamas y de las placas solares. En este caso, el peso propio total de las lamas sumando al de las placas es de 27 kg/m³ y 10 kg/m² respectivamente.

El valor de la sobrecarga de uso, anteriormente mencionado será de 1 kg/m², debido a que se trata de una cubierta con inclinación inferior a 10° accesible únicamente para mantenimiento, como se muestra en la tabla 4.

En el caso de la carga de nieve, el coeficiente de simultaneidad es de 0,5 como bien muestra la siguiente tabla:

	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Sobrecarga superficial de uso (Categorías según DB-SE-AE)			
• Zonas residenciales (Categoría A)	0,7	0,5	0,3
• Zonas administrativas (Categoría B)	0,7	0,5	0,3
• Zonas destinadas al público (Categoría C)	0,7	0,7	0,6
• Zonas comerciales (Categoría D)	0,7	0,7	0,6
• Zonas de tráfico y de aparcamiento de vehículos ligeros con un peso total inferior a 30 kN (Categoría E)	0,7	0,7	0,6
• Cubiertas transitables (Categoría F)		(1)	
• Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría G)	0	0	0
Nieve			
• para altitudes > 1000 m	0,7	0,5	0,2
• para altitudes ≤ 1000 m	0,5	0,2	0

Tabla 6. Coeficientes de simultaneidad.

El valor de la carga de nieve, en función de la zona climática vista con antelación, se puede asignar desde la siguiente tabla, en este caso, la altitud topográfica es de 483 m. Puesto que esta carga es la misma entre 400 y 500 m, el valor es de 0,4 kN/m².

Altitud (m)	Zona de clima invernal, (según figura E.2)						
	1	2	3	4	5	6	7
0	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
200	0,5	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
400	0,6	0,6	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2
500	0,7	0,7	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2
600	0,9	0,9	0,3	0,5	0,5	0,4	0,2
700	1,0	1,0	0,4	0,6	0,6	0,5	0,2
800	1,2	1,1	0,5	0,8	0,7	0,7	0,2
900	1,4	1,3	0,6	1,0	0,8	0,9	0,2
1.000	1,7	1,5	0,7	1,2	0,9	1,2	0,2
1.200	2,3	2,0	1,1	1,9	1,3	2,0	0,2
1.400	3,2	2,6	1,7	3,0	1,8	3,3	0,2
1.600	4,3	3,5	2,6	4,6	2,5	5,5	0,2
1.800	-	4,6	4,0	-	-	9,3	0,2
2.200	-	8,0	-	-	-	-	-

Tabla 7. Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal (kN/m²).

Aplicando todas las hipótesis de combinación de acciones, los valores de ELS y ELU son los siguientes:

$$ELU = 3,1612 \text{ kN/m}$$

$$ELS = 2,675 \text{ kN/m}$$

Coefficientes de pandeo

Los coeficientes beta de pandeo son valores que definen, entre otros, la carga crítica de pandeo. Estos valores será necesario utilizarlos correctamente puesto que definirán el valor de la carga crítica de pandeo, lo que afecta directamente a los cálculos realizados en el software Cype 3D.

Para definir estos valores hay que entender el posicionamiento de las vigas y como estas están sujetas a las uniones de la estructura.

Las vigas que hacen función de pilares están biempotradas. Eso quiere decir que están sujetas por ambos extremos de ellas, impidiendo su movimiento en cualquiera de las direcciones. Las vigas perimetrales estarán biapoyadas, ya que su movimiento está impedido en una sola dirección que es en el plano horizontal.

En función de la sujeción de cada viga, se considerará un coeficiente de pandeo u otro, los cuales se pueden obtener en el CTE [5] o directamente, en el programa Cype 3D, asignar los coeficientes a cada viga.

Cálculo de flecha máxima en el centro de la viga horizontal

Según [1], los límites de deformación para vigas y losas bajo cargas de servicio no debe de exceder $L/250$. Para otros elementos que soporten paredes o particiones que pueden ser dañadas el límite será de $L/500$.

Table 5.1 - Design values of initial bow imperfection e_0 / L

Buckling class acc. to Table 3.2	elastic analysis	plastic analysis
	e_0/L	e_0/L
A	1/300	1/250
B	1/200	1/150

(4) For building frames sway imperfections may be disregarded where

$$H_{Ed} \geq 0,15 V_{Ed} \quad (5.4)$$

where:

H_{Ed} is the design value of the horizontal force

V_{Ed} is design value of the vertical force.

(5) For the determination of horizontal forces to floor diaphragms the configuration of imperfections as given in Figure 5.2 should be applied, where ϕ is a sway imperfection obtained from expression (5.2) assuming a single storey with height h , see (3) a).

Figura 24. Valores de diseño de la imperfección inicial del arco.

Para calcular la flecha máxima de deformación, es necesario conocer el módulo de Young y la inercia del aluminio a utilizar. En este caso, el valor L será de 5 metros (5000 mm) y el valor de E lo proporciona un fabricante de perfiles de aluminio como es alu-stock.es, también se pueden obtener de CYPE 3D. El valor de inercia se calcula en el Anexo I.

Los valores a tener en cuenta son:

$$I_{xc} = I_{yc} = 1017,417 \text{ cm}^4$$

$$E = 70000 \text{ N/mm}^2$$

Mediante la Ecuación 3, se calculará la deformación máxima permitida puesto que tiene que ser menor que $L/250$.

$$\frac{5 \cdot q_{ELS} \cdot L^4}{385 \cdot E \cdot I_y} < \frac{L}{250}$$

Ecuación 3. Deformación máxima permitida.

Finalmente, el valor de deformación para el perfil del prediseño es de 30,49 mm, mayor que la deformación máxima permitida, que es 20 mm. Por tanto, no cumple y por ello, se irá modificando la sección de la viga larguero del pórtico para conseguir que su deformación máxima sea menor a la permitida.

Dimensionamiento de perfiles y resultados:

Perfil	Deformación
150x150x5 mm	30,49 mm
200x80x5 mm	23,43 mm
240x50x6 mm	15,457 mm

Tabla 8. Perfiles dimensionados.

Por tanto, el perfil que cumple con la deformación máxima permitida soportando el nuevo peso propio de la estructura con las placas fotovoltaicas es el perfil hueco rectangular de sección 240x50 mm y 6 mm de espesor como queda demostrado en el Anexo I.

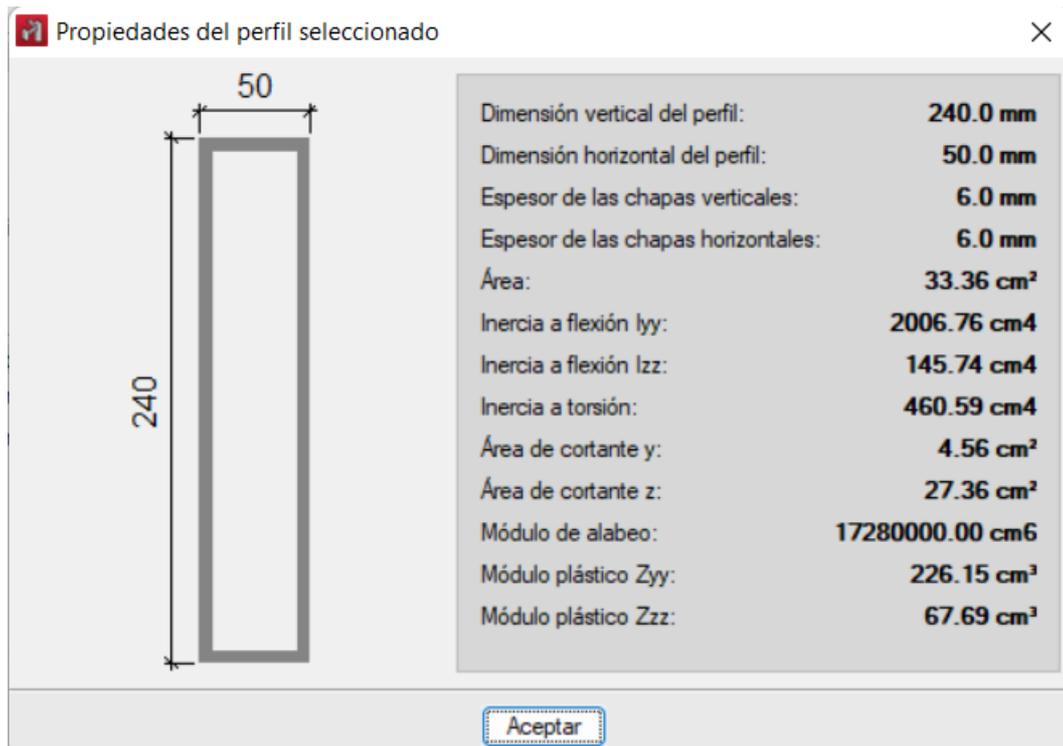


Figura 25. Propiedades del perfil seleccionado en Cype 3D.

Este perfil dobla la inercia del perfil que conforma las vigas de la pérgola. Gracias a ello, permitirá cumplir con la deformación máxima permitida que son 20 mm.

Es importante recalcar, que estos cálculos se han comprobado primero en Cype 3D, obteniendo el perfil correcto. Después, se ha comprobado manualmente cada perfil seleccionado y se ha visto que el cálculo se ha realizado correctamente como se refleja en el [Anexo I](#).

A continuación, se muestra el cálculo manual automatizado en una hoja Excel de las hipótesis de ELU y ELS, así como las hipótesis de cargas calculadas en el [Anexo I](#).

Medidas en SI	N/mm2 o kN/m2	Datos a rellenar			
Geometría de perfil		Peso portante de la viga		Ud	
Ancho	50	Peso propio	0.675	kN/m	
Alto	240	Sobrecarga de uso	1	kN/m	Coefficiente sim. CTE DB SE tabla 4.2
Espesor	6	Nieve	1	kN/m2	0.5
Longitud	5000	Presión agua	0		
		Pretensado terreno	0		
Combinación de acciones		Hipótesis			
$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$		1	$1,35 G + 1,5 Q$		
			2.41125	kN/m	
$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + A_d + \gamma_{Q,1} \cdot \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$		2	$1,35 G + 1,5 Q_{uso} + 1,5 Q_{nieve}$		
			3.16125	kN/m	
$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_d + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$		3	$0,8 G + 1,5 Q$		
			2.04	kN/m	
		4 (ELS)	$G + Q_{uso} + 0,5 Q_{nieve}$		
			2.675	kN/m	

Tabla 4.1 Coeficientes parciales de seguridad (γ) para las acciones			
Tipo de verificación ⁽¹⁾	Tipo de acción	Situación persistente o transitoria	
		desfavorable	favorable
Resistencia	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,35	0,80
	Empuje del terreno	1,35	0,70
	Presión del agua	1,20	0,90
	Variable	1,50	0
Estabilidad		desestabilizadora	estabilizadora
	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,10	0,90
	Empuje del terreno	1,35	0,80
	Presión del agua	1,05	0,95
Variable	1,50	0	

Resultados	max en Val Abs	
ELS	3.16125	kN/m
ELU	2.675	kN/m
M(x) max	6.5859375	kN/m
V(x) max	4.1875	kN

(1) Los coeficientes correspondientes a la verificación de la resistencia del terreno se establecen en el DB-SE-C

Figura 26. Hoja Excel automatizada.

En color salmón, se introducen los datos de geometría del perfil y los datos de las cargas permanentes y variables de la estructura, previamente calculados como se expone en el Anexo I.

Finalmente, los valores de resultados se utilizan para calcular la inercia de la sección, entre otros valores, para que, con la Ecuación 3, se calcule la deformación máxima permitida.

11.1 Cálculo de pérdida de calor por transmisión de calor

El objetivo del cálculo de la transmisión de calor es desear el máximo confort a la pérgola, calculando el calor que atraviesan las superficies para así averiguar si es necesario colocar algún dispositivo de renovación de aire como puede ser un aparato de aire acondicionado además de los dispositivos de calor con los que cuenta actualmente que son una estufa de leña y otra eléctrica de pellet.

El calor que atraviesa cualquier superficie de la vivienda se puede expresar como:

$$q = U \cdot A \cdot (T1 - T2) \text{ [W]}$$

Ecuación 4. Calor que atraviesa una superficie.

- q hace referencia al calor que atraviesa el sistema por unidad de tiempo (W)
- U es el coeficiente global de transferencia de calor del sistema (W/m² · K)
- A es el área que atraviesa el flujo de calor (m²)
- T1 y T2 son las temperaturas en los extremos del sistema

El coeficiente global de transferencia de calor del sistema U también está ligado a la resistencia térmica total del sistema:

$$U = \frac{1}{A \cdot R_{total}}$$

Ecuación 5. Coeficiente global de transferencia.

En primer lugar, se han recopilado una serie de datos característicos de los materiales que componen la estructura. Estos se definen en la siguiente tabla:

Capa (material)	e	Φ (kg/m ³)	Cp (J/kg·k)	λ (W/m·k)	Area (m ²)
Aluminio	5	2700	880	230	25
Vidrio	5	2500	750	1	15 · 3 = 45
Fibra de vidrio	5	2550	840	0.04	25

Tabla 9. Datos básicos de los materiales de la estructura.

El primer paso es calcular la resistencia térmica de cada una de las superficies donde se transmite calor. Para calcular dicho coeficiente de transferencia de calor se divide el espacio en las superficies que compartan la misma resistencia térmica. En este caso, el calor se transmitirá por 2 tipos de superficies, el vidrio de las ventanas abatibles y por las lamas de aluminio reforzadas por fibra de vidrio.

Calculando la resistencia térmica R_T de las ventanas:

$$R_T = R_{\text{conv-1}} + R_{\text{cond-vidrio}} + R_{\text{conv-2}}$$

Ecuación 6. Resistencia térmica total.

La resistencia térmica total de la pared exterior se compone de una resistencia que actúa entre el fluido y la superficie (en este caso la pared exterior) llamada resistencia de convección. Seguidamente, para cada tipo de material se encuentra una resistencia que actúa sobre la superficie del material llamada resistencia de conducción. Mediante la **ley del enfriamiento de Newton** podemos calcular la resistencia de convección entre cualquier fluido y superficie.

$$R_T \text{ convección} = \frac{1}{hc \cdot A}$$

Ecuación 7. Resistencia térmica de conducción.

Para el cálculo de la resistencia de conducción se emplea la **ley de Fourier**:

$$R_T \text{ conducción} = \frac{L}{k \cdot A}$$

Ecuación 8. Resistencia térmica de conducción.

Bien es cierto que mediante la ley del enfriamiento de Newton se puede calcular dicha resistencia, pero en el Documento Básico de Ahorro de Energía se pueden obtener unos valores según el sentido de flujo del calor, su situación en el edificio y la posición del cerramiento. En este caso, el documento de apoyo de dicho documento (DA DB-HE/1) muestra para el tipo de cerramiento que tiene la vivienda a diseñar, los valores de resistencia térmica por convección tanto del interior como del exterior.

Tabla 1 Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior [m²·K/W]

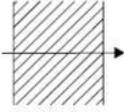
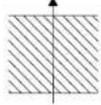
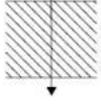
Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor		R _{se}	R _{si}
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal >60° y flujo horizontal		0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal ≤60° y flujo ascendente (techo)		0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente (suelo)		0,04	0,17

Tabla 10. Resistencias térmicas superficiales en cerramientos que dan al exterior. (m²·K/W).

Para el caso de esta pérgola dichos valores serán R_{se}= 0,04 [m²·K/w] Y R_{si}= 0,13 [m²·K/w].

Una vez calculados los valores de resistencias térmicas de conducción y obtenidos de [5] los valores de las resistencias de convección, se calculará el coeficiente de transferencia global para las ventanas y el coeficiente global para el techo. Con el valor del coeficiente global, se deberán obtener datos de temperaturas exterior e interior para calcular la transferencia de calor.

Cálculo de la transmisión de calor

Una vez se han obtenido todos los coeficientes globales de transferencia de calor para cada superficie distinta por la que el calor se puede disipar de la terraza hacia el exterior, se obtienen mediante el uso de la ecuación del calor las transmisiones de calor de cada tipo de cerramiento hacia el exterior.

$$q = U \cdot A \cdot (T_1 - T_2)^*$$

Ecuación 9. Calor por transmisión.

*Las temperaturas T₁ y T₂ se obtienen en el documento del CTE [5] en la sección HE1-condiciones para el control de la demanda energética, en el punto 5 sobre construcción, mantenimiento y conservación se encuentra detallada la temperatura ambiente de 23°C y una humedad relativa del 50%. Este temperatura ambiente correspondería con la temperatura T₁.

En cuanto a la temperatura 2, se obtiene tras una serie de pasos que dependen de la localidad y su posición en el mapa. Dependiendo de la zona climática, el CTE [6] registra una serie de temperaturas durante un largo intervalo de tiempo. Esta temperatura T₂ se puede obtener como el promedio de la temperatura efectiva del cielo. En el documento DB-HE-0 [5] “*Climas de referencia*” se puede obtener cuál es la zona climática de la pérgola, en este caso situada en Salinas, Alicante.

1 Zonas climáticas

- 1 La tabla a-Anejo B permite obtener la *zona climática* (Z.C.) de un emplazamiento en función de su provincia y su altitud respecto al nivel del mar (h):

Tabla a-Anejo B. Zonas climáticas

Provincia	Altitud sobre el nivel del mar (h)																						
	≤ 50 m	51 - 100 m	101 - 150 m	111 - 200 m	201 - 250 m	251 - 300 m	301 - 350 m	351 - 400 m	401 - 450 m	451 - 500 m	501 - 550 m	551 - 600 m	601 - 650 m	651 - 700 m	701 - 750 m	751 - 800 m	801 - 850 m	851 - 900 m	901 - 950 m	951 - 1000 m	1001 - 1050 m	1051 - 1250 m	1251 - 300 m
Albacete	C3								D3								E1						
Alicante/Alacant	B4				C3								D3										

Tabla 11. Zona climática de Alicante en función de la altitud.

Una vez se sitúa la localidad (zona climática C3), se obtiene dicho promedio entre los más de 8000 datos de temperaturas efectivas del cielo. Finalmente, dicha temperatura T2 es igual a 3,795°C.

Con estos valores, el calor de transferencia que pierde la pérgola es la suma del calor perdido por las ventanas y el calor perdido por la zona de las lamas. Este valor es **8366,75W** como se demuestra en el Anexo II. Este valor es muy significativo, significa que la pérgola pierde mucho calor en los meses más fríos del año. En los meses calurosos no es problema ya que se puede ventilar modificando la apertura de los cerramientos.

Ahora bien, el motivo del cálculo es comprobar la mejora de eficiencia energética respecto a la pérgola sin lamas reforzadas con lana de vidrio y con rotura de puente térmico gracias al hueco generado entre las placas solares y las lamas. Estas son las únicas modificaciones posibles y económicas que se les puede realizar a la pérgola como parte aislante.

Cálculo de pérdidas por transferencia de calor con la introducción de lana de vidrio y las placas fotovoltaicas.

Las mejoras implementadas, solo reducen las pérdidas de calor que se producen en el techo. En las ventanas, se podría haber utilizado vidrio templado de doble hoja, pero eso hubiera implicado la modificación de las guías por donde se deben de poder mover las ventanas, así como encarecer el coste final.

Sin embargo, la lana de vidrio no encarece demasiado el coste, las placas fotovoltaicas si, pero lo compensarán con el ahorro de energía.

Ahora, introduciendo la lana de vidrio en la ecuación, la resistencia térmica del techo cambia, como se expresa en el Anexo II. Repitiendo el mismo proceso, el valor de pérdidas de calor por transmisión total, al introducir el aislante térmico es de **6749,97W**.

Se ha reducido bastante el valor de pérdidas de calor, pero no es suficiente para evitar las pérdidas necesarias para mantener el calor dentro de la pérgola.

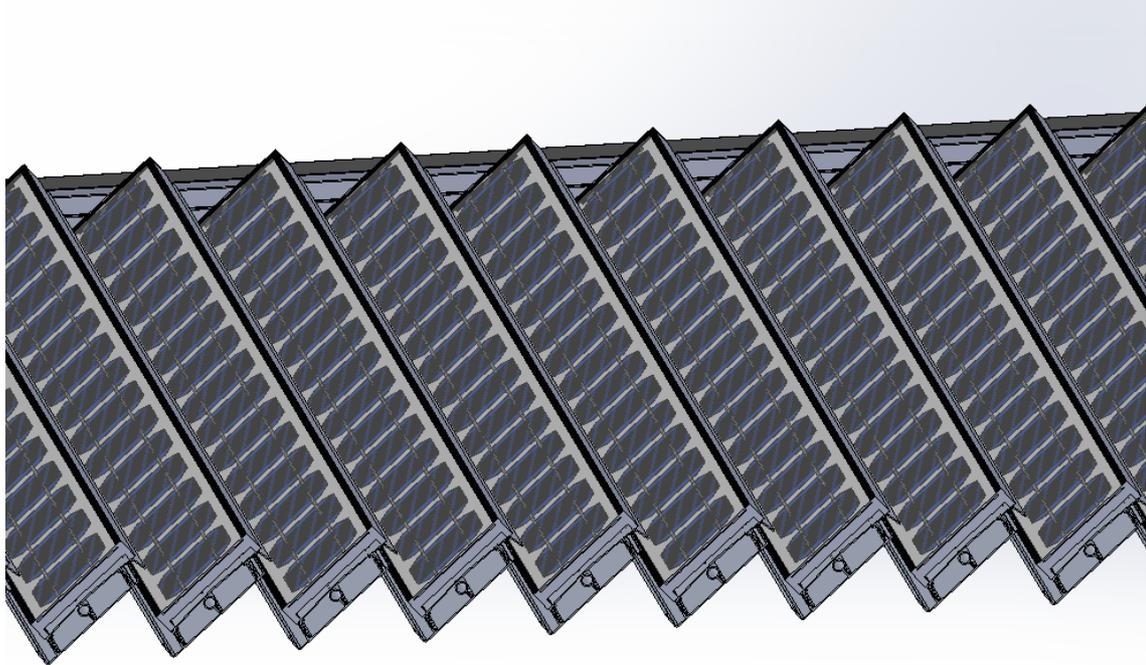


Figura 28. Disposición de placas fotovoltaicas sobre lamas en Solidworks.

Las placas solares se han diseñado de manera que se adapten a la forma de la lama. Esto permite la entrada de aire en posición de apertura además de una mayor recepción del calor ya que se pueden inclinar en función de la incidencia del sol. No obstante, estas no están diseñadas únicamente para poder transformar la energía solar en eléctrica si no que su diseño sobrepuesto en la lama deja un hueco vacío entre la placa solar y la lama lo que reduce considerablemente la transferencia de calor mediante conducción. Por tanto, la transferencia de calor del aluminio será en forma de conducción por el área de esta y en forma de convección por el área que ocupa el aire.

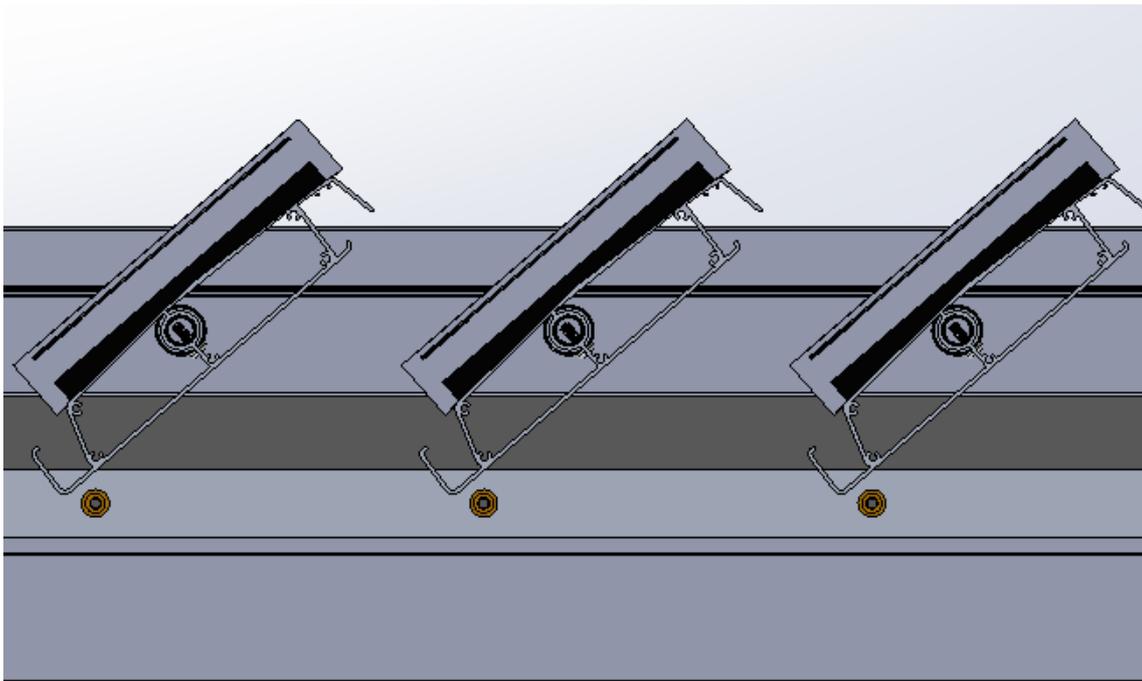


Figura 29. Vista de sección de las lamas y las placas solares.

Como se puede observar, la zona negra es la zona vacía de material por la cual circula el aire.

En primer lugar, se debe de calcular el área del aire y el área de contacto lama-placa solar. Para ello, la forma, diseño y dimensiones de la placa solar son las siguientes:

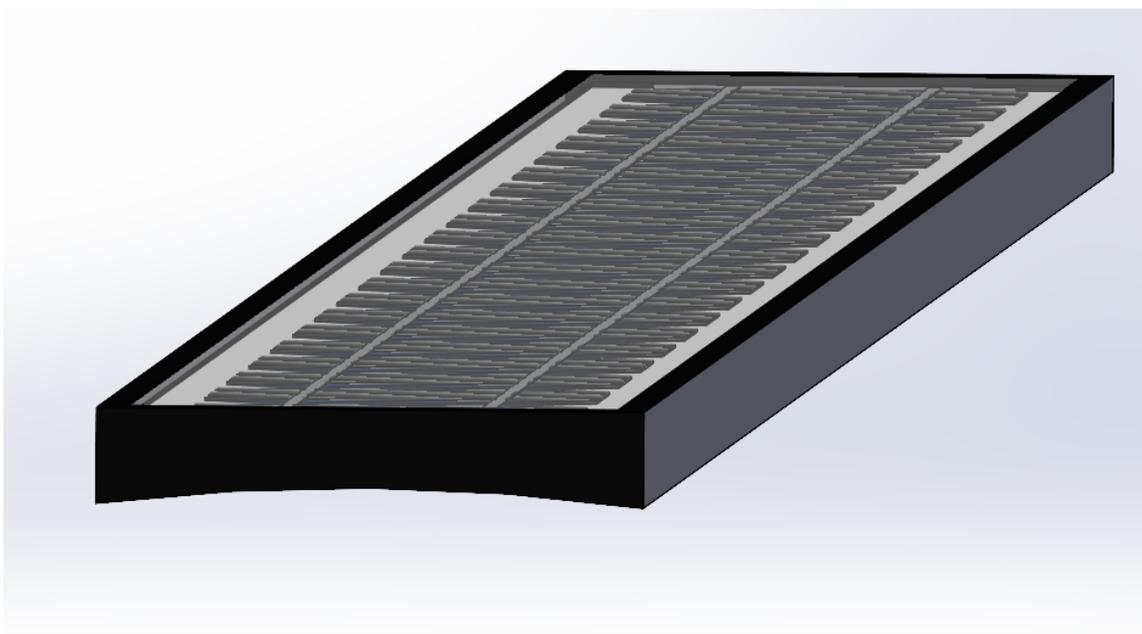


Figura 30. Vista completa de placa fotovoltaica diseñada en Solidworks

Para calcular el área de contacto y el área ocupada por aire se han de tener en cuenta las siguientes medidas:

-Longitud lama/placa: 4,9 m

-Ancho placa: 0,19 m

-Espesor placa (zona de contacto): 10 mm en el largo de la placa y 17,5 mm en el ancho de la placa

-Área de contacto con la lama: $(4900 \cdot 190) - (4880 \cdot 170) = 101400 \text{ mm}^2 \times 26 \text{ placas solares} = 2636400 \text{ mm}^2 = 2,64 \text{ m}^2$

-Área de aire entre lama y placa: $4880 \cdot 170 \cdot 26 = 21569600 \text{ mm}^2 = 21,57 \text{ m}^2$

Para conocer los materiales que atraviesa el calor mediante conducción térmica, se debe de saber cuál es la composición de una placa solar. Esta se compone de una cubierta inferior de PVC, de células fotovoltaicas, que suelen ser materiales semiconductores como el silicio cristalino o el arseniuro de galio. Después tienen una capa posterior de vidrio templado y entre medias de las células suelen tener encapsulantes de EVA. La lista de características de estos materiales se muestra a continuación:

Capa (material)	e	Φ (kg/m ³)	Cp (J/kg·k)	λ (W/m·k)	Area (m ²)
EVA	5	945	2100	0.4	
Vidrio	5	2500	750	1	15 · 3 = 45
Silicio	5				
PVC	2,5	1390	900	0,17	

Figura 31. Propiedades de los materiales de las placas fotovoltaicas.

Se necesita saber el coeficiente de convección 'h' del aire para poder calcular el coeficiente global de transferencia de calor.

$$H_{\text{aire}} = 10 \text{ W/m}^2 \cdot \text{k}$$

Siendo

$$h = \frac{1}{h \cdot A}$$

Ecuación 10. Coeficiente de convección.

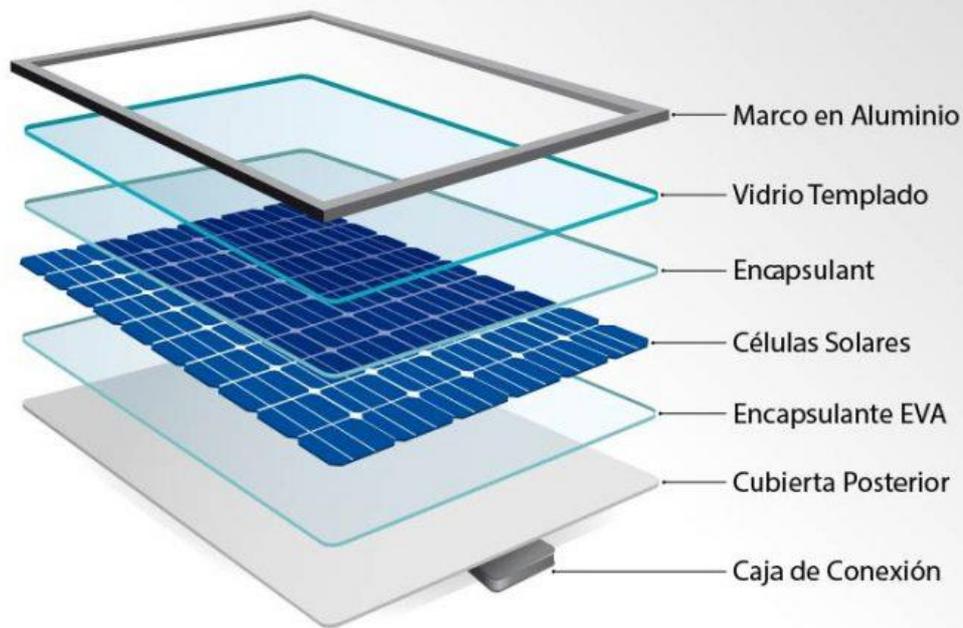


Figura 32. Composición de la placa fotovoltaica.

Una vez se conocen estas áreas y los datos de los materiales de las placas, se volverá a calcular las pérdidas de calor por transmisión:

El nuevo valor de U es:

$$U = \frac{1}{A \cdot R_{total}} = 2,43 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Por tanto, las pérdidas finales por transferencia de calor son:

$$Q_{TOTAL} = Q_{VIDRIO} + Q_{LAMAS} = 4938,18 + 1165,54 = 6103,72 \text{ W}$$

11.2 Cálculo de ganancias de calor por irradiación

Para continuar con las transferencias de calor que se llevan a cabo en la terraza, se debe de tener en cuenta el calor asociado a la radiación solar procedente del exterior, así como la renovación del aire. La radiación solar incidirá a través de los medios translúcidos de la vivienda, es decir, las ventanas, por lo que se obtendrán ganancias de calor. Para esto, se ha tenido en cuenta la posición de salida y puesta del sol, así como la orientación de la vivienda.

En el documento visto anteriormente para zonas climáticas, se puede encontrar también información sobre el azimut solar, el cual indica para cada zona climática (en este caso C3) en qué lado de la casa incide el sol cada hora del día.

La siguiente figura muestra la información de la distribución de la azimut sobre los distintos lados de la terraza, de acuerdo con el CTE [5].



Figura 33. Orientación por grados.

Lado	Azimut solar (α)
Este	$-135^\circ < \alpha < -45^\circ$
Sur	$-45^\circ < \alpha < 45^\circ$
Oeste	$45^\circ < \alpha < 135^\circ$
Norte	$\alpha > 135^\circ / \alpha < -135^\circ$

Tabla 12. Azimut.

Una vez vistas las distribuciones de la azimut, se procede a calcular la primera de las 2 cargas térmicas recientemente mencionadas. Para el cálculo de la radiación solar (contribución energética a la pérgola), se tiene en cuenta de nuevo el CTE, concretamente el documento DB-HE [5] que establece que esta radiación solar se puede calcular como:

$$Q_{sol,m} = g_{gl;wi;m} \cdot A_v \cdot I_{sol,m}$$

Ecuación 11. Transferencia de calor por irradiación.

El primero de los términos ($g_{gl;wi;m}$) representa la transmisividad media de las ventanas, A_v representa el área de las ventanas ya calculada en el apartado anterior y $I_{sol,m}$ (W/m^2) representa la irradiación media que incide sobre las ventanas.

Este valor se obtiene mediante una serie de datos proporcionados por el CTE DB-HE/1 [5] donde se explica el cálculo y la obtención de datos mediante una serie de tablas adjuntado todo a continuación:

$$g_{gl;wi;m} = (1 - f_{sh;with}) \cdot g_{gl;wi} + f_{sh;with} \cdot g_{gl;sh;wi}$$

Ecuación 12. Transmisividad media de las ventanas.

siendo:

Las siguientes tablas muestran los factores de reducción para sombreamientos solares móviles, $f_{sh,with}$, obtenidos para un valor de irradiación de $300 W/m^2$ y para los climas de referencia:

Tabla 15.a Fracción de tiempo de activación de los dispositivos solares móviles por meses y orientaciones, para climas peninsulares, de las Islas Baleares, Ceuta y Melilla ($f_{sh,with}$)

ZC	Orientación	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
C3	E	0,45	0,47	0,54	0,61	0,63	0,69	0,73	0,72	0,69	0,59	0,48	0,37
	S	0,82	0,80	0,73	0,63	0,50	0,53	0,64	0,75	0,85	0,81	0,79	0,81
	O	0,48	0,50	0,54	0,57	0,53	0,65	0,70	0,69	0,67	0,52	0,37	0,34
	N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabla 13. Tiempo de activación para zona C3 según orientación y mes.

$f_{sh;with}$ es la fracción de tiempo con el dispositivo de sombra móvil activado, o factor reductor para sombreamientos solares móviles.

Los valores de la fracción de tiempo de activación se toman en consideración con los meses de invierno, que supuestamente se encenderá el sistema de calefacción. Se puede calcular la fracción de tiempo de activación para cada una de las orientaciones y finalmente, promediando todas ellas en estos meses de invierno (diciembre, enero y febrero), se calcula $f_{sh;with}$ que resulta de un valor de 0,43.

$g_{gl;wi}$ es la transmitancia total de energía solar del acristalamiento sin el dispositivo de sombra móvil activado.

La siguiente tabla muestra valores representativos de la transmitancia total de energía solar de diversos tipos de acristalamiento ($g_{gl;wi}$):

Tipo	$g_{gl;n}$	$g_{gl;wi}$
Vidrio sencillo	0,85	0,77
Vidrio doble	0,75	0,68
Vidrio doble bajo emisivo	0,67	0,60
Vidrio triple bajo emisivo	0,50	0,45
Doble ventana	0,75	0,68

Tabla 14. Transmitancia total de energía solar para diferentes tipos de vidrio.

En este caso $g_{gl;wi}$ vale 0,77 ya que las ventanas están compuestas de vidrio sencillo.

$g_{gl;sh;wi}$ es la transmitancia total de energía solar del acristalamiento con el dispositivo de sombra móvil activado.

Factor de transmitancia solar del dispositivo de protección solar		dispositivos de sombra móvil ($g_{gl;sh;wi}$)							
		Protección exterior				Protección interior			
$T_{e,B}$	Tipo de vidrio	Factor de reflexión ($\rho_{e,B}$)				Factor de reflexión ($\rho_{e,B}$)			
		blanco	pastel	oscuro	negro	blanco	pastel	oscuro	negro
0 (p.ej: persianas)	Vidrio sencillo	0,06	0,11	0,15	0,19	0,34	0,43	0,54	0,66
	Vidrio doble	0,05	0,08	0,11	0,14	0,34	0,43	0,53	0,63
	Vidrio doble bajo emisivo	0,03	0,05	0,08	0,10	0,34	0,42	0,51	0,59
	Vidrio triple bajo emisivo	0,03	0,05	0,06	0,08	0,30	0,34	0,38	0,41

Tabla 15. Transmitancia total de energía solar del acristalamiento con y sin protección.

Como se puede observar, el valor de $g_{gl;sh;wi}$ será de 0 ya que no existe protección exterior de las ventanas.

Una vez obtenidos estos 3 datos, se puede calcular la **transmisividad media de las ventanas** mediante la Ecuación 12:

$$g_{gl;wi;m} = (1 - f_{sh;with}) \cdot g_{gl;wi} + f_{sh;with} \cdot g_{gl;sh;wi} = 0,439$$

Obtenida la transmisividad sólo es necesario calcular la irradiación media que incide sobre las ventanas para así, despejar la ecuación de la radiación solar y obtener el valor de la carga térmica asociada a la energía aportada por la radiación solar.

El cálculo de la irradiación media será totalmente independiente en cada orientación de la vivienda, por lo tanto, existirán 4 valores diferentes que representan cada uno de los puntos cardinales detallados antes en la vivienda. Para ello y como se ha explicado al principio de este apartado, se van a tomar en consideración los más de 8000 datos proporcionados por el documento del DB-HE [6], zona climática C3.

La irradiación solar se puede presentar de 2 formas distintas, puede incidir de forma directa y de forma difusa. Para ello, primero se han seleccionado los valores dependiendo del ángulo de incidencia en la vivienda y clasificándolos según la tabla vista al principio del apartado. Una vez separados los valores, se promedia para cada posición (este, sur, oeste y norte) los valores de la irradiación solar directa y difusa (columnas F y G de la tabla de datos). Cabe destacar el uso de los valores 1, 2 y 12 de la columna A que representan los meses de invierno (diciembre, enero y febrero). En el Anexo II se detalla la forma de calcular estos valores.

A continuación, una pequeña muestra de la selección de los datos:

Irradiación promedia lado este (W/m2)		37.01		Seleccionados los meses 1,2 y 12					
Irradiación promedia lado oeste (W/m2)		35.41							
Irradiación promedia lado sur (W/m2)		0.00							
		Directa	Difusa					Azimet	
12	-0.4	0	0	0.00681	78	1.1	218	0	90
11.5	-0.9	0	0	0.00676	80	0.7	207	0	90
11	-1.5	0	0	0.00662	81	0.5	249	0	90
10.6	-1.9	0	0	0.00666	83	0.8	265	0	90
10.1	-2.4	0	0	0.00654	85	0.8	263	0	90
9.6	-2.9	0	0	0.00655	88	1.1	252	0	90
9.2	-3.3	0	0	0.00652	90	0.8	231	0	90
9.4	-3.1	0	8	0.00653	89	1.7	237	-58.1	89.3
10.7	-1.8	40	60	0.00665	83	1.2	214	-47.5	80.2
12.5	0.1	157	87	0.00686	76	3.1	253	-35.6	72.6
13.7	3.6	116	164	0.00693	71	2.3	50	-22.3	67.1
13.6	5.4	0	141	0.00698	72	2.3	226	-7.4	64.1
13.1	4.9	0	90	0.00695	74	2.7	190	7.4	64.1
12.2	4	0	9	0.00681	77	3.1	58	22.3	67.1
12.2	-0.2	2	105	0.00681	77	2.3	55	35.6	72.6
11.9	-0.6	8	63	0.00677	78	3.8	221	47.5	80.2
11.4	-1.1	0	7	0.00663	79	2.5	36	58.1	89.3
11.2	-1.3	0	0	0.00654	79	2.9	155	0	90
10.9	-1	0	0	0.00649	80	2.1	97	0	90
10.7	-1.2	0	0	0.0064	80	2.1	191	0	90
10.4	-1.6	0	0	0.00628	80	2.1	204	0	90

Figura 34. Selección de datos para promediar la irradiación.

Como se observa, realizando el promedio de las columnas correspondientes a la orientación este y oeste, se obtiene el valor de la irradiación promedia de ambos puntos cardinales. Es importante recalcar la orientación de la estructura, puesto que el lado sur, producirá irradiación 0 debido a que en ese lado no hay ventana si no una pared hormigonada.

Para el lado norte, no existe entrada de sol directa por tanto su valor de irradiación será 0.

Irradiación solar directa			Irradiación solar difusa			Irradiación promedia este
Posición			Posición			
Este	Oeste	Sur	Este	Oeste	Sur	
- 135° ≤ y ≤ - 45°	45° ≤ y ≤ 135	- 45° ≤ y ≤ 45°	- 135° ≤ y ≤ - 45°	45° ≤ y ≤ 135	- 45° ≤ y ≤ 45°	37,01

Tabla 16. Selección del promedio de irradiación solar directa y difusa de orientación este.

Una vez calculadas todas las incógnitas de la fórmula de radiación solar, se pueden obtener los valores de la calor por irradiación solar de la pérgola. Cada uno de esos valores será el mismo que incida en los cerramientos de vidrio de la terraza:

$$Q_{\text{cerramiento_este}} = 37'01 \text{ W}$$

$$Q_{\text{cerramiento_oeste}} = 35'41 \text{ W}$$

$$Q_{\text{cerramiento_sur}} = 0 \text{ W}$$

Estos valores son finalmente los que es capaz de absorber la pérgola en forma de calor, gracias a la radiación solar. Es importante destacar que la cantidad de calor recibida del sol es sobre los cerramientos laterales, es decir, las ventanas. Esto es, debido a que el calor que pueda absorber el techo con las placas fotovoltaicas se aprovecha para generar electricidad.

11.3 Cálculo de pérdidas de calor por renovación del aire

La siguiente carga térmica, como bien se ha explicado es la renovación del aire. Esta se define como la temperatura que se debe aportar para hacer que el aire que entra desde el exterior alcance la temperatura del aire del interior de la zona deseada. Este calor que se debe aportar se define como:

$$Q = m \cdot c_p \cdot (T_f - T_i)$$

Ecuación 13. Transferencia de calor por renovación del aire.

El primer término representa el gasto másico de la sustancia, el segundo hace referencia al calor específico de dicha sustancia y los términos T_f y T_i hacen referencia a la temperatura que ha de alcanzar la sustancia y su temperatura inicial.

T (°C)	ρ (kg/m ³)	c_p (kJ/kg·K)	$\mu \cdot 10^6$ (N·s/m ²)	$\nu \cdot 10^6$ (m ² /s)	$k \cdot 10^3$ (W/m·K)	$\alpha \cdot 10^6$ (m ² /s)	Pr
-150	2.867	0.982	8.64	3.013	11.71	4.157	0.7246
-100	2.039	0.965	11.90	5.835	15.82	8.034	0.7263
-90	1.927	0.975	12.49	6.482	16.62	8.842	0.7330
-80	1.828	0.983	13.07	7.153	17.42	9.692	0.7381
-70	1.738	0.990	13.64	7.850	18.22	10.59	0.7414
-60	1.656	0.995	14.20	8.572	19.01	11.53	0.7433
-50	1.582	0.999	14.74	9.317	19.79	12.52	0.7440
-40	1.514	1.002	15.27	10.08	20.57	13.56	0.7436
-30	1.452	1.004	15.79	10.88	21.34	14.65	0.7425
-20	1.394	1.005	16.30	11.69	22.11	15.78	0.7408
-10	1.341	1.006	16.80	12.52	22.88	16.96	0.7387
0	1.292	1.006	17.29	13.38	23.64	18.17	0.7362
5	1.269	1.006	17.54	13.82	24.01	18.80	0.7350
10	1.247	1.006	17.78	14.26	24.39	19.44	0.7336
15	1.225	1.007	18.02	14.71	24.76	20.08	0.7323
20	1.204	1.007	18.25	15.16	25.14	20.74	0.7309
25	1.184	1.007	18.49	15.61	25.51	21.40	0.7296
30	1.164	1.007	18.72	16.08	25.88	22.08	0.7282
35	1.146	1.007	18.95	16.54	26.25	22.76	0.7268

Tabla 17. Propiedades del aire seco.

Con la esta tabla de propiedades del aire seco a 1 bar de presión, se interpolan los datos entre 10°C y 13.395°C para así obtener los valores de calor específico y densidad deseados.

Tabla 2.1 Caudales mínimos para ventilación de caudal constante en locales habitables

Tipo de vivienda	Caudal mínimo q_v en l/s				
	Locales secos ⁽¹⁾ ⁽²⁾			Locales húmedos ⁽²⁾	
	Dormitorio principal	Resto de dormitorios	Salas de estar y comedores ⁽³⁾	Mínimo en total	Mínimo por local
0 ó 1 dormitorios	8	-	6	12	6

Tabla 18. Caudales mínimos de ventilación para locales.

Del DB-HE [5] también se averigua el caudal mínimo para locales habitables, siendo 6 el valor utilizado ya que se considerará la terraza como una sala de estar ya que está completamente cerrada. Con estos datos y mediante la Ecuación 13, se obtiene unas pérdidas de calor por renovación del aire de **139,37W**. Finalmente, se sumarán las pérdidas y se compararán con la ganancia de calor generada en la pérgola por las 2 estufas.

Cálculo de la potencia generada por las estufas

Para este caso en particular, la terraza cuenta con una chimenea de leña y una estufa de pellet de 2000W de potencia calorífica. Calculando el calor aportado por la chimenea se puede ver si existen pérdidas de calor en los meses fríos.



Figura 36. Chimenea de la terraza.

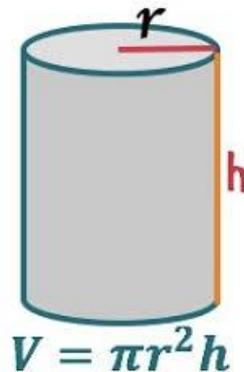


Figura 35. Volumen del cilindro de la chimenea.

En primer lugar, para calcular el calor que desprende la estufa de hierro se necesitan una serie de datos:

- La madera utilizada es madera de encina o carrasca
- La tasa de consumo de madera es aproximadamente 2 kg/h
- La estufa tiene diámetro interior de 20 cm y altura de 80 cm
- La densidad energética de la madera de encina es de 4'3 kWh/kg

Con estos datos, se procede a calcular la potencia, explicada en el [Anexo II](#).

La potencia generada por las estufas es de **7,16 kW**, frente a los **6,17 kW** en pérdidas de calor de la pérgola. Si no se hace uso de la lana de vidrio y no se añaden las placas fotovoltaicas, generando una ruptura de puente térmico entre placas y lamas, la pérgola perdería 8,43 kW de calor, por tanto, no sería posible mantener una buena temperatura en el interior de esta.

12 Cálculo de caudal de desagüe

Uno de los principales problemas expuestos en esta pérgola es la capacidad de desagüe de la pérgola. El desagüe, como se ha explicado anteriormente, se produce en 2 de las vigas pilares a caída libre, pero cuando este no es capaz de evacuar toda el agua de la lluvia, tiende a almacenarse en las lamas del techo y por tanto, como estas no tienen un cierre totalmente hermético, el agua acaba filtrándose dentro del canal de la lama y en días muy lluviosos, cuando se llena acaba por entrar agua al interior de la terraza. Esto se debe a que la boca de salida subterránea del pilar es de un diámetro inferior a la capacidad de volumen de la viga, por tanto, el agua, por inclinación de la pérgola se almacena en la viga esperando la salida subterránea.

Para evitar este problema, se introducirá en el interior de las vigas de desagüe, una tubería de PVC de 2 pulgadas y se realizarán los cálculos para ver si es suficiente o se necesita una más grande. De esta forma, el agua irá conducida en todo momento hacia el desagüe, lo que hará que no se almacene.

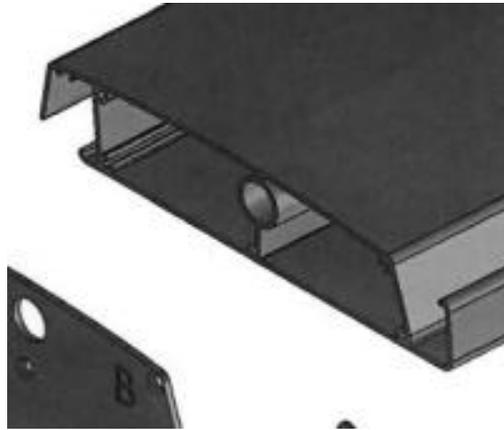


Figura 37. Plano de detalle del canal de la lama.

En este apartado se va a calcular el caudal de desagüe de la pérgola para cada viga. Una vez se calcule, se comparará con la media de litros por metro cuadrado que caen en la zona de la localidad de Salinas en el mes más lluvioso del año según la Agencia Estatal de Meteorología de España [7].

A continuación, se muestra la precipitación media máxima en mm de la zona de Alicante:

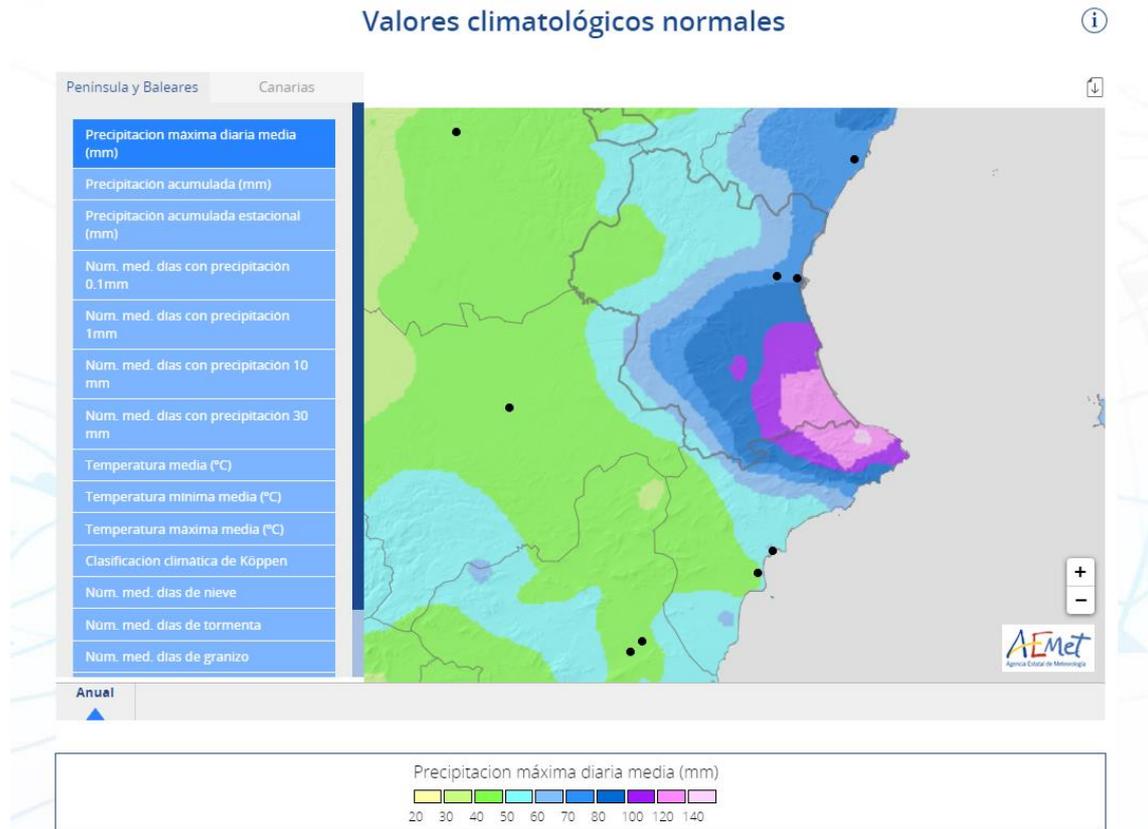


Figura 38. Precipitación máxima diaria media.

Como las precipitaciones que se buscan son en Salinas, localidad de Alicante, se puede localizar cerca de la frontera entre la comunidad de Murcia, la provincia de Albacete y Alicante. Por tanto, la zona es verde y las precipitaciones rondan los 40-50 mm en dicha zona. Por tanto, se tomará como valor 50 mm, para sobredimensionar un poco el cálculo.

Cálculo de caudal de lluvia máximo anual

Como bien se ha explicado, los mm de caudal se van a transformar en caudal (m^3/h) para comprobar que las vigas de desagüe puedan abordar con toda el agua de lluvia.

Para calcular el caudal se necesita convertir los mm en volumen. Multiplicando por el área sobre la que incide la lluvia se puede obtener:

$$V = 0,05 \text{ m} \cdot 25 \text{ m}^2 = 1,25 \text{ m}^3/h$$

Siendo;

$$\text{Área} = A = 5 \text{ m} \cdot 5 \text{ m} = 25 \text{ m}^2$$

$$50 \text{ mm} = 0,05 \text{ m}$$

Por tanto, sobre la pérgola caen $1,25 \text{ m}^3 / h$ en condiciones de precipitación máximas.

Cálculo de la sección transversal y perímetro mojado

Para evitar la caída libre del agua por la sección de la viga, se colocará un embudo y una tubería de PVC para conducir el agua hasta la salida.



Figura 39. Recorrido de evacuación del agua en la pérgola.

En primer lugar, se define lo que es el perímetro mojado y radio hidráulico, 2 conceptos fundamentales para poder abordar el cálculo de salida de caudal.

El radio hidráulico se define como la relación entre el área transversal de la sección por la cual fluye el fluido y el perímetro mojado de dicha sección. En términos más simples, representa la relación entre el área de flujo y la longitud de la línea de contacto entre el fluido y la sección.

Por otro lado, el perímetro mojado será el perímetro del contorno en contacto con el agua. Por tanto, el perímetro mojado se calcula:

$$P = \pi \cdot D$$

Ecuación 14. Perímetro mojado.

Utilizado el perímetro mojado se calcula el radio hidráulico:

$$R = \frac{S}{P}$$

Ecuación 15. Radio hidráulico.

Siendo:

S, sección mojada

P, perímetro mojado

Estos valores se utilizarán para calcular el caudal, como se explica en el [Anexo III](#).

Cálculo de velocidad y caudal del fluido

Para calcular el caudal del fluido máximo que es capaz de soportar las tuberías de PVC, hay que calcular también las pérdidas por fricción de la tubería. Mediante la ecuación de Hazen-Williams [8] se podrá calcular dichas pérdidas.

Hazen-Williams permite calcular bajo 2 premisas las pérdidas por fricción. Estas premisas son, que el fluido se encuentre entre 5°C y 25°C y que el diámetro de la tubería sea mayor de 2 pulgadas. Por tanto, las condiciones de la tubería cumplen con las premisas de la siguiente ecuación:

$$h = 10,674 \cdot \frac{Q^{1,852}}{C^{1,852} \cdot D^{4,871}} \cdot L$$

Ecuación 16. Pérdidas por fricción de Hazen-Williams.

siendo,

h: pérdida de carga

Q: caudal (m³/h)

C: coeficiente de Hazen-Williams

D: diámetro interior de la tubería (mm)

L: longitud de la tubería (m)

Para el cálculo, se utilizará el caudal de agua de lluvia máximo ya expuesto en el apartado anterior (11.1) aunque este caudal se dividirá en 2 ya que la pérgola constará de 2 vigas de desagüe. Por tanto, el caudal Q será: 0,625 m³/h

El coeficiente de Hazen-Williams para el PVC:

Material	Coeficiente de Manning n	Coef. Hazen-Williams C _H	Coef. Rugosidad Absoluta e (mm)
Asbesto cemento	0.011	140	0.0015
Latón	0.011	135	0.0015
Tabique	0.015	100	0.6
Fierro fundido (nuevo)	0.012	130	0.26
Concreto (cimbra metálica)	0.011	140	0.18
Concreto (cimbra madera)	0.015	120	0.6
Concreto simple	0.013	135	0.36
Cobre	0.011	135	0.0015
Acero corrugado	0.022	--	45
Acero galvanizado	0.016	120	0.15
Acero (esmaltado)	0.010	148	0.0048
Acero (nuevo, sin recubrim.)	0.011	145	0.045
Acero (remachado)	0.019	110	0.9
Plomo	0.011	135	0.0015
Plástico (PVC)	0.009	150	0.0015
Madera (duelas)	0.012	120	0.18
Vidrio (laboratorio)	0.011	140	0.0015

Tabla 19. Coeficientes de cada material.

Aunque en el Anexo III se justifique el valor, las pérdidas por fricción se consideran cero puesto que en una tubería de pendiente 90° y de tan solo 3 metros de longitud, las pérdidas son tan pequeñas que el valor se considera cero.

Ahora se utiliza la velocidad del fluido para poder calcular el caudal máximo que puede soportar la tubería y comprobar si cada desagüe es capaz de evacuar la mitad del agua pluvial máxima.

La fórmula de Robert Manning permite calcular la velocidad del fluido:

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

Ecuación 17. Velocidad del fluido de Robert Manning.

Siendo,

n: coeficiente de rugosidad de Manning

R: radio hidráulico

S: pendiente del tubo (%)

Viendo la tabla anterior, n para PVC es 0,009. La pendiente es de 90° por lo que en tanto por cien será de 1.

Una vez calculada la velocidad y sabiendo el área que recorre el fluido, por las 2 pulgadas de la tubería, se calcula el caudal máximo que puede pasar por cada tubería.

$$Q = V \cdot A$$

Ecuación 18. Caudal.

Como se refleja en el Anexo III, el caudal máximo soportado es de 45,62 m³/h, permitiendo evacuar el agua de lluvia obtenida de la AEMET [7]. La diferencia respecto al modelo anterior es que el desagüe anterior de las vigas se realizaba sin tuberías, por lo que este era a caída libre, capaz de evacuar mucho caudal, pero cuando este llegaba a la base empotrada y se reconducía por un desagüe subterráneo de un caudal portante limitado, el agua se acumulaba en el empotramiento de la viga llegando incluso a llenarlo en días muy lluviosos y proporcionaba la filtración de grandes cantidades de agua en el interior de la pérgola.

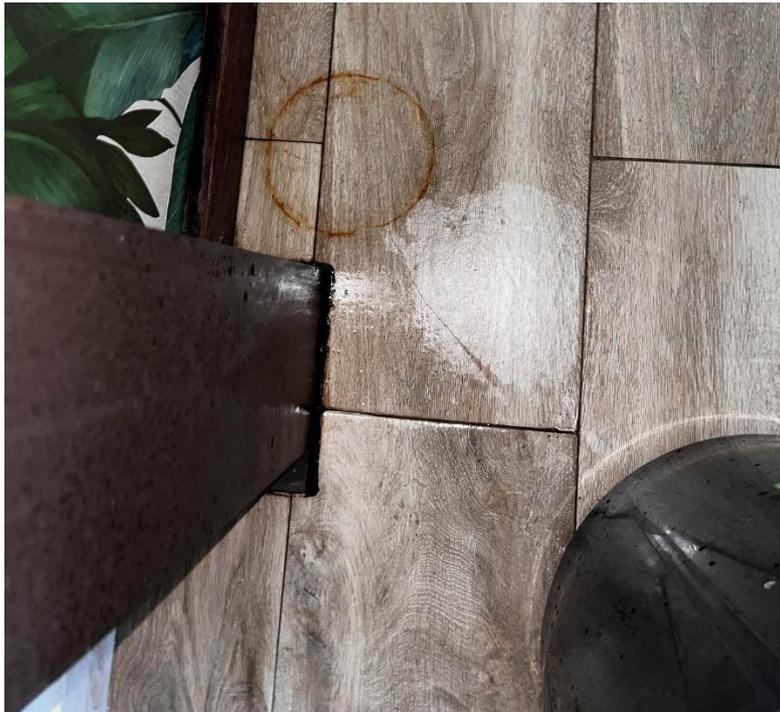


Figura 40. Demostración de filtración de agua en la columna.

En esta imagen se puede observar la filtración de agua por las columnas de desagüe, se puede apreciar el brillo del suelo, así como la marca que ha dejado un objeto que se ha oxidado por el agua de lluvia. Implantar sistemas de drenaje implicaría inversión de coste en ellas, pero sería más eficiente para el cliente.

En resumen, colocar tuberías permite recoger eficientemente el agua de lluvia por las columnas de desagüe y evitar este tipo de problemas.

13 Cálculo de energía generada por las placas fotovoltaicas

13.1 Datos iniciales

La introducción de placas fotovoltaicas pasa por hacer de la pérgola auto eficiente y poder evitar en la cantidad de lo posible gastos de energía en el restaurante. Para ello, lo primero se ha diseñado una placa solar específica para las medidas de las lamas de la pérgola, ya que estas irán sobre cada una de las lamas. Seguidamente, se dan las medidas y datos iniciales de cada placa solar:

Largo = 4900 mm

Ancho = 19 mm

Espesor = 10 mm (zona de las células)

Peso = $0,1 \text{ kN/m}^2 \cdot (4,9 \text{ m} \cdot 0,19 \text{ m}) = 0,0931 \text{ kN} = 9,5 \text{ kg} / \text{placa}$

Cabe destacar que estas medidas serán las diseñadas, pero el cálculo se realizará con las medidas de una placa solar estándar, de un fabricante. Esas medidas, se corresponderán a la misma área total de la pérgola. La diferencia reside en que los cada módulo está subdividido en tamaños de lama.

Se ha seleccionado de un proveedor [9] el panel de 535 W ya que para un espacio de 25 m² caben 9 paneles. Estos paneles se adaptarán a las medidas expuestas.

El panel solar elegido es 'Longi LR5-72HIH-535M'. Un panel con las siguientes características extraídas de su ficha técnica:

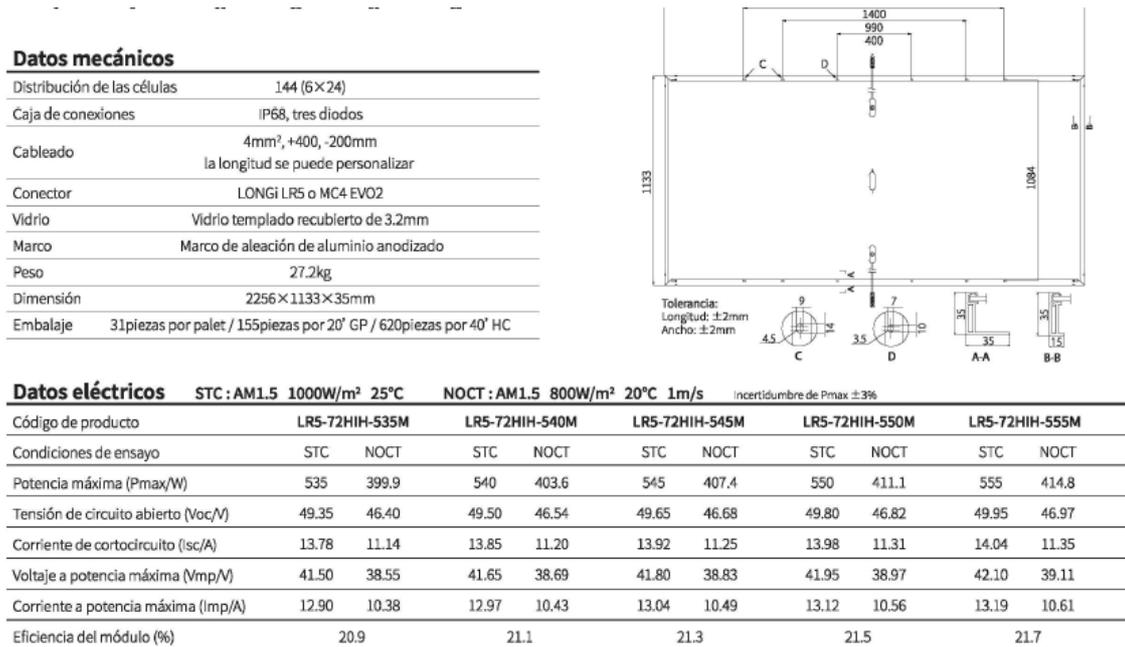


Figura 41. Datos mecánicos y eléctricos del módulo fotovoltaico.

Los módulos instalados son paneles solares monocristalino fabricado con materiales de alta calidad, de características:

Dimensiones:

- Longitud (mm): 2278
- Anchura (mm): 1134
- Altura (mm): 35

Información técnica (1000 W/m², 25°C):

- Potencia máxima (P): 535 W

- Tensión de vacío (VOC): 49.35 V
- Corriente de c.c. (ISC): 13.78 A
- Voltaje máxima potencia (VMPP): 41.5 V
- Corriente máxima potencia (IMPP): 12.9 A
- Eficiencia módulo (%): 20.7 %

Coefficientes de temperatura:

- Coef. T^a P_{Max} (%/°C): -0.34
- Coef. T^a I_{sc} (%/°C): 0.05
- Coef. T^a Voc (%/°C): -0.26
- NOCT (°C): 47

El inversor seleccionado es el 'Fronius Symo 3-7-3-M' con las siguientes características:

DATOS TÉCNICOS FRONIUS SYMO (3.0-3-S, 3.7-3-S, 4.5-3-S, 3.0-3-M, 3.7-3-M, 4.5-3-M)

DATOS DE ENTRADA	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
Número de seguidores MPP	1			2		
Máx. corriente de entrada (I _{dc máx.} 1 l. dc máx. 2 ^l)	16 A			16 A / 16 A		
Máxima corriente de cortocircuito de MPP1 / MPP2 ^{1) 0_{sc} p1} **	31 A			31 A / 31 A		
Rango de tensión de entrada CC (U _{dc mín.} - U _{dc máx.})	150 - 1000 V			150 - 1000 V		
Tensión de puesta en servicio (U _{dc arranque})	200 V			200 V		
Rango de tensión MPP	150 - 800 V			150 - 800 V		
Número de entradas CC	3			2+2		
Máx. salida del generador FV (P _{dc máx.})	6,0 kW _{placa}	7,4 kW _{placa}	9,0 kW _{placa}	6,0 kW _{placa}	7,4 kW _{placa}	9,0 kW _{placa}
DATOS DE SALIDA	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
Potencia nominal CA (P _{ac,23})	3.000 W	3.700 W	4.500 W	3.000 W	3.700 W	4.500 W
Máxima potencia de salida	3.000 VA	3.700 VA	4.500 VA	3.000 VA	3.700 VA	4.500 VA
Corriente de salida CA (I _{ac,23 máx.})	4,3 A	5,3 A	6,5 A	4,3 A	5,3 A	6,5 A
Adecuamiento a la red (rango de tensión)	3-NPE 400 V / 230 V o 3-NPE 380 V / 220 V (+20 % / -30 %)					
Frecuencia (rango de frecuencia)	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)					
Coefficiente de distorsión no lineal	< 3 %					
Factor de potencia (cos φ _{ac,23})	0,70 - 1 ind. / cap.			0,8 - 1 ind. / cap.		
DATOS GENERALES	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)	645 x 431 x 204 mm			645 x 431 x 204 mm		
Peso	16,0 kg			19,9 kg		
Tipo de protección	IP 65			IP 65		
Clase de protección	1			1		
Categoría de sobretensión (CC / CA) ³	2 / 3			2 / 3		
Consumo nocturno	< 1 W			< 1 W		
Concepto de inversor	Sin transformador					
Refrigeración	Refrigeración de aire regulada					
Instalación	Instalación interior y exterior					
Margen de temperatura ambiente	-25 - +60 °C					
Humedad de aire admisible	0 - 100 %					
Máxima altitud	2.000 m / 3.400 m (rango de tensión sin restricciones / con restricciones)					
Tecnología de conexión CC	3 x CC+ y 3 x CC- bornes roscados 2,5 - 16 mm ²			4 x CC+ y 4 x CC- bornes roscados 2,5 - 16mm ²		
Tecnología de conexión principal	5 pines CA bornes roscados 2,5 - 16 mm ²			5 pines CA bornes roscados 2,5 - 16mm ²		
Certificados y cumplimiento de normas	DVE / ÖNORM E 8001-4-712, DIN V VDE 0126-1-1/A1, VDE AR N 4105, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 3100, AS 4777-2, AS 4777-3, CEBR 06-190, G63/2, UNE 206607-1, SI 4777 ¹⁾ , CEI 0-21 ¹⁾ , NRS 097					
País de fabricación	Austria					

Figura 42. Datos técnicos del inversor seleccionado.

Una vez obtenidos los datos del inversor y de la placa fotovoltaica seleccionada para la instalación, se procede a introducir los datos de emplazamiento y cálculos previos al cálculo de energía generada con estos elementos fotovoltaicos.

13.2 Comprobaciones de viabilidad de inversor y placas fotovoltaicas

Datos geográficos y climatológicos

Ciudad: Alicante

Provincia: Alicante

Altitud s.n.m.(m): 3

Longitud (°): 0.12 W

Latitud (°): 38.32

Temperatura mínima histórica (°C): -5

Zona Climática: V

Radiación Solar Global media diaria anual sup. horizontal(MJ/m²): H >= 18

Recurso Fotovoltaico. Número de "horas de sol pico" (HSP) sobre la superficie de paneles (horas/día; G=1000 W/m²), Angulo de inclinación 5 °:

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Año
2.829	3.976	4.599	5.705	6.442	6.981	7.062	6.146	5.199	3.864	2.757	2.277	4.820

Tabla 20. Radiación solar por mes y media anual.

Estos datos son obtenidos al introducirlos en el software Dmlect, en función de la localización.

13.3 Cálculos iniciales y comprobación del inversor

Una vez se tienen todos estos datos, se introducirán en una hoja de Excel los datos iniciales para saber si la tensión que generan las placas solares es mayor que la del inversor. Si esta tensión es menor que la tensión máxima del inversor, se realizarán los cálculos con dicho inversor.

Para ello, se introducen los datos expuestos en el apartado anterior proporcionados por el proveedor [9] de las placas fotovoltaicas y además, los datos expuestos en la *Figura 42* del inversor.

En primer lugar, la temperatura máxima de diseño es de 80°C la mínima de -5°C. Con estos datos, se calcula la temperatura mínima alcanzable y la máxima, así como el voltaje en el punto máxima potencia de estos y la tensión máxima instantánea.

$$P = \frac{\text{Rango de tensión de entrada } CC_{\text{máx}}}{\text{Voltaje máxima potencia } VMPP}$$

Ecuación 19. Potencia máxima.

La temperatura mínima alcanzable se calcula como:

$$T_{\text{min}} = VMPP \cdot (T_{\text{min}} - 25) \cdot \frac{COEF V}{100}$$

Ecuación 20. Temperatura mínima alcanzable de las placas.

Siendo,

coef V (coeficiente de temperatura del voltaje) = -0,34

$$T_{\min} = -10 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Del mismo modo y con $T_{\max} = 80 \text{ }^{\circ}\text{C}$:

$$T_{\max} = VMPP \cdot (T_{\max} - 25) \cdot \frac{COEF V}{100}$$

Ecuación 21. Temperatura máxima alcanzable de las placas.

Para calcular el voltaje en el punto máxima potencia de los paneles y la tensión máxima instantánea:

$$VMP = VMPP \cdot n^{\circ} \text{ de módulos}$$

Ecuación 22. Voltaje en el punto de máxima potencia.

$$V_{\max inst} = 1,2 \cdot VOC \cdot n^{\circ} \text{ de módulos}$$

Ecuación 23. Tensión máxima instantánea.

Una vez realizados los cálculos, se comprueba que los valores de tensión estén entre el rango de tensión de entrada (CC) del inversor. Como estos valores deben estar entre 150 y 1000 V, el inversor es válido para la instalación.

Finalmente, como el inversor es válido se introducirán los datos calculados en Dmelect para poder calcular la energía generada al año por las placas fotovoltaicas ligadas a las lamas. Esto es un valor aproximado ya que, el cálculo se realiza con un módulo seleccionado por sus similares características en tamaño. Ya que, con 9 módulos de este, se cubren los mismos metros cuadrados de techo que los que se han diseñado para la pérgola.

Si que es cierto, que la pérgola tendrá 27 módulos por lo que existirán más pérdidas en la generación de energía.

Por tanto, la energía generada aproximadamente es de **14027,42 kW/año**.

14 Cumplimiento de las ODS

Este proyecto cumple con algunos puntos del Objetivo del Desarrollo Sostenible. Principalmente cumple con los relacionados con el medio ambiente. A continuación, se detallan los puntos que cumple la estructura.



Figura 43. Objetivo de desarrollo sostenible.

- Número 6. Agua limpia y saneamiento
- Número 7. Energía asequible y no contaminante
- Número 8. Trabajo decente y crecimiento económico
- Número 9. Industria, innovación e infraestructura.
- Número 11. Ciudades y comunidades sostenibles.
- Número 12. Producción y consumo responsables.
- Número 13. Acción por el clima.
- Número 15. Vida de ecosistemas terrestres.

15 Presupuesto

El presupuesto se ha generado con el programa Arquímedes, perteneciente al software Cype. Los precios se han obtenido de la misma empresa donde he realizado las prácticas. Algunas piezas nuevas, como las placas fotovoltaicas y el inversor se han obtenido los precios de un proveedor externo. También se ha obtenido el precio de las tuberías de PVC de un proveedor local, al igual que una reducción de diámetro para acoplar la tubería a las vigas.

El motor que activa el movimiento de las lamas se obtiene del fabricante que los vende especialmente diseñados para pérgolas [10]. Por otro lado, la empresa que hormigonó el espacio de la pérgola ha proporcionado la factura. Se utilizó Hormigón seco H25, hierro para la base, fibra de polipropileno, cola y el pavimento.

Finalmente, la tornillería seleccionada, arandelas, casquillos y bulones para sujetar las lamas, se obtienen también de Gaviota.

16 Conclusión

A continuación, se muestra una imagen de la pérgola con las placas solares sobre las lamas. Cabe destacar que el diseño no consta con los cristales de cerramiento ya que en Gaviota Simbac estos se calculan por separado, en una empresa asociada llamada Glass by Gaviota.

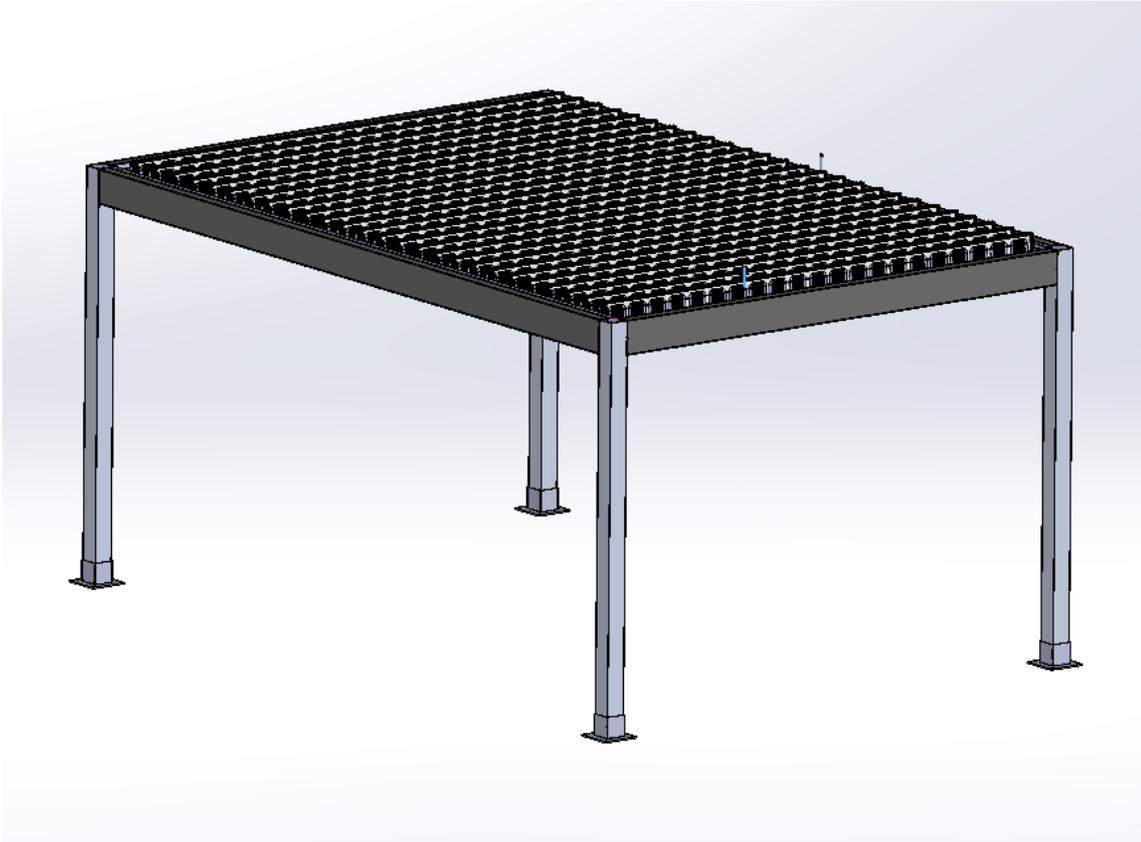


Figura 44. Diseño final de la pérgola.

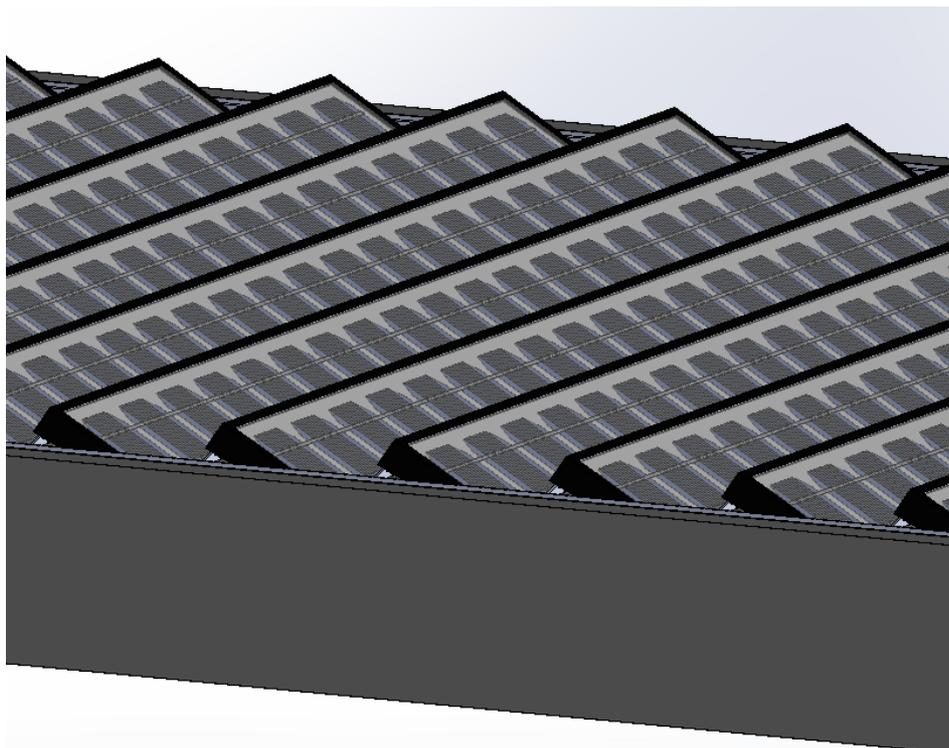


Figura 45. Plano de detalle de mecanismo de lamas con placa fotovoltaica.

Como se observa, la pérgola es de 3 metros en vez de 5, pero la dificultad de cambiar el ensamblaje hace dejar el diseño (simplemente visual) con estas medidas. Aunque parezca simple, la pérgola contiene muchísimas piezas tapadas por embellecedores. Modificar cada pieza para obtener un diseño visual de 5 metros por 5 metros es innecesario puesto que los cálculos estructurales que tienen en cuenta las medidas de la pérgola, en el software Cype, si que se hacen con las medidas escogidas.

Finalmente, y a modo de concluir, se resumen las mejoras adoptadas por la pérgola, demostrando mediante los cálculos expuestos en los anexos, que realmente mejoran el producto:

- Diseño de placas fotovoltaicas adaptadas a las lamas y generación de energía.
- Mejora de la capacidad de desagüe de la pérgola gracias a la reconducción del agua por tuberías.
- Mejora de eficiencia térmica mediante la implementación de lana de vidrio en el interior de las lamas.
- Modificación del perfil de la viga perimetral que sujeta las lamas y las placas solares para que cumpla con la normativa pertinente.

En conclusión, gracias a las mejoras introducidas en la pérgola, esta se ha vuelto mucho más eficiente. Como se puede observar, la introducción de placas solares sobre las lamas intercede en la resistencia de la estructura y gracias a haber modificado el perfil, las comprobaciones realizadas con Cype demuestran que, con el nuevo perfil, se cumple el Eurocódigo 9 [1]. Con respecto a la mejora en eficiencia térmica, se consigue mantener mejor el calor de la pérgola en los meses de invierno, lo cual era un problema para el restaurante ya que a veces, los clientes que disponían de mesas bajo la pérgola cerrada se quejaban por hacer un poco de frío.

Sin duda, la introducción de placas solares es el plato fuerte de la mejora. Introducir un techo completo de placas solares hace evitar un consumo eléctrico de más del 50%. Estas, son el grueso del proyecto ya que es prácticamente el 30% del presupuesto final de obra. Pero las placas son, sin lugar a duda, las grandes culpables de definir esta pérgola como bioclimática.

17 Bibliografía

- [1] AENOR, «Eurocódigo 9,» [En línea]. Available: <https://plataforma.aenormas.aenor.com/>. [Último acceso: 25 07 2024].
- [2] A. T. 2024, «ArquitecturaTecnica,» [En línea]. Available: <https://arquitecturatecnica.net/la-historia-del-aluminio-desde-su-descubrimiento-hasta-la-actualidad/>. [Último acceso: 23 04 2024].
- [3] BroncesVal, «BroncesVal,» [En línea]. Available: <https://www.broncesval.com/>. [Último acceso: 25 06 2024].
- [4] AluStock, «AluStock,» [En línea]. Available: <https://www.alu-stock.es/>. [Último acceso: 17 06 2024].
- [5] C. T. d. I. Edificación, «CTE DB,» [En línea]. Available: <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SE/DBSE-AE.pdf>. [Último acceso: 05 08 2024].
- [6] C. T. d. I. Edificación, «CTE,» [En línea]. Available: <http://cte-web.iccl.es/materiales.php>. [Último acceso: 17 07 2024].
- [7] Aemet, «Aemet,» [En línea]. Available: <https://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos>. [Último acceso: 14 06 2024].
- [8] V. Yepes, «blogs.upv.es,» [En línea]. Available: <https://victoryepes.blogs.upv.es/2022/12/30/formula-de-hazen-williams-para-calculas-las-perdidas-por-friccion-en-tuberias/>. [Último acceso: 24 06 2024].
- [9] Fronius, «Fronius,» [En línea]. Available: <https://www.fronius.com/>. [Último acceso: 20 07 2024].
- [10] S. ideal, «Suministros ideal,» [En línea]. Available: https://www.suministrosideal.es/MOTORES/270538-motor-cross-box-4015-s45---gaviota.html#/dfclassic/query=motor%20cross%20box&session_id=0aa09905533ba81b98b4d07f76f16fd5&query_name=match_or. [Último acceso: 21 07 2024].
- [11] OpenAI, «ChatGPT,» [En línea]. Available: <https://chatgpt.com/>. [Último acceso: 28 07 2024].
- [12] Gobierno, «Sede Electrónica de Catastro,» [En línea]. Available: <https://www.sedecatastro.gob.es/>. [Último acceso: 16 03 2024].
- [13] M. Topográfico, «Topografic-map,» [En línea]. Available: <https://es-es.topographic-map.com/map-svlwb3/Salinas/?center=38.51852%2C-0.90625&zoom=16&popup=38.51937%2C-0.90873>. [Último acceso: 09 04 2024].

ANEXOS

1 Anexo I. Cálculo estructural y comprobación con Cype 3D

1.1 Cálculo del peso propio y de ELU y ELS	73
1.2 Cálculo de cortante y momento flector máximos de la viga	74
1.3 Cálculo de flecha máxima en el centro de la viga	74
1.4 Cálculo de flecha máxima con Cype 3D	76
1.5 Comprobación del cumplimiento del Eurocódigo 9 en Cype 3D	79

1.1 Cálculo del peso propio y de ELU y ELS

Los datos de entrada son los proporcionados en el apartado 10.1:

Peso de placas fotovoltaicas = 10 kg/m^2 o $0,1 \text{ kN/m}^2$

Peso específico del aluminio = 27 kN/m^3

Peso por metro de cada lama = $3,335 \text{ kg/m}$

Por las dimensiones de cada lama y las dimensiones de la pérgola se estima un total de 26 lamas que componen el cerramiento. Para sacar el peso total en kN/m de la estructura se procede de la siguiente manera:

$3,335 \text{ kg/m} \cdot 5 \text{ m} \cdot 26 \text{ lamas} = 433,55 \text{ kg}$ de peso de lamas total

$$433,55 \text{ kg} \cdot \frac{9,81 \text{ N}}{1 \text{ kg}} \cdot \frac{1 \text{ kN}}{1000 \text{ N}} = 4,25 \text{ kN}$$

Como la carga se divide igual a las 2 vigas que soportan el peso de la estructura, ese peso en kN, se divide en 2 y se divide por los 5 metros de ancho para obtener el valor en kN/m.

$$\frac{4,25 \text{ kN}}{2 \cdot 5} = 0,425 \text{ kN/m}$$

El peso de las placas solares ($0,1 \text{ kN/m}^2$) se multiplica por 2,5 m (mitad de longitud) que es el peso por metro de las placas solares sobre cada una de las vigas, es decir, $0,25 \text{ kN/m}$ de peso. Por tanto, el peso propio total sobre las vigas es de $0,675 \text{ kN/m}$.

Una vez se obtienen los datos anteriormente vistos en los apartados 10.1 y 10.2, se obtienen los valores de ELU y ELS. La hipótesis del Estado Límite Último (ELU) queda definida de la siguiente manera:

Peso propio = $0,675 \text{ kN/m}$

SU = 1 kN/m

Nieve = 1 kN/m

Sustituyendo los valores de la Ecuación 1, de peso propio (G), sobrecarga de uso (Quso) y la carga de nieve (Qnieve), se obtiene el siguiente valor:

$$1,35 G + 1,5 Q_{uso} + 1,5 \cdot 0,5 Q_{nieve}$$

$$1,35 \cdot 0,675 + 1,5 \cdot 1 + 1,5 \cdot 0,5 \cdot 1 = 3,16125 \text{ kN/m}$$

Cada coeficiente se ha multiplicado anteriormente en el apartado de hipótesis de cargas (10.1) por 2,5 ya que las cargas se reparten simétricamente hacia cada viga vertical de la estructura. Como esta tiene un pórtico de 5 metros de luz, se dividen 2,5 metros a cada una.

Para el cálculo del Estado Límite de Servicio (ELS), se procederá de la siguiente manera. La hipótesis más desfavorable de las descritas en el apartado 4.3 del CTE DB SE, es la ecuación 2. Calculando:

$$G + Q_{\text{uso}} + Q_{\text{nieve}}$$

$$\text{ELS: } 0,675 + 1 + 1 = 2,675 \text{ kN/m}$$

Con este último valor, se calculará el cortante y momento flector máximos de la viga a estudiar.

1.2 Cálculo de cortante y momento flector máximos de la viga

El cortante y momento máximos se calculan a partir del ELU, siendo los siguientes, los valores máximos:

$$V_{\text{ed}} = \frac{q \cdot l}{2} = \frac{(0,675+1) \cdot 5}{2} = 4,1875 \text{ kN/m}$$

$$M_{\text{ed}} = \frac{q \cdot l^2}{12} = \frac{3,16215 \cdot 5^2}{12} = 6,5859 \text{ kN/m}$$

Estos cálculos se realizan para comprobar los resultados obtenidos con Cype, para evitar errores antes de introducir más datos.

1.3 Cálculo de flecha máxima en el centro de la viga

Para calcular la flecha máxima en el centro de la viga, se procede se la siguiente manera para el perfil seleccionado en el prediseño, en primer lugar:

Perfil 150x150x5mm

Los valores a tener en cuenta son la inercia de la viga en su eje más débil y el Módulo de Young (E). Este se obtiene dependiendo del tipo de material y la inercia se calcula de la siguiente manera:

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} - \frac{(b - 2 \cdot e) \cdot h^3}{12} \cdot \frac{1}{1000} = 1017,41 \text{ cm}^4$$

Siendo:

$$b \text{ (base)} = 150 \text{ mm}$$

$$h \text{ (altura)} = 150 \text{ mm}$$

$$e \text{ (espesor)} = 5 \text{ mm}$$

valores del perfil seleccionado.

$$E = 70000 \text{ N/mm}^2$$

Mediante la Ecuación 3, con el valor de carga ELS calculado con la Ecuación 2, se obtiene la deformación máxima de la viga:

$$\frac{5 \cdot q_{ELS} \cdot L^4}{385 \cdot E \cdot I_y} < \frac{L}{250}$$

$$\text{Desarrollando: } \frac{5 \cdot 2,675 \cdot 5000^4}{385 \cdot 70000 \cdot 1017,41 \cdot 10^4} = 30,49 > 20 \text{ mm}$$

No cumple.

Como no cumple, en el anejo de cálculos se expondrá el dimensionamiento de la viga para conseguir que cumpla.

Perfil 200x80x5mm

Los valores a tener en cuenta son la inercia de la viga en su eje más débil y el Módulo de Young (E). Este se obtiene dependiendo del tipo de material y la inercia se calcula de la siguiente manera:

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} - \frac{(b - 2 \cdot e) \cdot h^3}{12} \cdot \frac{1}{1000} = 1332,25 \text{ cm}^4$$

Siendo:

b (base) = 180 mm

h (altura) = 60 mm

e (espesor) = 4 mm

valores del perfil seleccionado.

E = 70000 N/mm²

Mediante la Ecuación 3, con el valor de carga ELS calculado con la Ecuación 2, se obtiene la deformación máxima de la viga:

$$\frac{5 \cdot q_{ELS} \cdot L^4}{385 \cdot E \cdot I_y} < \frac{L}{250}$$

$$\text{Desarrollando: } \frac{5 \cdot 2,675 \cdot 5000^4}{385 \cdot 70000 \cdot 1332,25 \cdot 10^4} = 23,28 > 20 \text{ mm}$$

No cumple.

Como no cumple, en el anejo de cálculos se expondrá el dimensionamiento de la viga para conseguir que cumpla.

Perfil 240x50x6mm

Los valores a tener en cuenta son la inercia de la viga en su eje más débil y el Módulo de Young (E). Este se obtiene dependiendo del tipo de material y la inercia se calcula de la siguiente manera:

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} - \frac{(b - 2 \cdot e) \cdot h^3}{12} \cdot \frac{1}{1000} = 2006,75 \text{ cm}^4$$

Siendo:

b (base) = 240 mm

h (altura) = 50 mm

e (espesor) = 6 mm

valores del perfil seleccionado.

$E = 70000 \text{ N/mm}^2$

Mediante la Ecuación 3, con el valor de carga ELS calculado con la Ecuación 2, se obtiene la deformación máxima de la viga:

$$\frac{5 \cdot q_{ELS} \cdot L^4}{385 \cdot E \cdot I_y} < \frac{L}{250}$$

$$\text{Desarrollando: } \frac{5 \cdot 2,675 \cdot 5000^4}{385 \cdot 70000 \cdot 2006,75 \cdot 10^4} = 15,46 < 20 \text{ mm}$$

Cumple.

El perfil seleccionado es el último calculado. A continuación, se comprobará en Cype 3D, si los cálculos realizados son correctos al compararlos con los resultados de Cype 3D.

1.4 Cálculo de flecha máxima con Cype 3D

En el apartado anterior se ha calculado la deformación de la viga que conforma el pórtico delantero. Para ello, el método de trabajo será aplicar las cargas expuestas de la introducción de datos como peso propio, sobrecargas de uso, viento o nieve. Después se calcularán teniendo en cuenta siempre la normativa de código estructural CTE, el cortante y momento flector máximo del dintel y posteriormente las hipótesis ELU y ELS. Finalmente se calculará la deformación de la viga, se comprobará que cumple con la norma y que coincide con los cálculos realizados previamente con el software CYPE 3D.

Cabe destacar que los cálculos se realizan primero en CYPE 3D ya que es más eficiente dimensionar los perfiles de la estructura y hacer que estos cumplan con la normativa vigente. Posteriormente, los cálculos se han realizado a mano y se han automatizado en una hoja Excel junto a otros cálculos.

Perfil 150x150x5mm

La primera comprobación es del perfil seleccionado para el prediseño. El valor deberá de ser muy similar al obtenido con el cálculo manual.

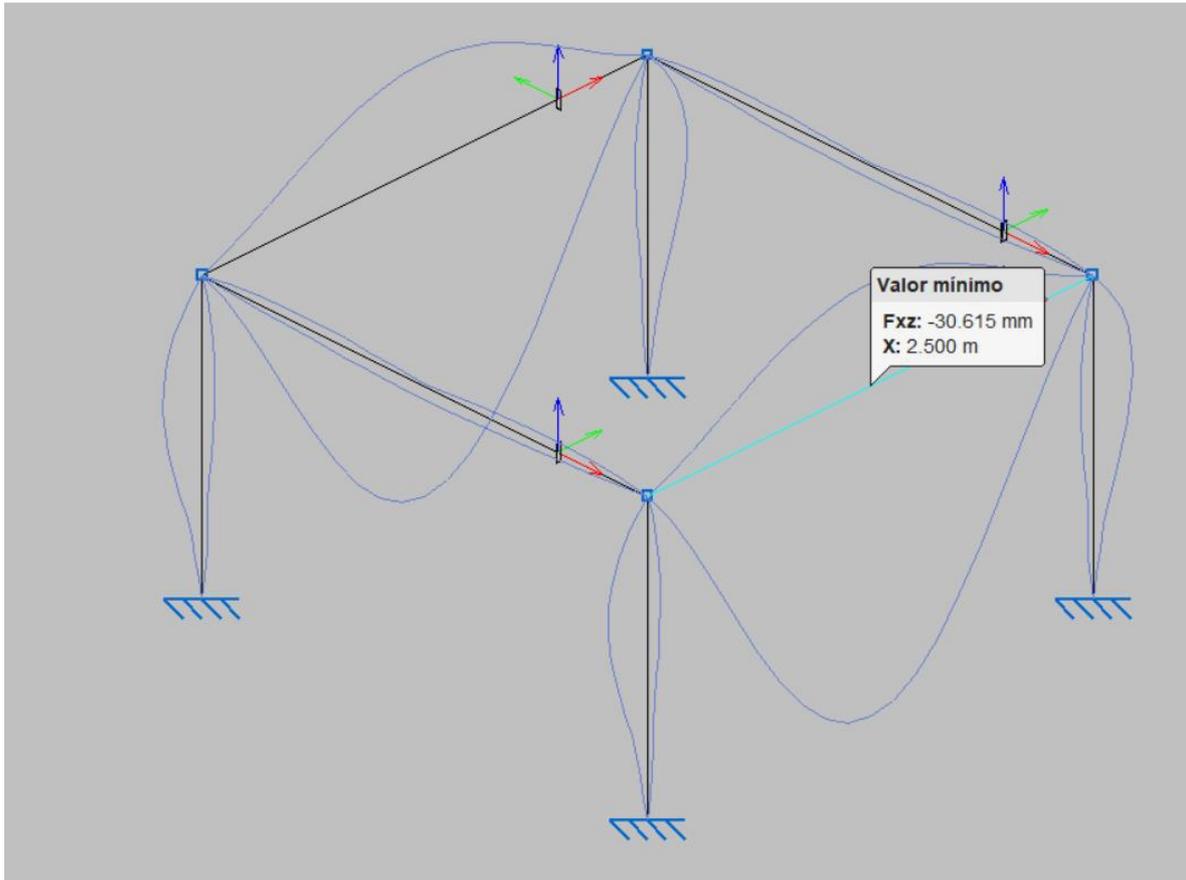


Figura 46. Comprobación del perfil 150x150x5mm.

El valor de deformación es prácticamente el mismo, por tanto, el cálculo está bien realizado.

Perfil 200x80x5mm

Un punto importante es la selección adecuada del perfil, ya sea por peso y material, se necesita no aumentar demasiado la sección del perfil para evitar el aumento de peso de la estructura, el encarecimiento del material extruido y sobre todo, el aspecto estético.

El siguiente perfil comprobado es de sección rectangular. Se ha cambiado a sección rectangular para reducir material, pero aumentar la inercia del eje débil. De esta forma, aumentará la resistencia del perfil a deformación.

Comprobación con perfil 200x80x5 mm en las vigas perimetrales:

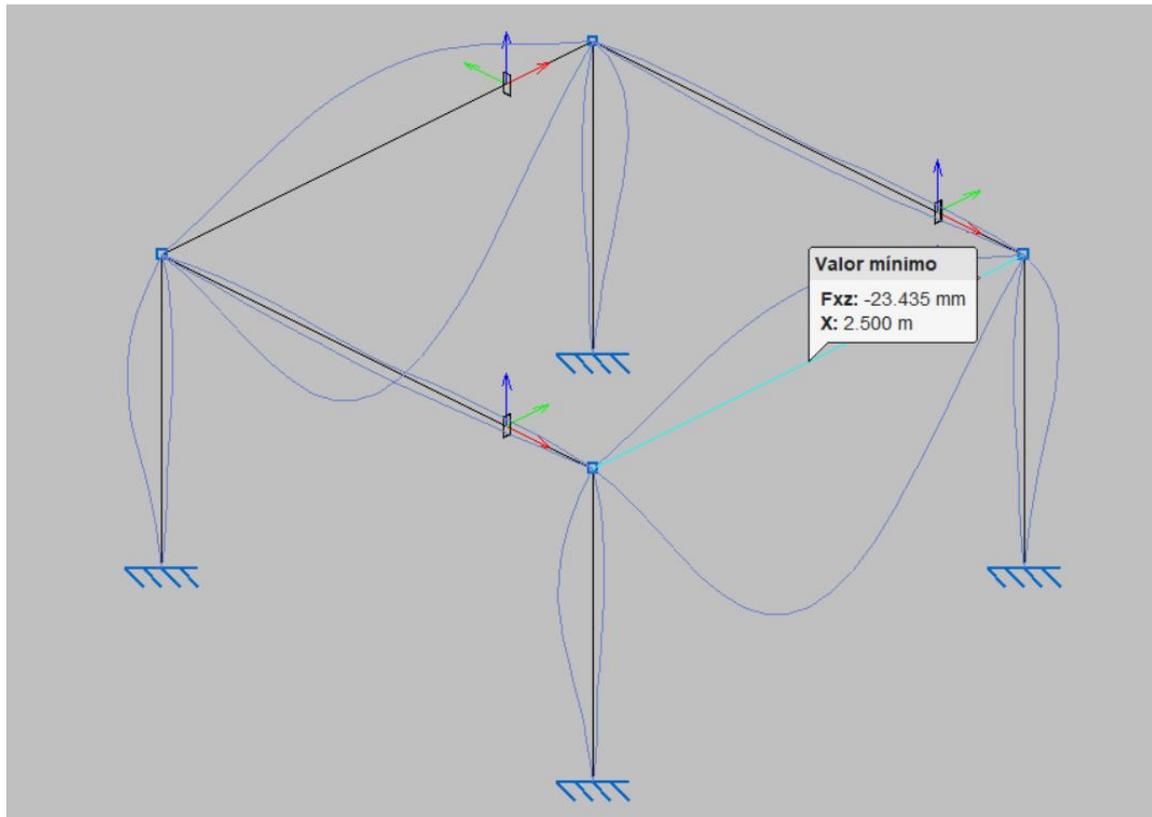


Figura 47. Comprobación del perfil 200x80x5mm.

El cálculo realizado es correcto, ya que los resultados son muy parecidos, pero se demuestra con el programa que este perfil no cumple con la deformación máxima.

Perfil 240x50x6mm

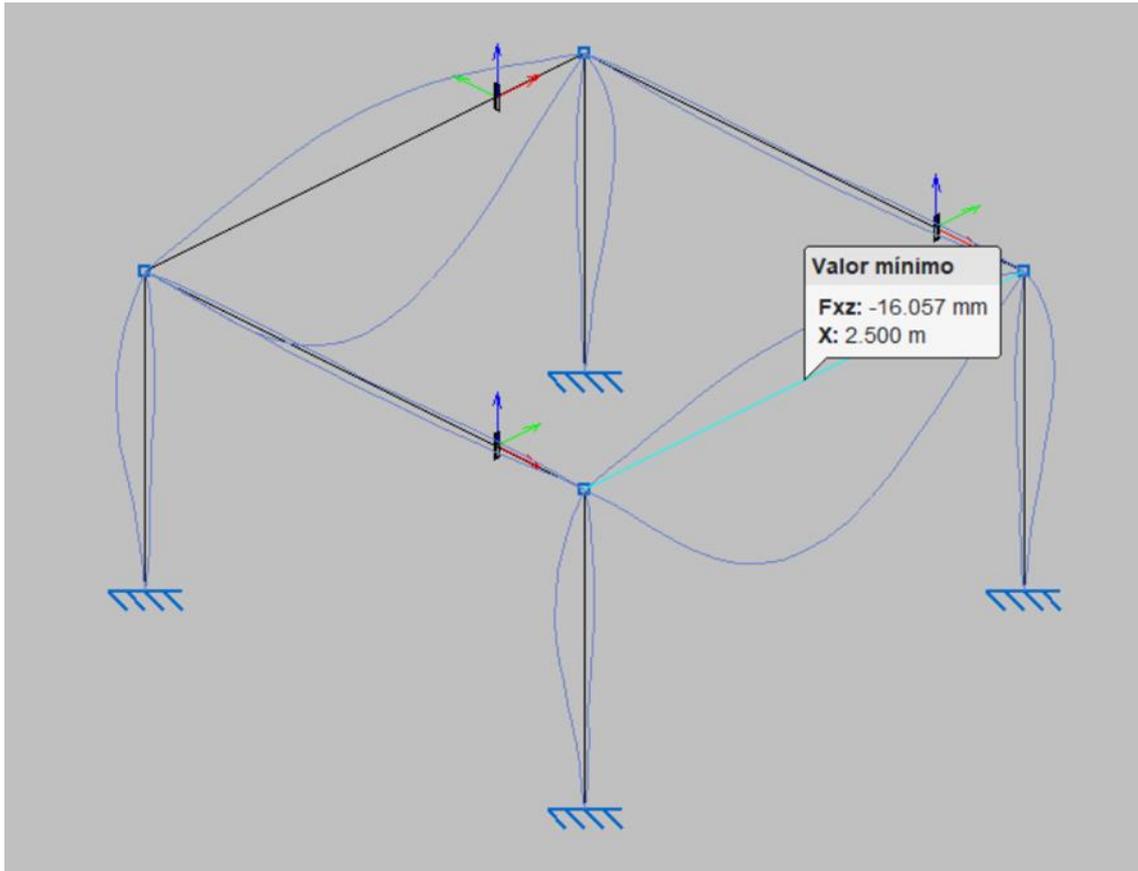


Figura 48. Comprobación del perfil 240x50x6mm.

Como se observa, el valor mínimo de flecha (que realmente es máximo puesto que está en negativo y Cype lo considera como mínimo), es de 16 mm en el centro de la viga. El valor obtenido del cálculo manual es de 15,46 mm. Se puede considerar correcto ya que ambos valores son muy próximos. A continuación, se comprobará en Cype que este perfil cumpla con el Eurocódigo 9 [1].

1.5 Comprobación del cumplimiento del Eurocódigo 9 en Cype 3D

En este apartado se comprueba el perfil seleccionado de 240x50x6 mm de aluminio 6063 T6, donde, con franjas verdes, el programa demuestra que el cálculo cumple con la normativa expuesta en el Eurocódigo 9 [1].

Barra N6/N8

Perfil: TR-240x50x3 Material: Aluminio (EN AW-6063 - T6)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N6	N8	5.000	33.36	2006.76	145.74	460.59
Notas: ⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado ⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme							
	Pandeo			Pandeo lateral			
	Plano XY		Plano XZ	Ala sup.		Ala inf.	
□	1.00		1.00	1.00		1.00	

L_k	5.000	5.000	5.000	5.000
C_1		-		1.000
Notación: β : Coeficiente de pandeo L_k : Longitud de pandeo (m) C_1 : Factor de modificación para el momento crítico				

Barra	COMPROBACIONES (EUROCÓDIGO 9 EN 1999-1-1: 2007)												Estado	
	N_t	N_c	M_y	M_z	V_y	V_z	T	$M_y V_z$	$M_z V_y$	TV_y	TV_z	$NM_y M_z$		$NM_y M_z V_y V_z T$
N6/N8	$\square = 0.5$	$\square = 12.4$	x: 2.5 m $\square = 36.6$	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽²⁾	x: 0 m $\square = 7.3$	$\square < 0.1$	N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	x: 0 m $\square = 6.4$	x: 2.5 m $\square = 54.7$	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE $\eta = 54.7$
<p>Notación: N_t: Resistencia a tracción N_c: Resistencia a compresión M_y: Resistencia a flexión en el eje Y M_z: Resistencia a flexión en el eje Z V_y: Resistencia a cortante en el eje Y V_z: Resistencia a cortante en el eje Z T: Resistencia a torsión $M_y V_z$: Resistencia a flexión en el eje Y y a cortante en el eje Z combinados $M_z V_y$: Resistencia a flexión en el eje Z y a cortante en el eje Y combinados TV_y: Resistencia a torsión y cortante en el eje Y combinados TV_z: Resistencia a torsión y cortante en el eje Z combinados $NM_y M_z$: Resistencia a axil y flexión biaxial combinados $NM_y M_z V_y V_z T$: Resistencia a torsión, cortante, axil y flexión biaxial combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede</p> <p>Comprobaciones que no proceden (N.P.): ⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. ⁽²⁾ La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. ⁽³⁾ La comprobación no procede por coincidir con la de elementos a flexión, positiva o negativa dependiendo del signo del momento flector de cálculo, en el eje 'y', puesto que el efecto del esfuerzo cortante en el eje 'z' es despreciable para el cálculo del momento flector resistente. ⁽⁴⁾ No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁵⁾ No hay interacción entre torsión y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁶⁾ La comprobación no procede, por coincidir con la de elementos a flexión biaxial y esfuerzo axil, puesto que los efectos de los cortantes en el eje 'z' y en el eje 'y' son despreciables en el cálculo del axil y de los momentos flectores resistentes.</p>														

Resistencia a tracción (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.005} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+1.5·V(270°)H2.

Donde:

N_{Ed} : es el axil de tracción solicitante de cálculo.

$$N_{Ed} : \underline{2.51} \text{ kN}$$

$N_{t,Rd}$: es la resistencia a tracción de cálculo de la sección transversal. Tomando el valor correspondiente a la fluencia general a lo largo del elemento $N_{o,Rd}$, ignorando las conexiones de extremo, los agujeros localizados

y las zonas HAZ localizadas.

$$N_{t,Rd} : \underline{485.24} \text{ kN}$$

$$N_{o,Rd} = A_g \cdot f_o / \gamma_{M1}$$

$$N_{o,Rd} : \underline{485.24} \text{ kN}$$

Donde:

A_g : es el área de la sección bruta, al no existir reblandecimiento

$$A_g : \underline{33.36} \text{ cm}^2$$

HAZ debido a soldaduras longitudinales.

$$f_o : \underline{160.00} \text{ MPa}$$

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.10}$$

γ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

Resistencia a compresión (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículos 6.2.4 - 6.3.1)

Se debe satisfacer:

$$\eta = N_{Ed}/N_{c,Rd} \leq 1$$

$$\eta_1 : \underline{0.010} \quad \checkmark$$

$$\eta = N_{Ed}/N_{b,Rd} \leq 1$$

$$\eta_2 : \underline{0.124} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones
1.35·PP+1.5·Q1+0.9·VH1+0.75·N(EI).

Donde:

N_{Ed} : es el axil de compresión solicitante de cálculo.

$$N_{Ed} : \underline{4.26} \quad \text{kN}$$

$N_{c,Rd}$: es la resistencia de cálculo a compresión.

$$N_{c,Rd} : \underline{411.44} \quad \text{kN}$$

$N_{b,Rd}$: es la resistencia de cálculo a pandeo.

$$N_{b,Rd} : \underline{34.44} \quad \text{kN}$$

Clase: la clasificación de la sección transversal depende de las dimensiones de sus elementos comprimidos, dado el esfuerzo axil, para la combinación de acciones considerada.

$$\text{Clase} : \underline{4}$$

$N_{c,Rd}$: es la resistencia de cálculo a compresión.

$$N_{c,Rd} : N_{c,Rd} = A_{eff} \cdot f_o \cdot \gamma_{M1}$$

$$\underline{411.44} \quad \text{kN}$$

Donde:

A_{eff} : es el área eficaz de la sección, incluyendo el descuento por reblandecimiento HAZ y por pandeo local, pero sin reducción por agujeros.

$$A_{eff} : \underline{28.29} \quad \text{cm}^2$$

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

$$f_o : \underline{160.00} \quad \text{MPa}$$

γ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.10}$$

$N_{b,Rd}$: es la resistencia de cálculo a pandeo.

$$N_{b,Rd} : \underline{34.44} \quad \text{kN}$$

La resistencia de cálculo a pandeo a considerar será la menor de las siguientes:

$N_{b,Rd,y}$: es la resistencia de cálculo a pandeo correspondiente a la carga crítica de pandeo por flexión en el plano 'xz'.

$N_{b,Rd,z}$: es la resistencia de cálculo a pandeo correspondiente a la carga crítica de pandeo por flexión en el plano 'xy'.

$N_{b,Rd,T}$: es la resistencia de cálculo a pandeo correspondiente a la carga crítica de pandeo por torsión.

$$N_{b,Rd,y} : \underline{296.13} \quad \text{kN} \quad N_{b,Rd,z} : \underline{34.44} \quad \text{kN} \quad N_{b,Rd,T} : \underline{411.44} \quad \text{kN}$$

$$\text{Donde: } N_{b,Rd} = \kappa \cdot \chi \cdot A_{eff} \cdot f_o / \gamma_{M1}$$

χ : es el coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.72}$$

χ_z :

$$\underline{0.08}$$

χ_T :

$$\underline{1.00}$$

κ : es el coeficiente que tiene en cuenta el debilitamiento por soldadura.

$$\kappa_y : \underline{1.00}$$

$$\kappa_z : \underline{1.00}$$

$$\kappa_T : \underline{1.00}$$

A_{eff} : es el área eficaz de la sección.

$$\underline{28.29} \quad \text{cm}^2 \quad A_{eff,T} : \underline{28.29} \quad \text{cm}^2$$

$$A_{eff,y} : \underline{28.29} \quad \text{cm}^2 \quad A_{eff,z} :$$

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

$$f_o : \underline{160.00} \quad \text{MPa}$$

γ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.10}$$

χ : es el coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.72}$$

$$\chi_z : \chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^2}} \leq 1$$

$$\chi_T : \underline{1.00}$$

$$\underline{0.72}$$

$$\underline{0.08}$$

$$\underline{1.00}$$

Donde:

Φ : es un factor relativo al cálculo del coeficiente de reducción por pandeo.

$\bar{\lambda}$: es la esbeltez relativa.

$\bar{\lambda}_z$:

$\bar{\lambda}_T$:

Φ : es un factor relativo al cálculo del coeficiente de reducción por pandeo.

$$\phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - \bar{\lambda}_0) + \bar{\lambda}^2 \right]$$

Donde:

α : es un coeficiente de imperfección.

α_z :

α_T :

$\bar{\lambda}_0$: es el límite de la meseta horizontal en la curva de pandeo correspondiente.

$\bar{\lambda}$: es la esbeltez relativa.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{\text{eff}} \cdot f_0}{N_{\text{cr}}}}$$

Donde:

A_{eff} : es el área eficaz de la sección.

28.29 cm² $A_{\text{eff,T}}$: 28.29 cm²

f_0 : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

N_{cr} : es la carga crítica elástica de pandeo determinada a partir de las características mecánicas de la sección transversal bruta.

A_{eff} : es el área eficaz de la sección.

$A_{\text{eff,y}}$ y $A_{\text{eff,z}}$: es el valor de A_{eff} para pandeo por flexión. En la determinación de A_{eff} se debe tener en cuenta el descuento por pandeo local.

$A_{\text{eff,T}}$: es el valor de A_{eff} para pandeo por torsión de secciones transversales de tipo 'general'. En la determinación de A_{eff} se debe tener en cuenta el descuento por reblandecimiento HAZ y por pandeo local.

$N_{\text{cr,y}}$: es la carga crítica de pandeo por flexión en el plano 'xz'.

$$N_{\text{cr,y}} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{k_y^2 L^2}$$

Donde:

E : es el módulo de elasticidad longitudinal.

I_y : es el momento de inercia de la sección bruta respecto al eje principal de inercia 'y'.

k_y : es el coeficiente que define la longitud de pandeo por flexión en el plano 'xz'.

L : es la longitud del elemento.

$N_{\text{cr,z}}$: es la carga crítica de pandeo por flexión en el plano 'xy'.

$$N_{\text{cr,z}} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{k_z^2 L^2}$$

Donde:

Φ_y :	0.99
Φ_z :	6.44
Φ_T :	0.47
$\bar{\lambda}_y$:	0.90
	3.35
	0.15

Φ_y :	0.99
Φ_z :	6.44
Φ_T :	0.47

α_y :	0.20
	0.20
	0.35
$\bar{\lambda}_{0,y}$:	0.10
$\bar{\lambda}_{0,z}$:	0.10
$\bar{\lambda}_{0,T}$:	0.40

$\bar{\lambda}_y$:	0.90
$\bar{\lambda}_z$:	3.35
$\bar{\lambda}_T$:	0.15

$A_{\text{eff,y}}$: 28.29 cm² $A_{\text{eff,z}}$:

f_0 : 160.00 MPa

$N_{\text{cr,y}}$: 554.56 kN

$N_{\text{cr,z}}$: 40.28 kN

$N_{\text{cr,T}}$: 19273.51 kN

$A_{\text{eff,y}}$: 28.29 cm²

$A_{\text{eff,z}}$: 28.29 cm²

$A_{\text{eff,T}}$: 28.29 cm²

$N_{\text{cr,y}}$: 554.56 kN

E : 70000.00 MPa

I_y : 2006.76 cm⁴

k_y : 1.00

L : 5.000 m

$N_{\text{cr,z}}$: 40.28 kN

E: es el módulo de elasticidad longitudinal.

E : 70000.00 MPa

I_z : es el momento de inercia de la sección bruta respecto al eje principal de inercia 'z'.

$$I_z : \underline{145.74} \text{ cm}^4$$

k_z : es el coeficiente que define la longitud de pandeo por flexión en el plano 'xy'.

$$k_z : \underline{1.00}$$

L : es la longitud del elemento.

$$L : \underline{5.000} \text{ m}$$

$N_{cr,T}$: es la carga crítica de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_s^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{k_w^2 \cdot L^2} \right]$$

$$N_{cr,T} : \underline{19273.51} \text{ kN}$$

Donde:

i_s : es el radio de giro polar de la sección bruta respecto al centro de esfuerzos cortantes.

$$i_s : \underline{8.03} \text{ cm}$$

G : es el módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{27000.00} \text{ MPa}$$

I_t : es el módulo de torsión de la sección bruta.

$$I_t : \underline{460.59} \text{ cm}^4$$

E : es el módulo de elasticidad longitudinal.

$$E : \underline{70000.00} \text{ MPa}$$

I_w : es el módulo de alabeo de la sección bruta.

$$I_w : \underline{0.00} \text{ cm}^6$$

k_w : es el coeficiente que define la longitud de pandeo por torsión. Se estima como el mayor de los coeficientes que definen las longitudes de pandeo lateral con torsión.

$$k_w : \underline{1.00}$$

L : es la longitud del elemento.

$$L : \underline{5.000} \text{ m}$$

i_s : es el radio de giro polar de la sección bruta respecto al centro de esfuerzos cortantes.

$$i_s = \sqrt{i_y^2 + i_z^2}$$

$$i_s : \underline{8.03} \text{ cm}$$

Donde:

i_y : es el radio de giro de la sección bruta respecto al eje principal de inercia 'y'.

$$i_y : \underline{7.76} \text{ cm}$$

i_z : es el radio de giro de la sección bruta respecto al eje principal de inercia 'z'.

$$i_z : \underline{2.09} \text{ cm}$$

κ : es el coeficiente que tiene en cuenta el debilitamiento por soldadura. $\kappa = 1$ para elementos sin soldaduras.

$$\kappa_y : \underline{1.00} \quad \kappa_z : \underline{1.00}$$

$$1.00 \quad \kappa_r : \underline{1.00}$$

Resistencia a flexión en el eje Y (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículos 6.2.5 - 6.3.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = M_{Ed}/M_{c,Rd} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.366} \quad \checkmark$$

Flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo N6, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1+0.9·VH1+0.75·N(EI).

Flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo N6, para la combinación de acciones PP+1.5·VH2.

Donde:

M_{Ed} : es el momento flector solicitante de cálculo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{12.04} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$M_{c,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión uniaxial.

$$M_{Ed}^- : \underline{5.19} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{32.89} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Clase: la clasificación de la sección transversal depende de las dimensiones de sus elementos comprimidos, dado el momento flector, para la combinación de acciones considerada.

$$\text{Clase} : \underline{2}$$

$M_{c,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión uniaxial.

$$M_{c,Rd} = \alpha \cdot W_{el} \cdot f_o / \gamma_{M1}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{32.89} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

α : es el factor de forma.

W_{el} : es el módulo elástico de la sección bruta.

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

γ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

α : es el factor de forma.

$$\alpha = W_{pl} / W_{el}$$

Donde:

W_{pl} : es el módulo plástico de la sección bruta.

W_{el} : es el módulo elástico de la sección bruta.

No es necesaria la comprobación a pandeo lateral con torsión por flexión positiva alrededor del eje principal de inercia 'y', ya que se satisface al menos una de las siguientes desigualdades:

$$0.72 \leq \bar{\lambda}_{LT} \leq \bar{\lambda}_{0,LT}$$

$$12.04 \leq M_{Ed} \leq \bar{\lambda}_{0,LT}^2 \cdot M_{cr}$$

25.48



Donde:

$\bar{\lambda}_{LT}$: es la esbeltez relativa para pandeo lateral con torsión.

$\bar{\lambda}_{0,LT}$: es el límite de la meseta horizontal en la curva de pandeo lateral con torsión.

M_{Ed} : es el momento flector solicitante de cálculo.

M_{cr} : es el momento crítico elástico para pandeo lateral con torsión.

$\bar{\lambda}_{LT}$: es la esbeltez relativa para pandeo lateral con torsión.

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{\alpha \cdot W_{el} \cdot f_o}{M_{cr}}}$$

Donde:

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

α : es el factor de forma.

W_{el} : es el módulo elástico de la sección bruta.

M_{cr} : es el momento crítico elástico para pandeo lateral con torsión.

M_{cr} : es el momento crítico elástico para pandeo lateral con torsión.

$$M_{cr} = \mu_{cr} \cdot \frac{\pi \cdot \sqrt{E \cdot I_z \cdot G \cdot I_t}}{L}$$

Donde:

μ_{cr} : es el momento crítico relativo adimensional.

E : es el módulo de elasticidad longitudinal.

I_z : es el momento de inercia de la sección bruta respecto al eje principal de inercia 'z'.

G : es el módulo de elasticidad transversal.

I_t : es el módulo de torsión de la sección bruta.

L : es la longitud del elemento.

μ_{cr} : es el momento crítico relativo adimensional.

$$\mu_{cr} = \frac{C_1}{k_{z,LT}} \cdot \left[\sqrt{1 + \kappa_{wt}^2 + (C_2 \cdot \zeta_g)^2} - C_2 \cdot \zeta_g \right]$$

Donde:

$k_{z,LT}$: es el coeficiente que define la longitud de pandeo por flexión en el plano 'xz'.

$$\alpha : \underline{1.352}$$

$$W_{el} : \underline{167.23} \text{ cm}^3$$

$$f_o : \underline{160.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M1} : \underline{1.10}$$

$$\alpha : \underline{1.352}$$

$$W_{pl} : \underline{226.15} \text{ cm}^3$$

$$W_{el} : \underline{167.23} \text{ cm}^3$$

$$\bar{\lambda}_{LT} : \underline{0.72}$$

$$\bar{\lambda}_{0,LT} : \underline{0.60}$$

$$M_{Ed} : \underline{12.04} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{cr} : \underline{70.77} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} : \underline{0.72}$$

$$f_o : \underline{160.00} \text{ MPa}$$

$$\alpha : \underline{1.352}$$

$$W_{el} : \underline{167.23} \text{ cm}^3$$

$$M_{cr} : \underline{70.77} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{cr} : \underline{70.77} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\mu_{cr} : \underline{1.00}$$

$$E : \underline{70000.00} \text{ MPa}$$

$$I_z : \underline{145.74} \text{ cm}^4$$

$$G : \underline{27000.00} \text{ MPa}$$

$$I_t : \underline{460.59} \text{ cm}^4$$

$$L : \underline{5.000} \text{ m}$$

$$\mu_{cr} : \underline{9.81} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$k_{z,LT} : \underline{1.00}$$

κ_{wt} : es el parámetro de torsión adimensional.

κ_{wt} : 0.00

ζ_g : es la coordenada relativa adimensional del punto de aplicación de la carga respecto del centro de esfuerzos cortantes.

ζ_g : 0.00

C_1 y C_2 : son coeficientes dependientes de las cargas aplicadas y de las condiciones de coacción en los extremos del elemento. Se estiman iguales a la unidad.

$$C_1 : \underline{1.00}$$

$$C_2 : \underline{1.00}$$

k_{wt} : es el parámetro de torsión adimensional.

$$k_{wt} = \frac{\pi}{k_{w,LT} \cdot L} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_w}{G \cdot I_t}}$$

$$k_{wt} : \underline{0.00}$$

Donde:

$k_{w,LT}$: es el coeficiente que define la longitud de pandeo por torsión.

$$k_{w,LT} : \underline{1.00}$$

L : es la longitud del elemento.

$$L : \underline{5.000} \text{ m}$$

E : es el módulo de elasticidad longitudinal.

$$E : \underline{70000.00} \text{ MPa}$$

I_w : es el módulo de alabeo de la sección bruta.

$$I_w : \underline{0.00} \text{ cm}^6$$

G : es el módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{27000.00} \text{ MPa}$$

I_t : es el módulo de torsión de la sección bruta.

$$I_t : \underline{460.59} \text{ cm}^4$$

ζ_g : es la coordenada relativa adimensional del punto de aplicación de la carga respecto del centro de esfuerzos cortantes.

$$\zeta_g = \frac{\pi \cdot z_g}{k_{z,LT} \cdot L} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_z}{G \cdot I_t}}$$

$$\zeta_g : \underline{0.00}$$

Donde:

z_g : es la coordenada en la dirección del eje 'z' del punto de aplicación de la carga respecto al centro de esfuerzos cortantes.

$$z_g : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$k_{z,LT}$: es el coeficiente que define la longitud de pandeo por flexión en el plano 'xz'.

$$k_{z,LT} : \underline{1.00}$$

L : es la longitud del elemento.

$$L : \underline{5.000} \text{ m}$$

E : es el módulo de elasticidad longitudinal.

$$E : \underline{70000.00} \text{ MPa}$$

I_z : es el momento de inercia de la sección bruta respecto al eje principal de inercia 'z'.

$$I_z : \underline{145.74} \text{ cm}^4$$

G : es el módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{27000.00} \text{ MPa}$$

I_t : es el módulo de torsión de la sección bruta.

$$I_t : \underline{460.59} \text{ cm}^4$$

z_g : es la coordenada en la dirección del eje 'z' del punto de aplicación de la carga respecto al centro de esfuerzos cortantes.

$$z_g : \underline{Z_g = Z_a - Z_s} \quad \underline{0.00} \text{ mm}$$

Donde:

z_a : es la coordenada en la dirección del eje 'z' del punto de aplicación de la carga respecto al centro de gravedad de la sección. Se estima que la carga está aplicada en el centro de esfuerzos cortantes.

$$z_a : \underline{0.00} \text{ mm}$$

z_s : es la coordenada en la dirección del eje 'z' del centro de esfuerzos cortantes respecto del centro de gravedad de la sección.

$$z_s : \underline{0.00} \text{ mm}$$

No es necesaria la comprobación a pandeo lateral con torsión por flexión negativa alrededor del eje principal de inercia 'y', ya que se satisface al menos una de las siguientes desigualdades:

$$0.72 \quad \bar{\lambda}_{LT} \leq \bar{\lambda}_{0,LT}$$

$$5.19 \quad M_{Ed} \leq \bar{\lambda}_{0,LT}^2 \cdot M_{cr}$$

25.48



Donde:

$\bar{\lambda}_{LT}$: es la esbeltez relativa para pandeo lateral con torsión.

$$\bar{\lambda}_{LT} : \underline{0.72}$$

$\bar{\lambda}_{0,LT}$: es el límite de la meseta horizontal en la curva de pandeo lateral con torsión.

$$\bar{\lambda}_{0,LT} : \underline{0.60}$$

M_{Ed} : es el momento flector solicitante de cálculo.

$$M_{Ed} : \underline{5.19} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

M_{cr} : es el momento crítico elástico para pandeo lateral con torsión.

$$M_{cr} : \underline{70.77} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$\bar{\lambda}_{LT}$: es la esbeltez relativa para pandeo lateral con torsión.

$$\bar{\lambda}_{LT} : \underline{0.72}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{\alpha \cdot W_{el} \cdot f_o}{M_{cr}}}$$

Donde:

f_0 : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

$$f_0 : \frac{160.00}{\text{MPa}}$$

α : es el factor de forma.

$$\alpha : \frac{1.352}{\text{cm}^3}$$

W_a : es el módulo elástico de la sección bruta.

$$W_{el} : \frac{167.23}{\text{cm}^3}$$

M_{cr} : es el momento crítico elástico para pandeo lateral con torsión.

$$M_{cr} : \frac{70.77}{\text{kN}\cdot\text{m}}$$

M_{cr} : es el momento crítico elástico para pandeo lateral con torsión.

$$M_{cr} = \mu_{cr} \cdot \frac{\pi \cdot \sqrt{E \cdot I_z \cdot G \cdot I_t}}{L}$$

$$M_{cr} : \frac{70.77}{\text{kN}\cdot\text{m}}$$

Donde:

μ_{cr} : es el momento crítico relativo adimensional.

$$\mu_{cr} : 1.00$$

E : es el módulo de elasticidad longitudinal.

$$E : 70000.00 \text{ MPa}$$

I_z : es el momento de inercia de la sección bruta respecto al eje principal de inercia 'z'.

$$I_z : 145.74 \text{ cm}^4$$

G : es el módulo de elasticidad transversal.

$$G : 27000.00 \text{ MPa}$$

I_t : es el módulo de torsión de la sección bruta.

$$I_t : 460.59 \text{ cm}^4$$

L : es la longitud del elemento.

$$L : 5.000 \text{ m}$$

μ_{cr} : es el momento crítico relativo adimensional.

$$\mu_{cr} = \frac{C_1}{k_{z,LT}} \cdot \left[\sqrt{1 + \kappa_{wt}^2 + (C_2 \cdot \zeta_g)^2} - C_2 \cdot \zeta_g \right]$$

$$\mu_{cr} : 9.81 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$k_{z,LT}$: es el coeficiente que define la longitud de pandeo por flexión en el plano 'xz'.

$$k_{z,LT} : 1.00$$

κ_{wt} : es el parámetro de torsión adimensional.

$$\kappa_{wt} : 0.00$$

ζ_g : es la coordenada relativa adimensional del punto de aplicación de la carga respecto del centro de esfuerzos cortantes.

$$\zeta_g : 0.00$$

C_1 y C_2 : son coeficientes dependientes de las cargas aplicadas y de las condiciones de coacción en los extremos del elemento. Se estiman iguales a la unidad.

$$C_1 : 1.00$$

C_2 :

$$1.00$$

κ_{wt} : es el parámetro de torsión adimensional.

$$\kappa_{wt} = \frac{\pi}{k_{w,LT} \cdot L} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_w}{G \cdot I_t}}$$

$$\kappa_{wt} : 0.00$$

Donde:

$k_{w,LT}$: es el coeficiente que define la longitud de pandeo por torsión.

$$k_{w,LT} : 1.00$$

L : es la longitud del elemento.

$$L : 5.000 \text{ m}$$

E : es el módulo de elasticidad longitudinal.

$$E : 70000.00 \text{ MPa}$$

I_w : es el módulo de alabeo de la sección bruta.

$$I_w : 0.00 \text{ cm}^6$$

G : es el módulo de elasticidad transversal.

$$G : 27000.00 \text{ MPa}$$

I_t : es el módulo de torsión de la sección bruta.

$$I_t : 460.59 \text{ cm}^4$$

ζ_g : es la coordenada relativa adimensional del punto de aplicación de la carga respecto del centro de esfuerzos cortantes.

$$\zeta_g : \zeta_g = \frac{\pi \cdot z_g}{k_{z,LT} \cdot L} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_z}{G \cdot I_t}}$$

$$0.00$$

Donde:

z_g : es la coordenada en la dirección del eje 'z' del punto de aplicación de la carga respecto al centro de esfuerzos cortantes.

$$z_g : 0.00 \text{ mm}$$

$k_{z,LT}$: es el coeficiente que define la longitud de pandeo por flexión en el plano 'xz'.

$$k_{z,LT} : 1.00$$

L : es la longitud del elemento.

$$L : 5.000 \text{ m}$$

E : es el módulo de elasticidad longitudinal.

$$E : 70000.00 \text{ MPa}$$

I_z : es el momento de inercia de la sección bruta respecto al eje

principal de inercia 'z'.

G: es el módulo de elasticidad transversal.

I_z : 145.74 cm⁴

G : 27000.00 MPa

I_t : es el módulo de torsión de la sección bruta.

$$I_t : \underline{460.59} \text{ cm}^4$$

z_g : es la coordenada en la dirección del eje 'z' del punto de aplicación de la carga respecto al centro de esfuerzos cortantes.

$$z_g : \underline{Z_g = Z_a - Z_s} \qquad \underline{0.00} \text{ mm}$$

Donde:

z_a : es la coordenada en la dirección del eje 'z' del punto de aplicación de la carga respecto al centro de gravedad de la sección. Se estima que la carga está aplicada en el centro de esfuerzos cortantes.

$$z_a : \underline{0.00} \text{ mm}$$

z_s : es la coordenada en la dirección del eje 'z' del centro de esfuerzos cortantes respecto del centro de gravedad de la sección.

$$z_s : \underline{0.00} \text{ mm}$$

Resistencia a flexión en el eje Z (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículos 6.2.5 - 6.3.2)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a cortante en el eje Y (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículos 6.2.6 - 6.5.5)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a cortante en el eje Z (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículos 6.2.6 - 6.5.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = V_{Ed}/V_{Rd} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.073} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N6, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1+0.9·VH1+0.75·N(EI).

Donde:

V_{Ed} : es el esfuerzo cortante solicitante de cálculo.

$$V_{Ed} : \underline{16.76} \text{ kN}$$

V_{Rd} : es la resistencia de cálculo a cortante de la sección transversal.

$$V_{Rd} : \underline{229.76} \text{ kN}$$

La obtención de la resistencia de cálculo a cortante de la sección transversal se realiza suponiendo una distribución de tensiones tangenciales uniforme sobre cada elemento plano de pared delgada que la compone, de tal forma que no se sobrepasa en ninguno de ellos la tensión de plastificación y se equilibra el esfuerzo cortante solicitante de cálculo. En su cálculo se considera tanto el pandeo local por cortante como la presencia de zonas HAZ.

V_{Rd} : es la resistencia de cálculo a cortante de la sección transversal. Se estima igual a la suma de las resistencias a cortante de cada uno de los lados iguales dispuestos en paralelo a la dirección del eje 'z'.

$$V_{Rd} = 2 \cdot V_{Rd,w}$$

$$V_{Rd} : \underline{229.76} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{Rd,w}$: es la resistencia a cortante de cada lado.

$$V_{Rd,w} : \underline{114.88} \text{ kN}$$

Clase: es la clasificación de cada lado a cortante, considerando cada lado como una placa rectangular sin rigidizar sometida a esfuerzos cortantes uniformes.

$$\text{Clase} : \underline{\text{no esbelto}}$$

Se considera el lado como no esbelto, ya que se satisface la siguiente desigualdad:

$$\beta_w \leq 39 \cdot \varepsilon \quad 38.00 \quad \square \quad 48.75 \quad \checkmark$$

Donde:

β_w : es el parámetro de esbeltez del lado.

$$\beta_w : \underline{38.00}$$

$39 \cdot \varepsilon$: es el límite de esbeltez.

$$39 \cdot \varepsilon : \underline{48.75}$$

β_w : es el parámetro de esbeltez del lado.

$$\beta_w = b_{w,z}/t_{w,z}$$

$$\beta_w : \underline{38.00}$$

Donde:

$b_{w,z}$: es la anchura de cada uno de los lados paralelos al eje 'z'.

$$b_{w,z} : \underline{228.00} \text{ mm}$$

$t_{w,z}$: es el espesor de cada uno de los lados paralelos al eje 'z'.

$$t_{w,z} : \underline{6.00} \text{ mm}$$

ε : es un parámetro dependiente de la resistencia característica del material.

$$\varepsilon = \sqrt{f_{ref}/f_o}$$

$$\varepsilon : \underline{1.25}$$

Donde:

f_{ref} : es el límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{250.00} \text{ MPa}$$

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

$$f_o : \underline{160.00} \text{ MPa}$$

$V_{Rd,w}$: es la resistencia a cortante de cada lado. Se toma el valor correspondiente al de fluencia general a lo largo del elemento.

$$V_{Rd,w} = b_{w,z} \cdot t_{w,z} \cdot \frac{f_o}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}}$$

$$V_{Rd,w} : \underline{114.88} \text{ kN}$$

Donde:

$b_{w,z}$: es la anchura de cada uno de los lados paralelos al eje 'z'.

$$b_{w,z} : \underline{228.00} \text{ mm}$$

$t_{w,z}$: es el espesor de cada uno de los lados paralelos al eje 'z'.

$$t_{w,z} : \underline{6.00} \text{ mm}$$

límite elástico para el 0,2% de deformación.

γ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

f_c : 160.00 MPa

γ_{M1} : 1.10

Resistencia a torsión (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículo 6.2.7.1)

Se debe satisfacer:

$$T_{Ed}/T_{Rd} \leq 1$$

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+1.5·V(0°)H2.

Donde:

T_{Ed} : es el momento torsor solicitante de cálculo.

$$T_{Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

T_{Rd} : es la resistencia de cálculo a torsión de la sección transversal.

$$T_{Rd} : \underline{10.39} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

La obtención de la resistencia de cálculo a torsión de la sección transversal se realiza suponiendo una distribución de tensiones tangenciales que maximiza dicha resistencia, sin sobrepasar en ningún punto la tensión de plastificación y equilibrando el esfuerzo torsor solicitante de cálculo. En su cálculo se considera tanto el pandeo local por cortante (en elementos pertenecientes a células) como la presencia de zonas HAZ.

T_{Rd} : es la resistencia de cálculo a torsión de la sección transversal.

$$T_{Rd} = W_{T,pl} \cdot \frac{f_o}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}}$$

$$T_{Rd} : \underline{10.39} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_{T,pl}$: es el módulo de torsión plástico de la sección bruta.

$$W_{T,pl} : \underline{123.70} \text{ cm}^3$$

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

$$f_o : \underline{160.00} \text{ MPa}$$

γ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.10}$$

Resistencia a flexión en el eje Y y a cortante en el eje Z combinados (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículo 6.2.8)

La comprobación no procede por coincidir con la de elementos a flexión, positiva o negativa dependiendo del signo del momento flector de cálculo, en el eje 'y', puesto que el efecto del esfuerzo cortante en el eje 'z' es despreciable para el cálculo del momento flector resistente.

No es necesario considerar el efecto del cortante en la dirección del eje 'z' para el cálculo de la resistencia a flexión, ya que se satisface la siguiente desigualdad:

$$V_{Ed} / V_{Rd} \leq 0.5$$

$$0.07 \quad \square \quad 0.50 \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1+0.9·VH1+0.75·N(EI).

Donde:

V_{Ed} : es el cortante solicitante de cálculo.

$$V_{Ed} : \underline{16.76} \text{ kN}$$

V_{Rd} : es la resistencia de cálculo a cortante.

$$V_{Rd} : \underline{229.76} \text{ kN}$$

V_{Rd} : es la resistencia de cálculo a cortante. Su valor coincide con el obtenido en la comprobación de elementos a cortante en el eje 'z'.

$$V_{Rd} : \underline{229.76} \text{ kN}$$

Resistencia a flexión en el eje Z y a cortante en el eje Y combinados (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a torsión y cortante en el eje Y combinados (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículos 6.2.7.3)

No hay interacción entre torsión y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a torsión y cortante en el eje Z combinados (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículos 6.2.7.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = V_{Ed}/V_{T,Rd} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.064} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N6, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1+0.9·V(180°)H1+0.75·N(EI).

Donde:

V_{Ed} : es el esfuerzo cortante solicitante de cálculo.

$$V_{Ed} : \underline{14.74} \text{ kN}$$

$V_{T,Rd}$: es la resistencia de cálculo a cortante reducida por el efecto del momento torsor de cálculo.

$$V_{T,Rd} : \underline{229.72} \text{ kN}$$

$V_{T,Rd}$: es la resistencia de cálculo a cortante reducida por el efecto del momento torsor de cálculo.

$$V_{T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{t,Ed} \cdot \sqrt{3}}{f_o/\gamma_{M1}} \right] V_{Rd}$$

$$V_{T,Rd} : \underline{229.72} \text{ kN}$$

$\tau_{t,Ed}$: es la tensión tangencial debida al torsor solicitante de cálculo.

$$\tau_{t,Ed} : \underline{0.02} \text{ MPa}$$

V_{Rd} : es la resistencia de cálculo a cortante de la sección transversal. el límite elástico para el 0,2% de deformación.

$$V_{Rd} : \underline{229.76} \text{ kN } f_o: \text{ es}$$

γ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_o : \underline{160.00} \text{ MPa}$$

$\tau_{t,Ed}$: es la tensión tangencial debida al torsor solicitante de cálculo.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.10}$$

$$\tau_{t,Ed} = \frac{T_{Ed}}{W_{T,el}}$$

$$\tau_{t,Ed} : \underline{0.02} \text{ MPa}$$

Donde:

T_{Ed} : es el momento torsor solicitante de cálculo.

$$T_{Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$W_{T,el}$: es el módulo de torsión elástico de la sección bruta.

$$W_{T,el} : \underline{123.55} \text{ cm}^3$$

V_{Rd} : es la resistencia de cálculo a cortante. Su valor coincide con el obtenido en la comprobación de elementos a cortante en el eje 'z' para la variable V_{Rd} .

$$V_{Rd} : \underline{229.76} \text{ kN}$$

Resistencia a axil y flexión biaxial combinados (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículos 6.2.9 - 36.)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0} \cdot \eta = \left(\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} \right)^{1.3} + \left[\left(\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} \right)^{1.7} + \left(\frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \right)^{1.7} \right]^{0.6} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0} \cdot \eta = \left(\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rd}} \right)^{w_{zc}} + \left[\left(\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} \right)^{1.7} + \left(\frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \right)^{1.7} \right]^{0.6} \leq 1$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo N6, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1+0.9·VH1+0.75·N(EI).

Donde:

N_{Ed} : es el axil de compresión solicitante de cálculo.

$$N_{Ed} : \underline{4.26} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje principal de inercia 'y'.

$$M_{y,Ed} : \underline{12.04} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$M_{z,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje principal de inercia 'z'.

$$M_{z,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

N_{Rd} : es la resistencia de cálculo a compresión.

$$N_{Rd} : \underline{411.44} \text{ kN}$$

$M_{y,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión alrededor del eje principal de inercia 'y'.

$$M_{y,Rd} : \underline{32.89} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$M_{z,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión alrededor del eje principal de inercia 'z'.

χ_z : es el coeficiente de reducción para pandeo por flexión en el plano 'xy'.

Ψ_{zc} : es un exponente calculado en función del coeficiente de reducción para pandeo por flexión en el plano 'xy'.

N_{Rd} : es la resistencia de cálculo a compresión.

$$N_{Rd} : N_{Rd} = A_{eff} \cdot f_o / \gamma_{M1}$$

Donde:

A_{eff} : es el área eficaz de la sección, incluyendo el descuento por reblandecimiento HAZ y por pandeo local, pero sin reducción por agujeros.

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

γ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

$M_{y,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión alrededor del eje principal de inercia 'y'.

$$M_{y,Rd} : M_{y,Rd} = \alpha_y \cdot W_{y,el} \cdot f_o / \gamma_{M1}$$

Donde:

α_y : es el factor de forma para flexión alrededor del eje principal de inercia 'y'.

$W_{y,el}$: es el módulo elástico de la sección bruta para flexión alrededor del eje principal de inercia 'y'.

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

γ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

α_y : es el factor de forma para flexión alrededor del eje principal de inercia 'y'.

$$\alpha_y : I\alpha_y = W_{y,pl} / W_{y,el}$$

Donde:

$W_{y,pl}$: es el módulo plástico de la sección bruta para flexión alrededor del eje principal de inercia 'y'.

$W_{y,el}$: es el módulo elástico de la sección bruta para flexión alrededor del eje principal de inercia 'y'.

$M_{z,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión alrededor del eje principal de inercia 'z'.

$$M_{z,Rd} : M_{z,Rd} = \alpha_z \cdot W_{z,el} \cdot f_o / \gamma_{M1} \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

α_z : es el factor de forma para flexión alrededor del eje principal de inercia 'z'.

$W_{z,el}$: es el módulo elástico de la sección bruta para flexión alrededor del eje principal de inercia 'z'.

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

γ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

α_z : es el factor de forma para flexión alrededor del eje principal de inercia 'z'.

$$\alpha_z : I\alpha_z = W_{z,eff} / W_{z,el}$$

Donde:

$W_{z,eff}$: es el módulo elástico eficaz de la sección para flexión alrededor del eje principal de inercia 'z'.
Calculado usando un espesor reducido ' t_{eff} ' para los elementos de clase 4.

$W_{z,el}$: es el módulo elástico de la sección bruta para flexión alrededor del eje principal de inercia 'z'.

χ_z : es el coeficiente de reducción para pandeo por flexión en el plano 'xy'.

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^2}} \leq 1$$

Donde:

$$M_{z,Rd} : \underline{7.19} \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

$$\chi_z : \underline{0.08}$$

$$\Psi_{zc} : \underline{0.80}$$

$$A_{eff} : \underline{28.29} \quad \text{cm}^2$$

$$f_o : \underline{160.00} \quad \text{MPa}$$

$$\gamma_{M1} : \underline{1.10}$$

$$\alpha_y : \underline{1.352}$$

$$W_{y,el} : \underline{167.23} \quad \text{cm}^3$$

$$f_o : \underline{160.00} \quad \text{MPa}$$

$$\gamma_{M1} : \underline{1.10}$$

$$W_{y,pl} : \underline{226.15} \quad \text{cm}^3$$

$$W_{y,el} : \underline{167.23} \quad \text{cm}^3$$

$$\alpha_z : \underline{0.847}$$

$$W_{z,el} : \underline{58.30} \quad \text{cm}^3$$

$$f_o : \underline{160.00} \quad \text{MPa}$$

$$\gamma_{M1} : \underline{1.10}$$

$$W_{z,eff} : \underline{49.40} \quad \text{cm}^3$$

$$W_{z,el} : \underline{58.30} \quad \text{cm}^3$$

$$\chi_z : \underline{0.08}$$

Φ_z : es un factor relativo al cálculo del coeficiente de reducción para pandeo por flexión en el plano 'xy'.

$$\Phi_z : \underline{6.44}$$

$\bar{\lambda}_z$: es la esbeltez relativa para pandeo por flexión en el plano 'xy'.

$$\bar{\lambda}_z : \underline{3.35}$$

Φ_z : es un factor relativo al cálculo del coeficiente de reducción para pandeo por flexión en el plano 'xy'.

$$\phi_z = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_z - \bar{\lambda}_0) + \bar{\lambda}_z^2 \right]$$

$$\Phi_z : \underline{6.44}$$

Donde:

α : es un coeficiente de imperfección para pandeo por flexión.

$$\alpha : \underline{0.20}$$

$\bar{\lambda}_0$: es el límite de la meseta horizontal en la curva para pandeo por flexión.

$$\bar{\lambda}_0 : \underline{0.10}$$

$\bar{\lambda}_z$: es la esbeltez relativa para pandeo por flexión en el plano 'xy'.

$$\bar{\lambda}_z : \underline{3.35}$$

$\bar{\lambda}_z$: es la esbeltez relativa para pandeo por flexión en el plano 'xy'.

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A_{\text{eff}} \cdot f_0}{N_{\text{cr},z}}}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{3.35}$$

Donde:

A_{eff} : es el área eficaz de la sección para pandeo por flexión. En su determinación se debe tener en cuenta el descuento por pandeo local.

$$A_{\text{eff}} : \underline{28.29} \text{ cm}^2$$

f_0 : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

$$f_0 : \underline{160.00} \text{ MPa}$$

$N_{\text{cr},z}$: es la carga crítica de pandeo por flexión en el plano 'xy'.

$$N_{\text{cr},z} : \underline{40.28} \text{ kN}$$

$N_{\text{cr},z}$: es la carga crítica de pandeo por flexión en el plano 'xy'. Su valor coincide con el obtenido en la comprobación de elementos a compresión para la variable

$N_{\text{cr},z}$.

$$N_{\text{cr},z} : \underline{40.28} \text{ kN}$$

Ψ_{zc} : es un exponente calculado en función del coeficiente de reducción para pandeo por flexión en el plano 'xy'.

$$\Psi_{zc} : \underline{\Psi_{zc} = 1.3 \cdot \chi_z \geq 0.8}$$

Donde:

χ_z : es el coeficiente de reducción para pandeo por flexión en el plano 'xy'.

$$\chi_z : \underline{0.08}$$

Se considera despreciable el efecto del pandeo por flexión en el plano 'xz' al satisfacerse al menos una de las siguientes desigualdades:

$$\bar{\lambda}_y \leq \bar{\lambda}_0$$

$$0.90 \quad \square \quad 0.10$$

$$N_{\text{Ed}} \leq \bar{\lambda}_0^2 \cdot N_{\text{cr},y}$$

$$4.26 \quad \square \quad 5.55$$

Donde:

$\bar{\lambda}_y$: es la esbeltez relativa para pandeo por flexión en el plano 'xz'.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.90}$$

$\bar{\lambda}_0$: es el límite de la meseta horizontal en la curva para pandeo por flexión.

$$\bar{\lambda}_0 : \underline{0.10}$$

N_{Ed} : es el axil de compresión solicitante de cálculo.

$$N_{\text{Ed}} : \underline{4.26} \text{ kN}$$

$N_{\text{cr},y}$: es la carga crítica de pandeo por flexión en el plano 'xz'.

$$N_{\text{cr},y} : \underline{554.56} \text{ kN}$$

$\bar{\lambda}_y$: es la esbeltez relativa para pandeo por flexión en el plano 'xz'.

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A_{\text{eff}} \cdot f_0}{N_{\text{cr},y}}}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.90}$$

Donde:

A_{eff} : es el área eficaz de la sección para pandeo por flexión. En su determinación se debe tener en cuenta el descuento por pandeo local.

$$A_{\text{eff}} : \underline{28.29} \text{ cm}^2$$

f_0 : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

$$f_0 : \underline{160.00} \text{ MPa}$$

$N_{\text{cr},y}$: es la carga crítica de pandeo por flexión en el plano 'xz'.

$$N_{\text{cr},y} : \underline{554.56} \text{ kN}$$

$N_{\text{cr},y}$: es la carga crítica de pandeo por flexión en el plano 'xz'. Su valor coincide con el obtenido en la

comprobación de elementos a compresión para la variable

$N_{cr,y}$.

$N_{cr,y}$: 554.56 kN

No es necesaria la comprobación a pandeo lateral con torsión por flexión alrededor del eje principal de inercia 'y', ya que se satisface al menos una de las siguientes desigualdades:

$$\bar{\lambda}_{LT} \leq \bar{\lambda}_{0,LT}$$

$$M_{y,Ed} \leq \bar{\lambda}_{0,LT}^2 \cdot M_{cr,y}$$

0.72 0.60

12.04 25.48

Donde:

$\bar{\lambda}_{LT}$: es la esbeltez relativa para pandeo lateral con torsión

considerando flexión alrededor del eje principal de inercia 'y'.

$$\bar{\lambda}_{LT} : \underline{0.72}$$

$\bar{\lambda}_{0,LT}$: es el límite de la meseta horizontal en la curva para pandeo lateral con torsión, considerando flexión alrededor del eje principal de inercia 'y'.

$$\bar{\lambda}_{0,LT} : \underline{0.60}$$

$M_{y,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje principal de inercia 'y'.

$$M_{y,Ed} : \underline{12.04} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$M_{cr,y}$: es el momento crítico elástico para pandeo lateral con torsión considerando flexión alrededor del eje principal de inercia 'y'.

$$M_{cr,y} : \underline{70.77} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$\bar{\lambda}_{LT}$: es la esbeltez relativa para pandeo lateral con torsión considerando flexión alrededor del eje principal de inercia 'y'. Su valor coincide con el obtenido en la comprobación de elementos a flexión positiva o negativa, dependiendo del signo del momento flector de cálculo, alrededor del eje 'y'.

$$\bar{\lambda}_{LT} : \underline{0.72}$$

$M_{cr,y}$: es el momento crítico elástico para pandeo lateral con torsión considerando flexión alrededor del eje principal de inercia 'y'. Su valor coincide con el obtenido en la comprobación de elementos a flexión positiva o negativa,

dependiendo del signo del momento flector de cálculo, alrededor del eje 'y'.

$$M_{cr,y} : \underline{70.77} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a torsión, cortante, axil y flexión biaxial combinados (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículos 6.2.9 - 6.2.10 - 6.3.3)

La comprobación no procede, por coincidir con la de elementos a flexión biaxial y esfuerzo axil, puesto que los efectos de los cortantes en el eje 'z' y en el eje 'y' son despreciables en el cálculo del axil y de los momentos flectores resistentes.

Se consideran despreciables los efectos de los cortantes en el eje 'z' y en el eje 'y' en el cálculo del axil y de los momentos flectores resistentes, ya que se satisfacen las siguientes desigualdades:

$$V_{z,Ed}/V_{z,Rd} \leq 0.5$$

0.07 0.50

$$V_{y,Ed}/V_{y,Rd} \leq 0.5$$

0.00 0.50

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1+0.9·VH1+0.75·N(EI).

Donde:

$V_{z,Ed}$: es el cortante solicitante de cálculo en el eje 'z'. <u>16.76</u> kN	$V_{z,Ed}$:
$V_{y,Ed}$: es el cortante solicitante de cálculo en el eje 'y'. <u>0.00</u>	$V_{y,Ed}$: kN
$V_{z,Rd}$: es la resistencia de cálculo a cortante en el eje 'z'. <u>229.76</u> kN	$V_{z,Rd}$:
$V_{y,Rd}$: es la resistencia de cálculo a cortante en el eje 'y'. <u>38.29</u> kN	$V_{y,Rd}$:
$V_{z,Rd}$: es la resistencia de cálculo a cortante en el eje 'z'. Su valor coincide con el obtenido para la variable V_{Rd} en la comprobación de elementos a cortante en el eje 'z'. <u>229.76</u> kN	$V_{z,Rd}$:
$V_{y,Rd}$: es la resistencia de cálculo a cortante en el eje 'y'. Su valor coincide con el obtenido para la variable V_{Rd} en la comprobación de elementos a cortante en el eje 'y'. <u>38.29</u> kN	$V_{y,Rd}$:

2 Anexo II. Cálculo de transferencia térmica con el exterior

2.1 Cálculo de pérdidas de calor por transmisión de calor	102
2.1.1 Ventanas	102
2.1.2 Techo reforzado con lana de vidrio	102
2.1.3 Cálculo de la transmisión de calor con lana de vidrio	103
2.1.4 Cálculo de la transmisión de calor sin lana de vidrio	103
2.1.5 Cálculo de la transmisión de calor con lana de vidrio y placas fotovoltaicas	103
2.2 Cálculo de cortante y momento flector máximos de la viga	104
2.3 Cálculo de flecha máxima en el centro de la viga	105
2.3.1 Cálculo de calor perdido por renovación del aire	105
2.3.2 Cálculo del calor producido por las estufas	105

2.1 Cálculo de pérdidas de calor por transmisión de calor

2.1.1 Ventanas

En primer lugar, se calcularán mediante la Ecuación 6, la resistencia térmica de las ventanas. Para ello, se utilizará la Ecuación 7 para calcular la resistencia térmica por convección. En este caso, las resistencias térmicas por conducción en contacto con el aire exterior se obtienen de la tabla 11 de la memoria:

$R_{se} = 0,04 \text{ [m}^2 \cdot \text{K/w]}$ Y $R_{si} = 0,13 \text{ [m}^2 \cdot \text{K/w]}$.

A continuación, se calculan las resistencias de las ventanas.

$$R_{T\text{-ventanas}} = 0,13 + \frac{L}{k \cdot A} + 0,04 = 0,17 + \frac{0,005}{1} = 0,175 \text{ K/W}$$

Siendo L los 5 milímetros de espesor del cristal.

Una vez se ha calculado la resistencia térmica total, se procede a calcular mediante la ecuación de resistencia total el coeficiente global de transferencia de calor U del vidrio de los cerramientos con la Ecuación 5:

$$U = \frac{1}{A \cdot R_{total}} = \frac{1}{1 \cdot 0,175} = 5,714 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Se considera 1 m² de área para obtener el coeficiente global de transferencia por metro de superficie.

2.1.2 Techo reforzado con lana de vidrio

A continuación, se procede a calcular el coeficiente global de transferencia U para la superficie de las lamas. Se calcula la resistencia térmica del techo compuesto de 2 materiales, estos materiales son aluminio, fibra de vidrio y de nuevo aluminio cerrando así la lama. El procedimiento es el mismo que el anterior:

$$R_{T\text{-lamas}} = 0,1 + R_{cond-al1} + R_{cond-LV} + R_{cond-al2} + 0,04 = 0,265 \text{ k/W}^*$$

Para las lamas, los valores serán $R_{se} = 0,04 \text{ [m}^2 \cdot \text{K/w]}$ Y $R_{si} = 0,1 \text{ [m}^2 \cdot \text{K/w]}$ ya que se trata de un cerramiento horizontal con pendiente <60° y flujo ascendente, es decir, en dirección al exterior como de nuevo muestra la tabla 11.

Ahora, del mismo modo, se calcula el coeficiente global de transferencia de las lamas que componen el cerramiento del techo.

$$U = \frac{1}{A \cdot R_{total}} = \frac{1}{1 \cdot 0,265} = 3,774 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

2.1.3 Cálculo de la transmisión de calor con lana de vidrio

Cálculo del calor perdido por las ventanas de vidrio templado mediante la Ecuación 9:

$$Q = 5,714 \cdot 15 \cdot (23 - 3,795) = 1646,06 \text{ W}$$

Este valor es el calor que desprende cada uno de los cerramientos de vidrio que son de 15 m² cada uno. Como se tienen 3, el calor total es **Q_T = 4938,18 W**

Cálculo del calor perdido por las lamas de aluminio reforzadas con la lana de vidrio:

$$Q = 3'774 \cdot 25 \cdot (23 - 3'795) = 1811'79 \text{ W}$$

Cabe destacar que las vigas no se han incluido en este cálculo puesto que su pérdida de calor se considera cero. Esto se hace puesto que el área que suponen estas en comparación a los cerramientos es muy pequeña. Por tanto, el calor total transmitido por el conjunto de la pérgola es el siguiente:

$$Q_{\text{TOTAL}} = Q_{\text{VIDRIO}} + Q_{\text{LAMAS}} = 4938'18 + 1811'79 = 6749'97 \text{ W}$$

2.1.4 Cálculo de la transmisión de calor sin lana de vidrio

A continuación, el calor que trasmite la pérgola sin lana de vidrio que proteja las lamas:

$$R_{T\text{-lamas}} = 0'1 + R_{\text{cond-al1}} + R_{\text{cond-al2}} + 0'04 = 0.14 + \frac{0'005}{230} + \frac{0'005}{230} = 0'140 \text{ k/W}$$

$$U = \frac{1}{A \cdot R_{\text{total}}} = \frac{1}{1 \cdot 0'140} = 7'141 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$Q = 7'141 \cdot 25 \cdot (23 - 3'795) = 3428'573 \text{ W}$$

$$Q_{\text{total}} = 8366'75 \text{ W}$$

Como se puede comprobar, el ahorro es de 1616'783 W, lo que significa que la rotura del puente térmico es efectiva.

2.1.5 Cálculo de la transmisión de calor con lana de vidrio y placas fotovoltaicas

Datos iniciales:

-Longitud lama/placa: 4,9 m

-Ancho placa: 0,19 m

-Espesor placa (zona de contacto): 10 mm en el largo de la placa y 17,5 mm en el ancho de la placa

-Área de contacto con la lama: $(4900 \cdot 190) - (4880 \cdot 170) = 101400 \text{ mm}^2 \times 26 \text{ placas solares} = 2636400 \text{ mm}^2 = 2,64 \text{ m}^2$

-Área de aire entre lama y placa: $4880 \cdot 170 \cdot 26 = 21569600 \text{ mm}^2 = 21,57 \text{ m}^2$

Una vez se conocen estas áreas y los datos de los materiales de las placas, se hará un paréntesis en el cálculo de la transmisión de calor para añadir lo siguiente:

$$\begin{aligned}
 * R_{T-lamas} &= 0'1 + R_{cond-at1} + R_{cond-LV} + R_{cond-at2} + 0'04 = \\
 &= 0.14 + \frac{0'005}{230} + \frac{0'005}{0'04} + \frac{0'005}{230} + = 0'265 \text{ k/W}
 \end{aligned}$$

Esta es la resistencia térmica calculada anteriormente, añadiendo la placa fotovoltaica con sus respectivos materiales:

$$\begin{aligned}
 &0,265 + R_{cond-PVC} + R_{cond-EVA} + R_{conv-aire} + R_{cond-silicio} + R_{cond-vidrio} + \\
 R_{cond-aluminio} &= 0,265 + \frac{0,005}{0,17} + \frac{0,005}{0,4} + \frac{1}{10} + \frac{0,005}{1} + \frac{0,005}{230} = 0,412 \text{ k/W}
 \end{aligned}$$

$$U = \frac{1}{A \cdot R_{total}} = \frac{1}{1 \cdot 0,412} = 2,43 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Del mismo modo que se ha calculado anteriormente, el calor queda así:

$$Q = 2,4275 \cdot 25 \cdot (23 - 0,795) = 1165,54 \text{ W}$$

$$Q_{TOTAL} = Q_{VIDRIO} + Q_{LAMAS} = 4938'18 + 1165,54 = 6103,72 \text{ W}$$

2.2 Cálculo ganancias de calor por irradiación

Mediante la Ecuación 11, se calcula la ganancia de calor por irradiación. En este caso, es ganancia puesto que es la cantidad de calor que son capaces de absorber los cerramientos (ventanas) de la pérgola.

En este caso, los datos se han introducido en una hoja Excel y se ha realizado el promedio de estos para los meses de invierno, como se explica en el apartado 11.2. Los datos obtenidos de ganancias de calor gracias a la irradiación solar son:

$$Q_{cerramiento_este} = 37'01 \text{ W}$$

$$Q_{cerramiento_oeste} = 35'41 \text{ W}$$

$$Q_{cerramiento_sur} = 0 \text{ W}$$

2.3 Cálculo de pérdidas de calor por renovación del aire

2.3.1 Cálculo de calor perdido por renovación del aire

Para calcular las pérdidas de calor por renovación del aire, se aplicará la Ecuación 13, que utiliza el gasto másico de la sustancia (en este caso aire), el calor específico, también del aire y por último el promedio de las temperaturas exterior e interiores, que se han mencionado en el apartado 11.1 de la memoria.

Estos valores son:

$$\phi = 1,202050849 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

$$C_p = 1,006679507 \text{ (kJ/Kg} \cdot \text{K)}$$

La capacidad calorífica del aire es de $C_p = 1006,679 \text{ (J/kg} \cdot \text{k)}$

$$T_1 = 23^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 3,795^\circ\text{C}$$

Gasto másico	Fórmula	Valor	Unidades
Terraza	$(6 \cdot \phi) \cdot 0'001$	0'0072	(Kg/s)

Tabla 21. Gasto másico de la pérgola.

Mediante la ecuación del calor (Ecuación 13), con los datos obtenidos, se calcula el valor deseado de la carga térmica asociada a la renovación del aire.

$$Q_{\text{terrazza_renova}} = 0,0072 \cdot 1006,679 \cdot (23 - 3,795) = 139,37 \text{ W}$$

Después de haber calculado todas las cargas térmicas de la habitación, se puede observar cual es el calor total que se desprende de la pérgola hacia el exterior, es decir, el calor que se necesita aportar para mantener una temperatura ambiente cálida en los meses de invierno.

$$Q_T = Q_{\text{Transmisión_calor}} + Q_{\text{Renovable}} - Q_{\text{Irradiación}} = 6103,72 + 139,37 - 37,01 - 35,41 = 6170,67 \text{ W}$$

2.3.2 Cálculo del calor producido por las estufas

Para este caso en particular, la terraza cuenta con una chimenea de leña y una estufa de pellet de 2000W de potencia calorífica. Calculando el calor aportado por la chimenea se puede ver si existen pérdidas de calor en los meses fríos.

Los datos de entrada son los mencionados en el apartado (11.3):

- La madera utilizada es madera de encina o carrasca

- La tasa de consumo de madera es aproximadamente 2 kg/h
- La estufa tiene diámetro interior de 20 cm y altura de 80 cm
- La densidad energética de la madera de encina es de 4,3 kWh/kg

Con estos datos, se procede a calcular la potencia.

La densidad energética se pasa a vatios:

$$4,3 \text{ kWh/kg} \cdot \frac{3600 \text{ kJ}}{1 \text{ kWh}} = 15480 \text{ kJ/kg}$$

Ahora se calcula la energía desprendida de la estufa por hora de consumo:

$$2 \text{ kg/h de consumo} \cdot 15480 \text{ kJ/kg} = 30960 \text{ kJ/h}$$

$$\text{Conversión a vatios: } 30960 \text{ kJ/h} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 8,6 \text{ kW}$$

La chimenea produce 8600 W en condiciones ideales. Teniendo en cuenta el rendimiento de una estufa convencional entre 50 y 70 %. La potencia real proporcionada por la estufa es de:

$$P_e = 8,6 \text{ kW} \cdot 0,6 = 5,16 \text{ kW}.$$

En conclusión, el calor aportado por las 2 chimeneas, la de leña de encina y la de pellet, aportan $5,16 \text{ kW} + 2000 \text{ kW} = \mathbf{7,16 \text{ kW}}$, frente a los 6,17 kW de calor que desprende la terraza en condiciones de cerramiento total. Por tanto, ahora y con los medios que se disponen en este restaurante, la pérgola garantiza una temperatura ambiente agradable en los días más fríos. En el caso de no utilizar la lana de vidrio como aislante térmico, el calor que desprende la pérgola sería de:

$$P_T = 8366'75 + 139'37 - 37'01 - 35'41 = \mathbf{8434'08 \text{ W} > 7'16 \text{ kW de aporte de calor}}$$

Por tanto, se demuestra numéricamente que añadir un aislante térmico en el cerramiento de lamas del techo es un gran solución con un ahorro de 1000 kW de potencia, lo que hace que esta pérgola ahorre más energía que el modelo instalado actualmente.

3 Anexo III. Cálculo de caudal de desagüe

3.1 Datos de entrada	108
3.2 Cálculo de velocidad y caudal del fluido	108
3.2.1 Pérdidas por fricción	108
3.2.2 Velocidad del fluido	109
3.2.3 Caudal máximo por tubería	110

3.1 Datos de entrada

Volumen de agua de lluvia, según Aemet: $V = 1,25 \text{ m}^3/\text{h}$

Tubería empleada: 2 tuberías PVC de 2 pulgadas

Para evitar la caída libre del agua por la sección de la viga, se colocará un embudo y una tubería de PVC para conducir el agua hasta la salida.

Con la Ecuación 14, se define el perímetro mojado:

$$P = \pi \cdot D$$

Siendo:

D = diámetro

Esta tubería de PVC tendrá un diámetro nominal de 2 pulgadas, lo que corresponde a un diámetro interior de 50,2 mm.

$$P = \pi \cdot 50,2 = 157,7 \text{ mm}$$

Ahora se calcula el radio hidráulico mediante la Ecuación 15, que se utilizará en el siguiente apartado:

$$R = \frac{S}{P} = \frac{\pi \cdot D^2}{4 \cdot P} = \frac{\pi \cdot 50^2}{4 \cdot 157,7} = 12,45 \text{ mm} = 0,01245 \text{ m}$$

Siendo:

S, sección mojada

P, perímetro mojado

3.2 Cálculo de velocidad y caudal del fluido

3.2.1 Pérdidas por fricción

Con la Ecuación 16, se pueden calcular las pérdidas por fricción de cada tubería [8]:

$$h = 10,674 \cdot \frac{Q^{1,852}}{C^{1,852} \cdot D^{4,871}} \cdot L$$

siendo,

h: pérdida de carga

Q: caudal (m³/h)

C: coeficiente de Hazen-Williams

D: diámetro interior de la tubería (mm)

L: longitud de la tubería (m)

Sabiendo cada uno de los valores:

$$Q = 0,625 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$D = 50,2 \text{ mm}$$

El coeficiente de Hazen-Williams para el PVC de la tabla 20:

$$C_H = 150$$

$$L = 3 \text{ m}$$

Sustituyendo:

$$h = 10,674 \cdot \frac{0,625^{1,852}}{150^{1,852} \cdot 50,2^{4,871}} \cdot 3 = 6,63 \times 10^{-12} = 0$$

Por tanto, las pérdidas para 3 metros de tubería se consideran 0.

3.2.2 Velocidad del fluido

Ahora se calcula la velocidad del fluido para poder calcular el caudal máximo que puede soportar la tubería y comprobar si cada desagüe es capaz de evacuar la mitad del agua pluvial máxima.

La fórmula de Robert Manning (Ecuación 17) permite calcular la velocidad del fluido:

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} = \frac{1}{0,009} \cdot 0,01245^{2/3} \cdot 1^{1/2} = 5,968 \text{ m/s}$$

Siendo,

n: coeficiente de rugosidad de Manning

R: radio hidráulico

S: pendiente del tubo (%)

Viendo la tabla 20, n para PVC es 0,009. La pendiente es de 90° por lo que en tanto por cien será de 1.

3.2.3 Caudal máximo por tubería

Ahora se calcula con el área y la velocidad, el caudal máximo que puede soportar cada tubería se calcula con la Ecuación 18.

$$Q = V \cdot A = V \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} = 5,968 \cdot \frac{\pi \cdot 0,052^2}{4} = 0,0126 \text{ m}^3/\text{s}$$

Para comparar, pasamos a m³/h:

$$0,0126 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} = 45,62 \text{ m}^3/\text{h}$$

Se puede observar como las tuberías pueden evacuar el caudal máximo de lluvia con creces. Las tuberías son capaces de evacuar cada una 45,62 m³/h mientras que el caudal máximo de lluvia es de 1,245 m³/h. Incluso con un único desagüe, la pérgola sería capaz de evacuar el agua.

En resumen, colocar tuberías permite recoger eficientemente el agua de lluvia por las columnas de desagüe y evitar este tipo de problemas.

4 Anexo IV. Cálculo de la energía generada por las placas fotovoltaicas

4.1 Datos iniciales	112
4.2 Comprobaciones de viabilidad del inversor y placas fotovoltaicas	113
4.3 Cálculos eléctricos en DMlect	114
4.3.1 Fórmulas utilizadas	114
4.3.2 Rango de funcionamiento entre los módulos y el inversor	122
4.3.3 Pérdidas en la instalación	122
4.4 Energía generada	124

4.1 Datos iniciales

Los datos iniciales de las placas solares se detallan a continuación. En primer lugar, las medidas de cada placa fotovoltaica diseñada:

Largo = 4900 mm

Ancho = 19 mm

Espesor = 10 mm (zona de las células)

Peso = $0,1 \text{ kN/m}^2 \cdot (4,9 \text{ m} \cdot 0,19 \text{ m}) = 0,0931 \text{ kN} = 9,5 \text{ kg / placa}$

-Dimensiones del módulo seleccionado según fabricante:

- Longitud (mm): 2278
- Anchura (mm): 1134
- Altura (mm): 35

-Información técnica (1000 W/m², 25°C):

- Potencia máxima (P): 535 W
- Tensión de vacío (VOC): 49.35 V
- Corriente de c.c. (ISC): 13.78 A
- Voltaje máxima potencia (VMPP): 41.5 V
- Corriente máxima potencia (IMPP): 12.9 A
- Eficiencia módulo (%): 20.7 %

Coefficientes de temperatura:

- Coef. T^a P_{Max} (%/°C): -0.34
- Coef. T^a I_{sc} (%/°C): 0.05
- Coef. T^a V_{oc} (%/°C): -0.26
- NOCT (°C): 47

El inversor seleccionado es el 'Fronius Symo 3-7-3-M'.

Una vez obtenidos los datos del inversor (apartado 13.1) y de la placa fotovoltaica seleccionada para la instalación, se procede a realizar la comprobación de viabilidad del inversor.

4.2 Comprobaciones de viabilidad del inversor y placas fotovoltaicas

Los datos geográficos de la pérgola se introducen en el software Dmelect (latitud, longitud, altitud temperatura ,etc.). El programa obtendrá valores de radiación solar por mes y la media anual, como se muestra en la *tabla 21*.

En primer lugar, se realizan una serie de cálculos explicados en el apartado 13.3 de la memoria, donde mediante la Ecuación 19 se obtiene la potencia máxima, y cono las Ecuaciones 19 y 20 se obtienen las temperaturas mínimas y máximas de trabajo de las placas.

$$P = \frac{\text{Rango de tensión de entrada } CC_{\text{máx}}}{\text{Voltaje máxima potencia } VMPP} = \frac{1000}{41,5} = 24,0963 \text{ W}$$

La temperatura mínima alcanzable se calcula como:

$$T_{\text{min}} = VMPP \cdot (T_{\text{min}} - 25) \cdot \frac{COEF V}{100} = 36,561 \text{ °C}$$

Siendo,

coef V (coeficiente de temperatura del voltaje) = -0,34

$T_{\text{min}} = -10 \text{ °C}$

Del mismo modo y con $T_{\text{max}} = 80 \text{ °C}$:

$$T_{\text{max}} = VMPP \cdot (T_{\text{max}} - 25) \cdot \frac{COEF V}{100} = 58,578 \text{ °C}$$

A continuación, se muestra una hoja de cálculos de Excel donde se resumen estos cálculos:

	MODULOS	LONGI LR5-82-HIH-535M	INVERSOR	SYMO 3.7-3-S	
	VOC	49.35	RANGO MPPT	150	1000
	VMPP	41.5	V MAX ENTRA	1000	
	IMPP	12.9	V MINIMA AR	200	
	ISC	13.78	IMAX entrada	16	
	Y-pmp	COEF V	I CORTO entr	31	
			Entradas	3	
	paneles serie	3.61445783	menor que	maxima pote	24.0963855
	paneles serie	3.03951368	menor que	maxima pote	20.2634245
Entre 5 y 24			Temperatura minima alcanzable		-10
			36.5615	num max mo	27.3511754
			Temperatura maxima de diseño 80		
			58.57845	num min moc	3.41422486
	El campo solar cuenta con 18 modulos				
	modulos	9	potencia	535	
	POT FV	4815	kwp		
	mppt inv	3		3 modulos seri	comprobacion
	ENTRADAS	3		3 series	
	tension calculos			Vmp	373.5
				Vca	444.15
	VMP	41.5			
	STRINGS				
		1	9	373.5	Tensión max 532.98
					tiene que ser menor que la del inversor
...	Calculos sección	Datos calor	Cálculos térmicos	Irradiación	Hoja7
					Cálculos FV

Figura 49. Cálculos fotovoltaicos en Excel.

A continuación, se calcula el voltaje en el punto de máxima potencia de los paneles y la tensión máxima instantánea mediante las Ecuaciones 21 y 22.

$$VMP = VMPP \cdot n^{\circ} \text{ de módulos} = 373,5 V$$

$$V_{\max inst} = 1,2 \cdot VOC \cdot n^{\circ} \text{ de módulos} = 532,98 V$$

Se demuestra numéricamente, que los valores de tensión están dentro del rango de trabajo del inversor, como se muestra en la figura 42.

4.3 Cálculo eléctrico en Dmlect

Una vez realizadas las comprobaciones, se introducen estos datos de entrada en el software y el programa calculará y justificará la energía total obtenida de las placas solares.

4.3.1 Fórmulas utilizadas

Intensidad de corriente:

Se calculará por aplicación de las ecuaciones siguientes:

- Circuito monofásico.

$$I = \frac{P}{U \times \cos\varphi}$$

- Circuito trifásico.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times U \times \cos\varphi}$$

Siendo:

- P = Potencia del circuito en vatios.
- V_s = Tensión simple.
- I = Corriente del circuito.
- $\cos\varphi$ = factor de potencia.

Caída de tensión:

Las fórmulas utilizadas para el cálculo de la caída de tensión al final de cada tramo, son las siguientes.

- Circuito monofásico.

$$A_v(\%) = \frac{2 \times L \times P \times \rho}{S \times V_s^2} (100)$$

- Circuito trifásico.

$$A_v(\%) = \frac{L \times P \times \rho}{S \times V_s^2} (100)$$

Siendo:

- P = Potencia activa en vatios.
- L = Longitud del circuito en metros.
- ρ = Resistividad del cobre $0,018 \Omega \times \text{mm}^2 / \text{m}$.
- V_s = Tensión simple = 230 V.
- V = tensión compuesta = 400 V.

Cálculo de secciones:

Para el cálculo de las secciones por el método de caída de tensión se utilizarán las siguientes fórmulas.

Para trifásico:

$$s = \left(\frac{100 * \rho * (\sum P_i * L_i)}{\%V * V} \right)$$

Para monofásico:

$$s = \left(\frac{200 * \rho * (\sum P_i * L_i)}{\%V * V} \right)$$

Siendo:

S = Sección del conductor en mm^2 .
 ρ = Resistividad del conductor (Cu = 0,017 y Al 0,028) en $\Omega \times \text{mm}^2/\text{m}$.
 L = Longitud del tramo en m.
 P = Potencia en el punto considerado.
 $\% V$ = Caída de tensión porcentual.
 V = Tensión nominal.

Fórmula conductividad eléctrica

$$\begin{aligned}
 K &= 1/r \\
 r &= r_{20}[1+a(T-20)] \\
 T &= T_0 + [(T_{\max}-T_0)(I/I_{\max})^2]
 \end{aligned}$$

Siendo,

K = Conductividad del conductor a la temperatura T .

r = Resistividad del conductor a la temperatura T .

r_{20} = Resistividad del conductor a 20°C .

$$\text{Cu} = 0.018$$

$$\text{Al} = 0.029$$

a = Coeficiente de temperatura:

$$\text{Cu} = 0.00392$$

$$\text{Al} = 0.00403$$

T = Temperatura del conductor ($^\circ\text{C}$).

T_0 = Temperatura ambiente ($^\circ\text{C}$):

Cables enterrados = 25°C

Cables al aire = 40°C

T_{\max} = Temperatura máxima admisible del conductor ($^\circ\text{C}$):

XLPE, EPR = 90°C

PVC = 70°C

I = Intensidad prevista por el conductor (A).

I_{\max} = Intensidad máxima admisible del conductor (A).

Fórmulas sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1,45 I_z$$

Dónde:

I_b : intensidad utilizada en el circuito.

I_z : intensidad admisible de la canalización según la norma UNE 20-460/5-523.

I_n : intensidad nominal del dispositivo de protección. Para los dispositivos de protección regulables, I_n es la intensidad de regulación escogida.

I_2 : intensidad que asegura efectivamente el funcionamiento del dispositivo de protección. En la práctica I_2 se toma igual:

- a la intensidad de funcionamiento en el tiempo convencional, para los interruptores automáticos ($1,45 I_n$ como máximo).

- a la intensidad de fusión en el tiempo convencional, para los fusibles ($1,6 I_n$).

Fórmulas compensación energía reactiva:

$$\begin{aligned} \cos\phi &= P/\sqrt{P^2+ Q^2}. \\ \tan\phi &= Q/P. \\ Q_c &= P(\tan\phi_1-\tan\phi_2). \\ C &= Q_c \times 1000/U^2 \times \omega; \text{ (Monofásico - Trifásico conexión estrella)}. \\ C &= Q_c \times 1000/3 \times U^2 \times \omega; \text{ (Trifásico conexión triángulo)}. \end{aligned}$$

Siendo:

P = Potencia activa instalación (kW).
 Q = Potencia reactiva instalación (kVAr).
 Q_c = Potencia reactiva a compensar (kVAr).

φ₁ = Angulo de desfase de la instalación sin compensar.
 φ₂ = Angulo de desfase que se quiere conseguir.
 U = Tensión compuesta (V).
 ω = 2πf ; f = 50 Hz.
 C = Capacidad condensadores (F); cx1000000(μF).

Fórmulas cortocircuito:

$$* I_{pccI} = C_t U / \sqrt{3} Z_t$$

Siendo,

I_{pccI}: intensidad permanente de c.c. en inicio de línea en kA.
 C_t: Coeficiente de tensión.
 U: Tensión trifásica en V.
 Z_t: Impedancia total en mohm, aguas arriba del punto de c.c. (sin incluir la línea o circuito en estudio).

$$* I_{pccF} = C_t U_F / 2 Z_t$$

Siendo,

I_{pccF}: Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en kA.
 C_t: Coeficiente de tensión.
 U_F: Tensión monofásica en V.
 Z_t: Impedancia total en mohm, incluyendo la propia de la línea o circuito (por tanto es igual a la impedancia en origen mas la propia del conductor o línea).

* La impedancia total hasta el punto de cortocircuito será:

$$Z_t = (R_t^2 + X_t^2)^{1/2}$$

Siendo,

R_t: R₁ + R₂ + + R_n (suma de las resistencias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)
 X_t: X₁ + X₂ + + X_n (suma de las reactancias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

$$R = L \cdot 1000 \cdot C_R / K \cdot S \cdot n \quad (\text{mohm})$$

$$X = X_u \cdot L / n \quad (\text{mohm})$$

R: Resistencia de la línea en mohm.

X: Reactancia de la línea en mohm.

L: Longitud de la línea en m.

C_R : Coeficiente de resistividad.

K: Conductividad del metal.

S: Sección de la línea en mm².

X_u : Reactancia de la línea, en mohm por metro.

n: nº de conductores por fase.

$$* t_{mcc} = C_c \cdot S^2 / I_{pcc} F^2$$

Siendo,

t_{mcc} : Tiempo máximo en sg que un conductor soporta una I_{pcc} .

C_c = Constante que depende de la naturaleza del conductor y de su aislamiento.

S: Sección de la línea en mm².

$I_{pcc} F$: Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A.

$$* t_{ficc} = cte. \text{ fusible} / I_{pcc} F^2$$

Siendo,

t_{ficc} : tiempo de fusión de un fusible para una determinada intensidad de cortocircuito.

$I_{pcc} F$: Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A.

$$* L_{max} = 0,8 U_F / 2 \cdot I_{F5} \cdot \sqrt{(1,5 / K \cdot S \cdot n)^2 + (X_u / n \cdot 1000)^2}$$

Siendo,

L_{max} : Longitud máxima de conductor protegido a c.c. (m) (para protección por fusibles)

U_F : Tensión de fase (V)

K: Conductividad

S: Sección del conductor (mm²)

X_u : Reactancia por unidad de longitud (mohm/m). En conductores aislados suele ser 0,1.

n: nº de conductores por fase

C_t = 0,8: Es el coeficiente de tensión.

C_R = 1,5: Es el coeficiente de resistencia.

I_{F5} = Intensidad de fusión en amperios de fusibles en 5 sg.

* Curvas válidas.(Para protección de Interruptores automáticos dotados de Relé electromagnético).

CURVA B

IMAG = 5 I_n

CURVA C

IMAG = 10 I_n

CURVA D Y MA

IMAG = 20 I_n

Fórmulas embarrados:

Cálculo electrodinámico

$$\sigma_{\max} = I_{\text{pcc}}^2 \cdot L^2 / (60 \cdot d \cdot W_y \cdot n)$$

Siendo,

- σ_{\max} : Tensión máxima en las pletinas (kg/cm²)
- I_{pcc} : Intensidad permanente de c.c. (kA)
- L: Separación entre apoyos (cm)
- d: Separación entre pletinas (cm)
- n: nº de pletinas por fase
- W_y : Módulo resistente por pletina eje y-y (cm³)
- σ_{adm} : Tensión admisible material (kg/cm²)

Comprobación por sollicitación térmica en cortocircuito

$$I_{\text{cccs}} = K_c \cdot S / (1000 \cdot t_{\text{cc}})$$

Siendo,

- I_{pcc} : Intensidad permanente de c.c. (kA)
- I_{cccs} : Intensidad de c.c. soportada por el conductor durante el tiempo de duración del c.c. (kA)
- S: Sección total de las pletinas (mm²)
- t_{cc} : Tiempo de duración del cortocircuito (sg)
- K_c : Constante del conductor: Cu = 164, Al = 107

Fórmulas de resistencia a tierra

Placa enterrada

$$R_t = 0,8 \cdot r / P$$

Siendo,

- R_t : Resistencia de tierra (Ohm)
- r: Resistividad del terreno (Ohm·m)
- P: Perímetro de la placa (m)

Pica vertical

$$R_t = r / L$$

Siendo,

- R_t : Resistencia de tierra (Ohm)
- r: Resistividad del terreno (Ohm·m)
- L: Longitud de la pica (m)

Conductor enterrado horizontalmente

$$R_t = 2 \cdot r / L$$

Siendo,

Rt: Resistencia de tierra (Ohm)
r: Resistividad del terreno (Ohm·m)
L: Longitud del conductor (m)

Asociación en paralelo de varios electrodos

$$R_t = 1 / (L_c/2r + L_p/r + P/0,8r)$$

Siendo,

Rt: Resistencia de tierra (Ohm)
r: Resistividad del terreno (Ohm·m)
Lc: Longitud total del conductor (m)
Lp: Longitud total de las picas (m)
P: Perímetro de las placas (m)

Instalación fotovoltaica aislada de red

Rendimiento energético de la instalación:

$$R = [1 - k_b - k_c - k_v - k_r] \cdot [1 - (k_a \cdot N/P_d)]$$

Siendo,

R: Rendimiento energético de la instalación.
kb: Coeficiente de pérdidas por rendimiento Baterías.
kc: Coeficiente de pérdidas en Convertidor.
kv: Coeficiente de pérdidas en Equipos y Cableado.
kr: Coeficiente de pérdidas en Regulador.
ka: Coeficiente de Pérdidas por Autodescarga Baterías.
N: N° Días de Autonomía de la instalación, cubiertos por la batería.
Pd: Profundidad descarga máxima baterías (%/100).

Potencia útil módulos Fotovoltaicos:

$$P_u = P_p \cdot f_t$$

Siendo,

Pu: Potencia útil módulos fotovoltáicos (W).
Pp: Potencia máxima (pico) módulos fotovoltáicos (W).
ft: Factor temperatura células.

N° Módulos Fotovoltaicos necesario:

$$N_p = E / E_p$$

Siendo,

Np: Número módulos fotovoltáicos necesario.
E: Energía diaria necesaria en el mes en estudio (Wh/día) = Et / R.
Et: Consumo eléctrico diario en el mes en estudio (Wh/día).
R: Rendimiento energético de la instalación.
Ep: Energía diaria generada por paneles fotovoltáicos en el mes en estudio (Wh/día) = Pu · HSP.

Pu: Potencia útil módulos fotovoltaicos.
HSP: Recurso fotovoltaico, Horas Sol Pico mes en estudio (h/día).

Instalación fotovoltaica conectada a red

$$E_g = P_p \cdot N_p \cdot R \cdot HSP \cdot N_d / 1000$$

Siendo,

Eg: Energía mensual generada (kWh/mes).
Pp: Potencia máxima (pico) módulos fotovoltaicos (W).
Np: N° módulos fotovoltaicos instalados.
R: Rendimiento global anual de la instalación (%/100).
HSP: Recurso fotovoltaico, Horas Sol Pico mes en estudio (h/día).
Nd: N° días mes en estudio.

Datos generales y conexión entre los módulos

Configuración Instalación: Conectada a la red

Tensión:

Continúa - U(V): 48
Alterna UFF(V): 400

Caída tensión máxima (%):

Corriente continúa: 1.5
Corriente alterna: 1.5
Cos phi : 0,8

Rendimiento global anual de la Inst. Fotovoltaica (%): 76

Ganancia Sistema Seguimiento solar Inst. Fotovoltaica (%): 0

Conexión entre los módulos:

Los paneles deben ser escogidos de manera que se permita establecer una configuración modular mediante la interconexión de varias unidades. Mediante asociaciones en serie y en paralelo será posible garantizar la tensión e intensidad requeridas.

A fin de aprovechar la energía generada de los paneles, la instalación contará con un área de captación solar para autoconsumo colectivo de las viviendas y zonas comunes de la Comunidad de Propietarios.

A fin de establecer el número de módulos en serie, se realizan las siguientes comprobaciones:

FV 01

Como la tensión de los paneles oscila entre $V_{mp}=41,50v$ y $V_{oc}=49,35v$, siendo el rango de funcionamiento del inversor escogido entre 150-1000 Vcc en modo MPPT, el número de paneles estará comprendido entre:

$$3,61 (150/41,50) < \text{Numero paneles serie} < 24,09 (100/41,50)$$

$$3,04 (150/49,35) < \text{Numero paneles serie} < 20,26 (100/49,35)$$

La configuración de la instalación es la siguiente:

Uso	Nº de módulos	Strings	Configuración	Tensión (V)
FV01	9	1	1 rama de 9 módulos	373,50

Tabla 22. Configuración de la instalación solar de 9 módulos.

Los módulos tendrán una intensidad total de 13,04 A.

4.3.2 Rango de funcionamiento entre los módulos y el inversor

Para que la instalación trabaje a pleno rendimiento, se debe incorporar un sistema de seguimiento del punto de máxima potencia. Para ello es recomendable que el inversor disponga de este sistema, o bien se incorpore un equipo especialmente diseñado para tal fin.

De este modo, el inversor escogido deberá cumplir con los siguientes parámetros límite:

- Las tensiones producidas bajo 1000 W/m² y a una temperatura de 25°C deben estar dentro los límites que nos definen el MPP.

Ubicación	Nº de módulos	Potencia [kW]	Inversor	Potencia inversor [kW]
Cubierta FV 01	9	4,815	SYMO 3.7.3 (o equivalente)	3,70

Tabla 23. Datos de la instalación.

4.3.3 Pérdidas en la instalación

Se determinará la orientación e inclinación óptimas ($a = 0^\circ$, b_{opt}) para el período de diseño elegido. En la tabla siguiente se presentan períodos de diseño habituales y la correspondiente inclinación del generador que hace que la colección de energía sea máxima:

Periodo de diseño	α_{opt}	
Diciembre	$\alpha + 10$	1.7
Julio	$\alpha - 20$	1
Anual	$\alpha - 10$	1.15

α = Latitud del emplazamiento, en grados

Tabla 24. Diseño de inclinación.

Se buscará, en la medida de lo posible, orientar el generador de forma que la energía captada sea máxima en el período de diseño ($\alpha = 0^\circ$, α_{opt}). Sin embargo, no será siempre posible orientar e inclinar el generador de forma óptima, ya que pueden influir otros factores como son la acumulación de suciedad en los módulos, la resistencia al viento, las sombras, etc.

Al trabajar con unos parámetros distintos a los óptimos, las pérdidas por orientación e inclinación se calculan siguiendo el método descrito en el Anexo II del Pliego de Condiciones Técnicas del IDAE para instalaciones conectadas a la red. Con ello se determinan los valores máximo y mínimo de inclinación permitidos para la instalación, los cuales dependen de la orientación de los paneles respecto al sur y de la latitud de la instalación.

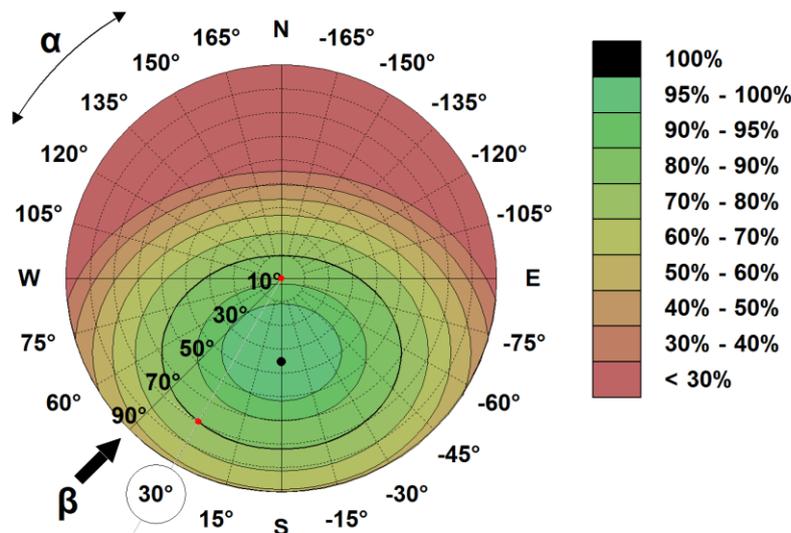


Figura 50. Configuración de valores máximos y mínimos de inclinación para la orientación de los paneles.

Las pérdidas resultantes para la instalación que contará con inclinación de 0° (condición desfavorable) y acimut 0° se estima en un 9,5%.

Pérdidas por sombras:

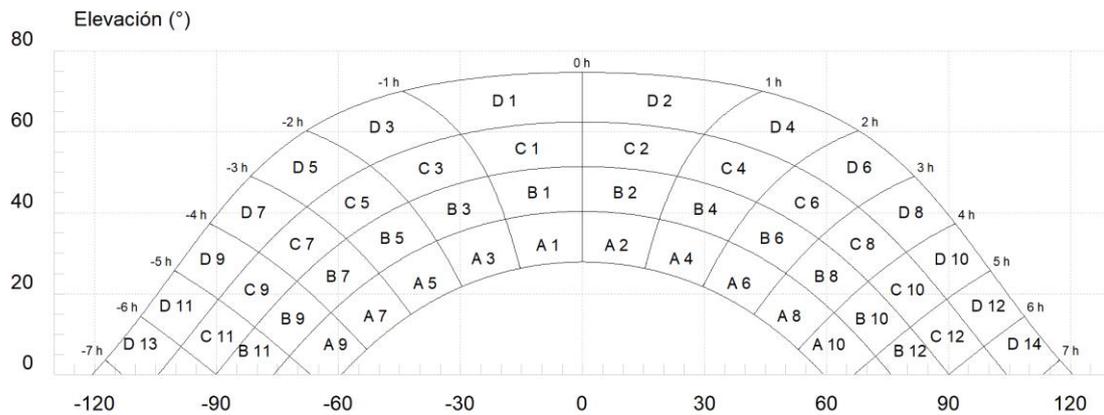


Figura 51. Azimut solar.

La orientación e inclinación del generador fotovoltaico y las posibles sombras sobre el mismo serán tales que las pérdidas sean inferiores a los límites de la tabla siguiente:

	Orientación e inclinación (OI)	Sombras (S)	Total (OI + S)
Plano inclinado	10%	10%	15%
Superposición	20%	15%	30%
Integración arquitectónica	40%	20%	50%

Tabla 25. Límite de pérdidas en tanto por cien.

A fin de evitar pérdidas de potencia en la instalación solar debidas a sombras en algunos módulos de la instalación, se instalarán optimizadores para reducir las pérdidas de eficiencia. Se estima una pérdidas por sombras del 3%.

4.4 Energía generada

Se establece un período de diseño en función de las necesidades de consumo y de la radiación incidente para dimensionar el generador fotovoltaico.

- En escenarios de consumo constante a lo largo del año, el criterio de 'peor mes' corresponde con el de menor radiación.
- En instalaciones de bombeo, dependiendo de la localidad y disponibilidad de agua, el 'mes peor' corresponde a veces con el verano.
- Para maximizar la producción anual, el período de diseño es todo el año.

A fin de obtener la energía generada se ha obtenido con **PVGIS**, aplicación oficial de reconocido prestigio desarrollada por la **Unión Europea** que permite calcular la producción fotovoltaica en

cualquier zona de Europa, Asia y América, recomendada por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).

Mes	Pot. pico mod. fot. Pp (W)	Nº módulos fotov. Np	Rend. inst. R	HSP (h/día)	Nº días/mes	Energía generada mod. fot. Eg (kWh/mes)
Enero	535	18	0,76	4,031	31	914,585
Febrero	535	18	0,76	5,172	28	1059,956
Marzo	535	18	0,76	5,235	31	1187,821
Abril	535	18	0,76	5,859	30	1286,347
Mayo	535	18	0,76	6,127	31	1390,173
Junio	535	18	0,76	6,411	30	1407,712
Julio	535	18	0,76	6,584	31	1493,773
Agosto	535	18	0,76	6,118	31	1387,992
Septiembre	535	18	0,76	5,707	30	1253,045
Octubre	535	18	0,76	4,736	31	1074,528
Noviembre	535	18	0,76	3,752	30	823,872
Diciembre	535	18	0,76	3,295	31	747,614
Total año:						14027,42

Tabla 26. Energía generada kWh/mes y total de año.

La energía total generada por la instalación solar es de 14027,42 kWh/año.

PLIEGO DE CONDICIONES

Pliego de condiciones técnicas

INDICE

1. PLIEGO DE CLÁUSULAS ADMINISTRATIVAS
 - 1.1. Disposiciones Generales
 - 1.1.1. Disposiciones de carácter general
 - 1.1.1.1. Objeto del Pliego de Condiciones
 - 1.1.1.2. Contrato de obra
 - 1.1.1.3. Documentación del contrato de obra
 - 1.1.1.4. Proyecto Arquitectónico
 - 1.1.1.5. Reglamentación urbanística
 - 1.1.1.6. Formalización del Contrato de Obra
 - 1.1.1.7. Jurisdicción competente
 - 1.1.1.8. Ejecución de las obras y responsabilidad del contratista
 - 1.1.1.9. Accidentes de trabajo
 - 1.1.1.10. Daños y perjuicios a terceros
 - 1.1.1.11. Anuncios y carteles
 - 1.1.1.12. Copia de documentos
 - 1.1.1.13. Suministro de materiales
 - 1.1.1.14. Hallazgos
 - 1.1.1.15. Causas de rescisión del contrato de obra
 - 1.1.1.16. Efectos de rescisión del contrato de obra
 - 1.1.1.17. Omisiones: Buena fe
 - 1.1.2. Disposiciones relativas a trabajos, materiales y medios auxiliares
 - 1.1.2.1. Accesos y vallados
 - 1.1.2.2. Replantes
 - 1.1.2.3. Inicio de la obra y ritmo de ejecución de los trabajos
 - 1.1.2.4. Orden de los trabajos
 - 1.1.2.5. Facilidades para otros contratistas
 - 1.1.2.6. Ampliación del proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor
 - 1.1.2.7. Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones del proyecto

- 1.1.2.8. Prórroga por causa de fuerza mayor
- 1.1.2.9. Responsabilidad de la dirección facultativa en el retraso de la obra
- 1.1.2.10. Trabajos defectuosos
- 1.1.2.11. Responsabilidad por vicios ocultos
- 1.1.2.12. Procedencia de materiales, aparatos y equipos
- 1.1.2.13. Presentación de muestras
- 1.1.2.14. Materiales, aparatos y equipos defectuosos
- 1.1.2.15. Gastos ocasionados por pruebas y ensayos
- 1.1.2.16. Limpieza de las obras
- 1.1.2.17. Obras sin prescripciones explícitas
- 1.1.3. Disposiciones de las recepciones de edificios y obras anejas
 - 1.1.3.1. Consideraciones de carácter general
 - 1.1.3.2. Recepción provisional
 - 1.1.3.3. Documentación final de la obra
 - 1.1.3.4. Medición definitiva y liquidación provisional de la obra
 - 1.1.3.5. Plazo de garantía
 - 1.1.3.6. Conservación de las obras recibidas provisionalmente
 - 1.1.3.7. Recepción definitiva
 - 1.1.3.8. Prórroga del plazo de garantía
 - 1.1.3.9. Recepciones de trabajos cuya contrata haya sido rescindida
- 1.2. Disposiciones Facultativas
 - 1.2.1. Definición, atribuciones y obligaciones de los agentes de la edificación
 - 1.2.1.1. El promotor
 - 1.2.1.2. El proyectista
 - 1.2.1.3. El constructor o contratista
 - 1.2.1.4. El director de obra
 - 1.2.1.5. El director de la ejecución de la obra
 - 1.2.1.6. Las entidades y los laboratorios de control de calidad de la edificación
 - 1.2.1.7. Los suministradores de productos
 - 1.2.2. Agentes que intervienen en la obra
 - 1.2.3. Agentes en materia de seguridad y salud
 - 1.2.4. Agentes en materia de gestión de residuos

- 1.2.5. La dirección facultativa
- 1.2.6. Visitas facultativas
- 1.2.7. Obligaciones de los agentes intervinientes
 - 1.2.7.1. El promotor
 - 1.2.7.2. El proyectista
 - 1.2.7.3. El constructor o contratista
 - 1.2.7.4. La dirección facultativa
 - 1.2.7.5. El director de obra
 - 1.2.7.6. El director de la ejecución de la obra
 - 1.2.7.7. Las entidades y los laboratorios de control de calidad de la edificación
 - 1.2.7.8. Los suministradores de productos
 - 1.2.7.9. Los propietarios y los usuarios
- 1.2.8. Documentación final de obra: Libro del Edificio
 - 1.2.8.1. Los propietarios y los usuarios
- 1.3. Disposiciones Económicas
 - 1.3.1. Definición
 - 1.3.2. Contrato de obra
 - 1.3.3. Criterio General
 - 1.3.4. Fianzas
 - 1.3.4.1. Ejecución de trabajos con cargo a la fianza
 - 1.3.4.2. Devolución de las fianzas
 - 1.3.4.3. Devolución de la fianza en el caso de efectuarse recepciones parciales
 - 1.3.5. De los precios
 - 1.3.5.1. Precio básico
 - 1.3.5.2. Precio unitario
 - 1.3.5.3. Presupuesto de Ejecución Material (PEM)
 - 1.3.5.4. Precios contradictorios
 - 1.3.5.5. Reclamación de aumento de precios
 - 1.3.5.6. Formas tradicionales de medir o de aplicar los precios
 - 1.3.5.7. De la revisión de los precios contratados
 - 1.3.5.8. Acopio de materiales
 - 1.3.6. Obras por administración

- 1.3.7. Valoración y abono de los trabajos
 - 1.3.7.1. Forma y plazos de abono de las obras
 - 1.3.7.2. Relaciones valoradas y certificaciones
 - 1.3.7.3. Mejora de obras libremente ejecutadas
 - 1.3.7.4. Abono de trabajos presupuestados con partida alzada
 - 1.3.7.5. Abono de trabajos especiales no contratados
 - 1.3.7.6. Abono de trabajos ejecutados durante el plazo de garantía
 - 1.3.8. Indemnizaciones Mutuas
 - 1.3.8.1. Indemnización por retraso del plazo de terminación de las obras
 - 1.3.8.2. Demora de los pagos por parte del promotor
 - 1.3.9. Varios
 - 1.3.9.1. Mejoras, aumentos y/o reducciones de obra
 - 1.3.9.2. Unidades de obra defectuosas
 - 1.3.9.3. Seguro de las obras
 - 1.3.9.4. Conservación de la obra
 - 1.3.9.5. Uso por el contratista de edificio o bienes del promotor
 - 1.3.9.6. Pago de arbitrios
 - 1.3.10. Retenciones en concepto de garantía
 - 1.3.11. Plazos de ejecución: Planning de obra
 - 1.3.12. Liquidación económica de las obras
 - 1.3.13. Liquidación final de la obra
2. **PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES**
- 2.1. Prescripciones sobre los materiales
 - 2.1.1. Garantías de calidad (Marcado CE)
 - 2.2. Prescripciones en cuanto a la Ejecución por Unidad de Obra
 - 2.3. Prescripciones sobre verificaciones en el edificio terminado
 - 2.4. Prescripciones en relación con el almacenamiento, manejo, separación y otras operaciones de gestión de los residuos de construcción y demolición

1. PLIEGO DE CLÁUSULAS ADMINISTRATIVAS

1.1. Disposiciones Generales

1.1.1. Disposiciones de carácter general

1.1.1.1. Objeto del Pliego de Condiciones

La finalidad de este Pliego es la de fijar los criterios de la relación que se establece entre los agentes que intervienen en las obras definidas en el presente proyecto y servir de base para la realización del contrato de obra entre el promotor y el contratista.

1.1.1.2. Contrato de obra

Se recomienda la contratación de la ejecución de las obras por unidades de obra, con arreglo a los documentos del proyecto y en cifras fijas. A tal fin, el director de obra ofrece la documentación necesaria para la realización del contrato de obra.

1.1.1.3. Documentación del contrato de obra

Integran el contrato de obra los siguientes documentos, relacionados por orden de prelación atendiendo al valor de sus especificaciones, en el caso de posibles interpretaciones, omisiones o contradicciones:

Las condiciones fijadas en el contrato de obra. El presente Pliego de Condiciones.

La documentación gráfica y escrita del Proyecto: planos generales y de detalle, memorias, anejos, mediciones y presupuestos.

En el caso de interpretación, prevalecen las especificaciones literales sobre las gráficas y las cotas sobre las medidas a escala tomadas de los planos.

1.1.1.4. Proyecto Arquitectónico

El Proyecto Arquitectónico es el conjunto de documentos que definen y determinan las exigencias técnicas, funcionales y estéticas de las obras contempladas en la "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación". En él se justificará técnicamente las soluciones propuestas de acuerdo con las especificaciones requeridas por la normativa técnica aplicable.

Cuando el proyecto se desarrolle o complete mediante proyectos parciales u otros documentos técnicos sobre tecnologías específicas o instalaciones del edificio, se mantendrá entre todos ellos la necesaria coordinación, sin que se produzca una duplicidad en la documentación ni en los honorarios a percibir por los autores de los distintos trabajos indicados.

Los documentos complementarios al Proyecto serán:

Todos los planos o documentos de obra que, a lo largo de la misma, vaya suministrando la Dirección de Obra como interpretación, complemento o precisión.

El Libro de Órdenes y Asistencias.

El Programa de Control de Calidad de Edificación y su Libro de Control.

El Estudio de Seguridad y Salud o Estudio Básico de Seguridad y Salud en las obras. El Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo, elaborado por cada contratista.

Estudio de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición. Licencias y otras autorizaciones administrativas.

1.1.1.5. Reglamentación urbanística

La obra a construir se ajustará a todas las limitaciones del proyecto aprobado por los organismos competentes, especialmente las que se refieren al volumen, alturas, emplazamiento y ocupación del solar, así como a todas las condiciones de reforma del proyecto que pueda exigir la Administración para ajustarlo a las Ordenanzas, a las Normas y al Planeamiento Vigente.

1.1.1.6. Formalización del Contrato de Obra

Los Contratos se formalizarán, en general, mediante documento privado, que podrá elevarse a escritura pública a petición de cualquiera de las partes.

El cuerpo de estos documentos contendrá: La comunicación de la adjudicación.

La copia del recibo de depósito de la fianza (en caso de que se haya exigido).

La cláusula en la que se exprese, de forma categórica, que el contratista se obliga al cumplimiento estricto del contrato de obra, conforme a lo previsto en este Pliego de Condiciones, junto con la Memoria y sus Anejos, el Estado de Mediciones, Presupuestos, Planos y todos los documentos que han de servir de base para la realización de las obras definidas en el presente Proyecto.

El contratista, antes de la formalización del contrato de obra, dará también su conformidad con la firma al pie del Pliego de Condiciones, los Planos, Cuadro de Precios y Presupuesto General.

Serán a cuenta del adjudicatario todos los gastos que ocasione la extensión del documento en que se consigne el contratista.

1.1.1.7. Jurisdicción competente

En el caso de no llegar a un acuerdo cuando surjan diferencias entre las partes, ambas quedan obligadas a someter la discusión de todas las cuestiones derivadas de su contrato a las Autoridades y Tribunales Administrativos con arreglo a la legislación vigente, renunciando al derecho común y al fuero de su domicilio, siendo competente la jurisdicción donde estuviese ubicada la obra.

1.1.1.8. Ejecución de las obras y responsabilidad del contratista

Las obras se ejecutarán con estricta sujeción a las estipulaciones contenidas en el pliego de cláusulas administrativas particulares y al proyecto que sirve de base al contrato y conforme a las instrucciones que la dirección facultativa de las obras diere al contratista.

Cuando las instrucciones fueren de carácter verbal, deberán ser ratificadas por escrito en el más breve plazo posible, para que sean vinculantes para las partes.

El contratista es responsable de la ejecución de las obras y de todos los defectos que en la construcción puedan advertirse durante el desarrollo de las obras y hasta que se cumpla el plazo de garantía, en las condiciones establecidas en el contrato y en los documentos que componen el Proyecto.

En consecuencia, quedará obligado a la demolición y reconstrucción de todas las unidades de obra con deficiencias o mal ejecutadas, sin que pueda servir de excusa el hecho de que la dirección facultativa haya examinado y reconocido la construcción durante sus visitas de obra, ni que hayan sido abonadas en liquidaciones parciales.

1.1.1.9. Accidentes de trabajo

Es de obligado cumplimiento el "Real Decreto 1627/1997. Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción" y demás legislación vigente que, tanto directa como indirectamente, inciden sobre la planificación de la seguridad y salud en el trabajo de la construcción, conservación y mantenimiento de edificios.

Es responsabilidad del Coordinador de Seguridad y Salud el control y el seguimiento, durante toda la ejecución de la obra, del Plan de Seguridad y Salud redactado por el contratista.

1.1.1.10. Daños y perjuicios a terceros

El contratista será responsable de todos los accidentes que, por inexperiencia o descuido, sobrevinieran tanto en la edificación donde se efectúen las obras como en las colindantes o contiguas. Será por tanto de su cuenta el abono de las indemnizaciones a quien corresponda y cuando a ello hubiere lugar, y de todos los daños y perjuicios que puedan ocasionarse o causarse en las operaciones de la ejecución de las obras.

Asimismo, será responsable de los daños y perjuicios directos o indirectos que se puedan ocasionar frente a terceros

como consecuencia de la obra, tanto en ella como en sus alrededores, incluso los que se produzcan por omisión o negligencia del personal a su cargo, así como los que se deriven de los subcontratistas e industriales que intervengan en la obra.

Es de su responsabilidad mantener vigente durante la ejecución de los trabajos una póliza de seguros frente a terceros, en la modalidad de "Todo riesgo al derribo y la construcción", suscrita por una compañía aseguradora con la suficiente solvencia para la cobertura de los trabajos contratados. Dicha póliza será aportada y ratificada por el promotor, no pudiendo ser cancelada mientras no se firme el Acta de Recepción Provisional de la obra.

1.1.1.11. Anuncios y carteles

Sin previa autorización del promotor, no se podrán colocar en las obras ni en sus vallas más inscripciones o anuncios que los convenientes al régimen de los trabajos y los exigidos por la policía local.

1.1.1.12. Copia de documentos

El contratista, a su costa, tiene derecho a sacar copias de los documentos integrantes del Proyecto.

1.1.1.13. Suministro de materiales

Se especificará en el Contrato la responsabilidad que pueda haber al contratista por retraso en el plazo de terminación o en plazos parciales, como consecuencia de deficiencias o faltas en los suministros.

1.1.1.14. Hallazgos

El promotor se reserva la posesión de las antigüedades, objetos de arte o sustancias minerales utilizables que se encuentren en las excavaciones y demoliciones practicadas en sus terrenos o edificaciones. El contratista deberá emplear, para extraerlos, todas las precauciones que se le indiquen por parte del director de obra.

El promotor abonará al contratista el exceso de obras o gastos especiales que estos trabajos ocasionen, siempre que estén debidamente justificados y aceptados por la dirección facultativa.

1.1.1.15. Causas de rescisión del contrato de obra

Se considerarán causas suficientes de rescisión de contrato:

- a) La muerte o incapacitación del contratista.
- b) La quiebra del contratista.
- c) Las alteraciones del contrato por las causas siguientes:
 - a. La modificación del proyecto en forma tal que represente alteraciones fundamentales del mismo a juicio del director de obra y, en cualquier caso, siempre que la variación del Presupuesto de Ejecución Material, como consecuencia de estas modificaciones, represente una desviación mayor del 20%.
 - b. Las modificaciones de unidades de obra, siempre que representen variaciones en más o en menos del 40% del proyecto original, o más de un 50% de unidades de obra del proyecto reformado.
 - d) La suspensión de obra comenzada, siempre que el plazo de suspensión haya excedido de un año y, en todo caso, siempre que por causas ajenas al contratista no se dé comienzo a la obra adjudicada dentro del plazo de tres meses a partir de la adjudicación. En este caso, la devolución de la fianza será automática.
 - e) La suspensión de la iniciación de las obras por plazo superior a cuatro meses.
 - f) Que el contratista no comience los trabajos dentro del plazo señalado en el contrato.
 - g) La demora injustificada en la comprobación del replanteo.
 - h) La suspensión de las obras por plazo superior a ocho meses por parte del promotor.
 - i) El incumplimiento de las condiciones del Contrato cuando implique descuido o mala fe, con perjuicio de los intereses de las obras.
 - j) El vencimiento del plazo de ejecución de la obra.
 - k) El desistimiento o el abandono de la obra sin causas justificadas.
 - l) La mala fe en la ejecución de la obra.

1.1.1.16. Efectos de rescisión del contrato de obra

La resolución del contrato dará lugar a la comprobación, medición y liquidación de las obras realizadas con arreglo al proyecto, fijando los saldos pertinentes a favor o en contra del contratista.

Si se demorase injustificadamente la comprobación del replanteo, dando lugar a la resolución del contrato, el contratista sólo tendrá derecho por todos los conceptos a una indemnización equivalente al 2 por cien del precio de la adjudicación, excluidos los impuestos.

En el supuesto de desistimiento antes de la iniciación de las obras, o de suspensión de la iniciación de las mismas por parte del promotor por plazo superior a cuatro meses, el contratista tendrá derecho a percibir por todos los conceptos una indemnización del 3 por cien del precio de adjudicación, excluidos los impuestos.

En caso de desistimiento una vez iniciada la ejecución de las obras, o de suspensión de las obras iniciadas por plazo superior a ocho meses, el contratista tendrá derecho por todos los conceptos al 6 por cien del precio de adjudicación del contrato de las obras dejadas de realizar en concepto de beneficio industrial, excluidos los impuestos.

1.1.1.17. Omisiones: Buena fe

Las relaciones entre el promotor y el contratista, reguladas por el presente Pliego de Condiciones y la documentación complementaria, presentan la prestación de un servicio al promotor por parte del contratista mediante la ejecución de una obra, basándose en la BUENA FE mutua de ambas partes, que pretenden beneficiarse de esta colaboración sin ningún tipo de perjuicio. Por este motivo, las relaciones entre ambas partes y las omisiones que puedan existir en este Pliego y la documentación complementaria del proyecto y de la obra, se entenderán siempre suplidas por la BUENA FE de las partes, que las subsanarán debidamente con el fin de conseguir una adecuada CALIDAD FINAL de la obra.

1.1.2. Disposiciones relativas a trabajos, materiales y medios auxiliares

Se describen las disposiciones básicas a considerar en la ejecución de las obras, relativas a los trabajos, materiales y medios auxiliares, así como a las recepciones de los edificios objeto del presente proyecto y sus obras anejas.

1.1.2.1. Accesos y vallados

El contratista dispondrá, por su cuenta, los accesos a la obra, el cerramiento o el vallado de ésta y su mantenimiento durante la ejecución de la obra, pudiendo exigir el director de ejecución de la obra su modificación o mejora.

1.1.2.2. Replanteo

La ejecución del contrato de obras comenzará con el acta de comprobación del replanteo, dentro del plazo de treinta días desde la fecha de su formalización.

El contratista iniciará "in situ" el replanteo de las obras, señalando las referencias principales que mantendrá como base de posteriores replanteos parciales. Dichos trabajos se considerarán a cargo del contratista e incluidos en su oferta económica.

Asimismo, someterá el replanteo a la aprobación del director de ejecución de la obra y, una vez éste haya dado su conformidad, preparará el Acta de Inicio y Replanteo de la Obra acompañada

de un plano de replanteo definitivo, que deberá ser aprobado por el director de obra. Será responsabilidad del contratista la deficiencia o la omisión de este trámite.

1.1.2.3. Inicio de la obra y ritmo de ejecución de los trabajos

El contratista dará comienzo a las obras en el plazo especificado en el respectivo contrato, desarrollándose de manera adecuada para que dentro de los períodos parciales señalados se realicen los trabajos, de modo que la ejecución total se lleve a cabo dentro del plazo establecido en el contrato.

Será obligación del contratista comunicar a la dirección facultativa el inicio de las obras, de forma fehaciente y preferiblemente por escrito, al menos con tres días de antelación.

El director de obra redactará el acta de comienzo de la obra y la suscribirán en la misma obra junto con él, el día de

comienzo de los trabajos, el director de la ejecución de la obra, el promotor y el contratista.

Para la formalización del acta de comienzo de la obra, el director de la obra comprobará que en la obra existe copia de los siguientes documentos:

Proyecto de Ejecución, Anejos y modificaciones.

Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo y su acta de aprobación por parte del Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de los trabajos.

Licencia de Obra otorgada por el Ayuntamiento.

Comunicación de apertura de centro de trabajo efectuada por el contratista.

Otras autorizaciones, permisos y licencias que sean preceptivas por otras administraciones.

Libro de Órdenes y Asistencias.

Libro de Incidencias.

La fecha del acta de comienzo de la obra marca el inicio de los plazos parciales y total de la ejecución de la obra.

1.1.2.4. Orden de los trabajos

La determinación del orden de los trabajos es, generalmente, facultad del contratista, salvo en aquellos casos en que, por circunstancias de naturaleza técnica, se estime conveniente su variación por parte de la dirección facultativa.

1.1.2.5. Facilidades para otros contratistas

De acuerdo con lo que requiera la dirección facultativa, el contratista dará todas las facilidades razonables para la realización de los trabajos que le sean encomendados a los Subcontratistas u otros Contratistas que intervengan en la ejecución de la obra. Todo ello sin perjuicio de las compensaciones económicas a que haya lugar por la utilización de los medios auxiliares o los suministros de energía u otros conceptos.

En caso de litigio, todos ellos se ajustarán a lo que resuelva la dirección facultativa.

1.1.2.6. Ampliación del proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor

Cuando se precise ampliar el Proyecto, por motivo imprevisto o por cualquier incidencia, no se interrumpirán los trabajos, continuándose según las instrucciones de la dirección facultativa en tanto se formula o se tramita el Proyecto Reformado.

El contratista está obligado a realizar, con su personal y sus medios materiales, cuanto la dirección de ejecución de la obra disponga para apeos, apuntalamientos, derribos, recalces o cualquier obra de carácter urgente, anticipando de momento este servicio, cuyo importe le será consignado en un presupuesto adicional o abonado directamente, de acuerdo con lo que se convenga.

1.1.2.7. Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones del proyecto

El contratista podrá requerir del director de obra o del director de ejecución de la obra, según sus respectivos cometidos y atribuciones, las instrucciones o aclaraciones que se precisen para la correcta interpretación y ejecución de la obra proyectada.

Cuando se trate de interpretar, aclarar o modificar preceptos de los Pliegos de Condiciones o indicaciones de los planos, croquis, órdenes e instrucciones correspondientes, se comunicarán necesariamente por escrito al contratista, estando éste a su vez obligado a devolver los originales o las copias, suscribiendo con su firma el enterado, que figurará al pie de todas las órdenes, avisos e instrucciones que reciba tanto del director de ejecución de la obra, como del director de obra.

Cualquier reclamación que crea oportuno hacer el contratista en contra de las disposiciones tomadas por la dirección facultativa, habrá de dirigirla, dentro del plazo de tres días, a quien la hubiera dictado, el cual le dará el correspondiente recibo, si éste lo solicitase.

1.1.2.8. Prórroga por causa de fuerza mayor

Si, por causa de fuerza mayor o independientemente de la voluntad del contratista, éste no pudiese comenzar las obras, tuviese que suspenderlas o no le fuera posible terminarlas en los plazos prefijados, se le otorgará una prórroga proporcionada para su cumplimiento, previo informe favorable del director de obra. Para ello, el contratista expondrá, en escrito dirigido al director de obra, la causa que impide la ejecución o la marcha de los trabajos y el retraso que por ello se originaría en los plazos acordados, razonando debidamente la prórroga que por dicha causa solicita.

Tendrán la consideración de casos de fuerza mayor los siguientes: Los incendios causados por la electricidad atmosférica.

Los fenómenos naturales de efectos catastróficos, como maremotos, terremotos, erupciones volcánicas, movimientos del terreno, temporales marítimos, inundaciones u otros semejantes.

Los destrozos ocasionados violentamente en tiempo de guerra, robos tumultuosos o alteraciones graves del orden público.

1.1.2.9. Responsabilidad de la dirección facultativa en el retraso de la obra

El contratista no podrá excusarse de no haber cumplido los plazos de obras estipulados, alegando como causa la carencia de planos u órdenes de la dirección facultativa, a excepción del caso en que habiéndolo solicitado por escrito, no se le hubiese proporcionado.

1.1.2.10. Trabajos defectuosos

El contratista debe emplear los materiales que cumplan las condiciones exigidas en el proyecto, y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo estipulado.

Por ello, y hasta que tenga lugar la recepción definitiva del edificio, el contratista es responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que puedan existir por su mala ejecución, no siendo un eximente el que la dirección facultativa lo haya examinado o reconocido con anterioridad, ni tampoco el hecho de que estos trabajos hayan sido valorados en las Certificaciones Parciales de obra, que siempre se entenderán extendidas y abonadas a buena cuenta.

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando el director de ejecución de la obra advierta vicios o defectos en los trabajos ejecutados, o que los materiales empleados o los aparatos y equipos colocados no reúnen las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos o una vez finalizados con anterioridad a la recepción definitiva de la obra, podrá disponer que las partes defectuosas sean sustituidas o demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado a expensas del contratista. Si ésta no estimase justa la decisión y se negase a la sustitución, demolición y reconstrucción ordenadas, se planteará la cuestión ante el director de obra, quien mediará para resolverla.

1.1.2.11. Responsabilidad por vicios ocultos

El contratista es el único responsable de los vicios ocultos y de los defectos de la construcción, durante la ejecución de las obras y el periodo de garantía, hasta los plazos prescritos después de la terminación de las obras en la vigente "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación", aparte de otras responsabilidades legales o de cualquier índole que puedan derivarse.

Si la obra se arruina o sufre deterioros graves incompatibles con su función con posterioridad a la expiración del plazo de garantía por vicios ocultos de la construcción, debido a incumplimiento del contrato por parte del contratista, éste responderá de los daños y perjuicios que se produzcan o se manifiesten durante un plazo de quince años a contar desde la recepción de la obra.

Asimismo, el contratista responderá durante dicho plazo de los daños materiales causados en la obra por vicios o defectos que afecten a la cimentación, los soportes, las vigas, los forjados, los muros de carga u otros elementos estructurales, y que comprometan directamente la resistencia mecánica y la estabilidad de la construcción, contados desde la fecha de recepción de la obra sin reservas o desde la subsanación de estas.

Si el director de ejecución de la obra tuviese fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos de construcción en las obras ejecutadas, ordenará, cuando estime oportuno, realizar antes de la recepción definitiva los ensayos, destructivos o no, que considere necesarios para reconocer o diagnosticar los trabajos que suponga defectuosos, dando cuenta de la circunstancia al director de obra.

El contratista demolerá, y reconstruirá posteriormente a su cargo, todas las unidades de obra mal ejecutadas, sus consecuencias, daños y perjuicios, no pudiendo eludir su responsabilidad por el hecho de que el director de obra y/o el director de ejecución de obra lo hayan examinado o reconocido con anterioridad, o que haya sido conformada o abonada una parte o la totalidad de las obras mal ejecutadas.

1.1.2.12. Procedencia de materiales, aparatos y equipos

El contratista tiene libertad de proveerse de los materiales, aparatos y equipos de todas clases donde considere oportuno y conveniente para sus intereses, excepto en aquellos casos en los se preceptúe una procedencia y características específicas en el proyecto.

Obligatoriamente, y antes de proceder a su empleo, acopio y puesta en obra, el contratista deberá presentar al director de ejecución de la obra una lista completa de los materiales, aparatos y equipos que vaya a utilizar, en la que se especifiquen todas las indicaciones sobre sus características técnicas, marcas, calidades, procedencia e idoneidad de cada uno de ellos.

1.1.2.13. Presentación de muestras

A petición del director de obra, el contratista presentará las muestras de los materiales, aparatos y equipos, siempre con la antelación prevista en el calendario de obra.

1.1.2.14. Materiales, aparatos y equipos defectuosos

Cuando los materiales, aparatos, equipos y elementos de instalaciones no fuesen de la calidad y características técnicas prescritas en el proyecto, no tuvieran la preparación en él exigida o cuando, a falta de prescripciones formales, se reconociera o demostrara que no son los adecuados para su fin, el director de obra, a instancias del director de ejecución de la obra, dará la orden al contratista de sustituirlos por otros que satisfagan las condiciones o sean los adecuados al fin al que se destinen.

Si, a los 15 días de recibir el contratista orden de que retire los materiales que no estén en condiciones, ésta no ha sido cumplida, podrá hacerlo el promotor a cuenta de contratista.

En el caso de que los materiales, aparatos, equipos o elementos de instalaciones fueran defectuosos, pero aceptables a juicio del director de obra, se recibirán con la rebaja del precio que aquél determine, a no ser que el contratista prefiera sustituirlos por otros en condiciones.

1.1.2.15. Gastos ocasionados por pruebas y ensayos

Todos los gastos originados por las pruebas y ensayos de materiales o elementos que intervengan en la ejecución de las obras correrán a cargo y cuenta del contratista.

Todo ensayo que no resulte satisfactorio, no se realice por omisión del contratista, o que no ofrezca las suficientes garantías, podrá comenzarse nuevamente o realizarse nuevos ensayos o pruebas especificadas en el proyecto, a cargo y cuenta del contratista y con la penalización correspondiente, así como todas las obras complementarias a que pudieran dar lugar cualquiera de los supuestos anteriormente citados y que el director de obra considere necesarios.

1.1.2.16. Limpieza de las obras

Es obligación del contratista mantener limpias las obras y sus alrededores tanto de escombros como de materiales sobrantes, retirar las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como ejecutar todos los trabajos y adoptar las medidas que sean apropiadas para que la obra presente buen aspecto.

1.1.2.17. Obras sin prescripciones explícitas

En la ejecución de trabajos que pertenecen a la construcción de las obras, y para los cuales no existan prescripciones consignadas explícitamente en este Pliego ni en la restante documentación del proyecto, el contratista se atenderá, en primer término, a las instrucciones que

dicte la dirección facultativa de las obras y, en segundo lugar, a las normas y prácticas de la buena construcción.

1.1.3. Disposiciones de las recepciones de edificios y obras anejas

1.1.3.1. Consideraciones de carácter general

La recepción de la obra es el acto por el cual el contratista, una vez concluida la obra, hace entrega de la misma al promotor y es aceptada por éste. Podrá realizarse con o sin reservas y deberá abarcar la totalidad de la obra o fases completas y terminadas de la misma, cuando así se acuerde por las partes.

La recepción deberá consignarse en un acta firmada, al menos, por el promotor y el contratista, haciendo constar: Las partes que intervienen.

La fecha del certificado final de la totalidad de la obra o de la fase completa y terminada de la misma. El coste final de la ejecución material de la obra.

La declaración de la recepción de la obra con o sin reservas, especificando, en su caso, éstas de manera objetiva, y el plazo en que deberán quedar subsanados los defectos observados. Una vez subsanados los mismos, se hará constar en un acta aparte, suscrita por los firmantes de la recepción.

Las garantías que, en su caso, se exijan al contratista para asegurar sus responsabilidades.

Asimismo, se adjuntará el certificado final de obra suscrito por el director de obra y el director de la ejecución de la obra.

El promotor podrá rechazar la recepción de la obra por considerar que la misma no está terminada o que no se adecúa a las condiciones contractuales.

En todo caso, el rechazo deberá ser motivado por escrito en el acta, en la que se fijará el nuevo plazo para efectuar la recepción.

Salvo pacto expreso en contrario, la recepción de la obra tendrá lugar dentro de los treinta días siguientes a la fecha de su terminación, acreditada en el certificado final de obra, plazo que se contará a partir de la notificación efectuada por escrito al promotor. La recepción se entenderá tácitamente producida si transcurridos treinta días desde la fecha indicada el promotor no hubiera puesto de manifiesto reservas o rechazo motivado por escrito.

El cómputo de los plazos de responsabilidad y garantía será el establecidos en la "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación", y se iniciará a partir de la fecha en que se suscriba el acta de recepción, o cuando se entienda ésta tácitamente producida según lo previsto en el apartado anterior.

1.1.3.2. Recepción provisional

Treinta días antes de dar por finalizadas las obras, comunicará el director de ejecución de la obra al promotor la proximidad de su terminación a fin de convenir el acto de la Recepción Provisional.

Ésta se realizará con la intervención del promotor, del contratista, del director de obra y del director de ejecución de la obra. Se convocará también a los restantes técnicos que, en su caso, hubiesen intervenido en la dirección con función propia en aspectos parciales o unidades especializadas.

Practicado un detenido reconocimiento de las obras, se extenderá un acta con tantos ejemplares como intervinientes y firmados por todos ellos. Desde esta fecha empezará a correr el plazo de garantía, si las obras se hallasen en estado de ser admitidas. Seguidamente, los Técnicos de la Dirección extenderán el correspondiente Certificado de Final de Obra.

Cuando las obras no se hallen en estado de ser recibidas, se hará constar expresamente en el Acta y se darán al contratista las oportunas instrucciones para subsanar los defectos observados, fijando un plazo para subsanarlos, expirado el cual se efectuará un nuevo reconocimiento a fin de proceder a la recepción provisional de la obra.

Si el contratista no hubiese cumplido, podrá declararse resuelto el contrato con la pérdida de la fianza.

1.1.3.3. Documentación final de la obra

El director de ejecución de la obra, asistido por el contratista y los técnicos que hubieren intervenido en la obra, redactará la documentación final de las obras, que se facilitará al promotor, con las especificaciones y contenidos dispuestos por la legislación vigente. Esta documentación incluye el Manual de Uso y Mantenimiento del Edificio.

1.1.3.4. Medición definitiva y liquidación provisional de la obra

Recibidas provisionalmente las obras, se procederá inmediatamente por el director de ejecución de la obra a su medición definitiva, con precisa asistencia del contratista o de su representante.

Se extenderá la oportuna certificación por triplicado que, aprobada por el director de obra con su firma, servirá para el abono por el promotor del saldo resultante menos la cantidad retenida en concepto de fianza.

1.1.3.5. Plazo de garantía

El plazo de garantía deberá estipularse en el contrato privado y, en cualquier caso, nunca deberá ser inferior a un año salvo casos especiales

Dentro del plazo de quince días anteriores al cumplimiento del plazo de garantía, la dirección facultativa, de oficio o a instancia del contratista, redactará un informe sobre el estado de las obras.

Si el informe fuera favorable, el contratista quedará exonerado de toda responsabilidad, procediéndose a la devolución o cancelación de la garantía, a la liquidación del contrato y, en su caso, al pago de las obligaciones pendientes que deberá efectuarse en el plazo de sesenta días.

En el caso de que el informe no fuera favorable y los defectos observados se debiesen a deficiencias en la ejecución de la obra, la dirección facultativa procederá a dictar las oportunas instrucciones al contratista para su debida reparación, concediéndole para ello un plazo durante el cual continuará encargado de la conservación de las obras, sin derecho a percibir cantidad alguna por la ampliación del plazo de garantía.

1.1.3.6. Conservación de las obras recibidas provisionalmente

Los gastos de conservación durante el plazo de garantía comprendido entre las recepciones provisional y definitiva, correrán a cargo y cuenta del contratista.

Si el edificio fuese ocupado o utilizado antes de la recepción definitiva, la guardería, limpieza y reparaciones ocasionadas por el uso correrán a cargo del promotor y las reparaciones por vicios de obra o por defectos en las instalaciones, serán a cargo del contratista.

1.1.3.7. Recepción definitiva

La recepción definitiva se realizará después de transcurrido el plazo de garantía, en igual modo y con las mismas formalidades que la provisional. A partir de esa fecha cesará la obligación del contratista de reparar a su cargo aquellos desperfectos inherentes a la normal conservación de los edificios, y quedarán sólo subsistentes todas las responsabilidades que pudieran derivar de los vicios de construcción.

1.1.3.8. Prórroga del plazo de garantía

Si, al proceder al reconocimiento para la recepción definitiva de la obra, no se encontrase ésta en las condiciones debidas, se aplazará dicha recepción definitiva y el director de obra indicará al contratista los plazos y formas en que deberán realizarse las obras necesarias. De no efectuarse dentro de aquellos, podrá resolverse el contrato con la pérdida de la fianza.

1.1.3.9. Recepciones de trabajos cuya contrata haya sido rescindida

En caso de resolución del contrato, el contratista vendrá obligado a retirar, en el plazo fijado, la maquinaria, instalaciones y medios auxiliares, a resolver los subcontratos que tuviese concertados y a dejar la obra en condiciones de ser reanudada por otra empresa sin problema alguno.

Las obras y trabajos terminados por completo se recibirán provisionalmente con los trámites establecidos anteriormente. Transcurrido el plazo de garantía, se recibirán definitivamente según lo dispuesto anteriormente.

Para las obras y trabajos no determinados, pero aceptables a juicio del director de obra, se efectuará una sola y definitiva recepción.

1.2. Disposiciones Facultativas

1.2.1. Definición, atribuciones y obligaciones de los agentes de la edificación

Las atribuciones de los distintos agentes intervinientes en la edificación son las reguladas por la "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación".

Se definen agentes de la edificación todas las personas, físicas o jurídicas, que intervienen en el proceso de la edificación. Sus obligaciones quedan determinadas por lo dispuesto en la "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación" y demás disposiciones que sean de aplicación y por el contrato que origina su intervención.

Las definiciones y funciones de los agentes que intervienen en la edificación quedan recogidas en el capítulo III "Agentes de la edificación", considerándose:

1.2.1.1. El promotor

Es la persona física o jurídica, pública o privada, que individual o colectivamente decide, impulsa, programa y financia con recursos propios o ajenos, las obras de edificación para sí o para su posterior enajenación, entrega o cesión a terceros bajo cualquier título.

Asume la iniciativa de todo el proceso de la edificación, impulsando la gestión necesaria para llevar a cabo la obra inicialmente proyectada, y se hace cargo de todos los costes necesarios.

Según la legislación vigente, a la figura del promotor se equiparan también las de gestor de sociedades cooperativas, comunidades de propietarios, u otras análogas que asumen la gestión económica de la edificación.

Cuando las Administraciones públicas y los organismos sujetos a la legislación de contratos de las Administraciones públicas actúen como promotores, se regirán por la "Ley 9/2017. Ley de Contratos del Sector Público" y, en lo no contemplado en la misma, por las disposiciones de la "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación".

1.2.1.2. El proyectista

Es el agente que, por encargo del promotor y con sujeción a la normativa técnica y urbanística correspondiente, redacta el proyecto.

Podrán redactar proyectos parciales del proyecto, o partes que lo complementen, otros técnicos, de forma coordinada con el autor de éste.

Cuando el proyecto se desarrolle o complete mediante proyectos parciales u otros documentos técnicos según lo previsto en la "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación", cada proyectista asumirá la titularidad de su proyecto.

1.2.1.3. El constructor o contratista

Es el agente que asume, contractualmente ante el promotor, el compromiso de ejecutar con medios humanos y materiales, propios o ajenos, las obras o parte de las mismas con sujeción al Proyecto y al Contrato de obra.

CABE EFECTUAR ESPECIAL MENCIÓN DE QUE LA LEY SEÑALA COMO RESPONSABLE EXPLÍCITO DE LOS VICIOS O DEFECTOS CONSTRUCTIVOS AL CONTRATISTA GENERAL DE LA OBRA, SIN PERJUICIO DEL DERECHO DE REPETICIÓN DE ÉSTE HACIA LOS SUBCONTRATISTAS.

1.2.1.4. El director de obra

Es el agente que, formando parte de la dirección facultativa, dirige el desarrollo de la obra en los aspectos técnicos, estéticos, urbanísticos y medioambientales, de conformidad con el proyecto que la define, la licencia de edificación y demás autorizaciones preceptivas, y las condiciones del contrato, con el objeto de asegurar su adecuación al fin propuesto.

Podrán dirigir las obras de los proyectos parciales otros técnicos, bajo la coordinación del director de obra.

1.2.1.5. El director de la ejecución de la obra

Es el agente que, formando parte de la dirección facultativa, asume la función técnica de dirigir la Ejecución Material de la Obra y de controlar cualitativa y cuantitativamente la construcción y calidad de lo edificado. Para ello es requisito indispensable el estudio y análisis previo del proyecto de ejecución una vez redactado por el director de obra, procediendo a solicitarle, con antelación al inicio de las obras, todas aquellas aclaraciones, subsanaciones o documentos complementarios que, dentro de su competencia y atribuciones legales, estimare necesarios para poder dirigir de manera solvente la ejecución de las mismas.

1.2.1.6. Las entidades y los laboratorios de control de calidad de la edificación

Son entidades de control de calidad de la edificación aquellas capacitadas para prestar asistencia técnica en la verificación de la calidad del proyecto, de los materiales y de la ejecución de la obra y sus instalaciones de acuerdo con el proyecto y la normativa aplicable.

Son laboratorios de ensayos para el control de calidad de la edificación los capacitados para prestar asistencia técnica, mediante la realización de ensayos o pruebas de servicio de los materiales, sistemas o instalaciones de una obra de edificación.

1.2.1.7. Los suministradores de productos

Se consideran suministradores de productos los fabricantes, almacenistas, importadores o vendedores de productos de construcción.

Se entiende por producto de construcción aquel que se fabrica para su incorporación permanente en una obra, incluyendo materiales, elementos semielaborados, componentes y obras o parte de las mismas, tanto terminadas como en proceso de ejecución.

1.2.2. Agentes que intervienen en la obra

La relación de agentes intervinientes se encuentra en la memoria descriptiva del proyecto.

1.2.3. Agentes en materia de seguridad y salud

La relación de agentes intervinientes en materia de seguridad y salud se encuentra en la memoria descriptiva del proyecto.

1.2.4. Agentes en materia de gestión de residuos

La relación de agentes intervinientes en materia de gestión de residuos, se encuentra en el Estudio de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición.

1.2.5. La dirección facultativa

La dirección facultativa está compuesta por la Dirección de Obra y la Dirección de Ejecución de la Obra. A la dirección facultativa se integrará el Coordinador en materia de Seguridad y Salud en fase de ejecución de la obra, en el caso de que se haya adjudicado dicha misión a facultativo distinto de los anteriores.

Representa técnicamente los intereses del promotor durante la ejecución de la obra, dirigiendo el proceso de construcción en función de las atribuciones profesionales de cada técnico participante.

1.2.6. Visitas facultativas

Son las realizadas a la obra de manera conjunta o individual por cualquiera de los miembros que componen la dirección facultativa. La intensidad y número de visitas dependerá de los cometidos que a cada agente le son propios, pudiendo variar en función de los requerimientos específicos y de la mayor o menor exigencia presencial requerible al técnico al efecto en cada caso y según cada una de las fases de la obra. Deberán adaptarse al proceso lógico de construcción, pudiendo los agentes ser o no coincidentes en la obra en función de la fase concreta que se esté desarrollando en cada momento y del cometido exigible a cada cual.

1.2.7. Obligaciones de los agentes intervinientes

Las obligaciones de los agentes que intervienen en la edificación son las contenidas en la "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación" y demás legislación aplicable.

1.2.7.1. El promotor

Ostentar sobre el solar la titularidad de un derecho que le faculte para construir en él.

Facilitar la documentación e información previa necesaria para la redacción del proyecto, así como autorizar al director de obra, al director de la ejecución de la obra y al contratista

posteriores modificaciones del mismo que fueran imprescindibles para llevar a buen fin lo proyectado.

Elegir y contratar a los distintos agentes, con la titulación y capacitación profesional necesaria, que garanticen el cumplimiento de las condiciones legalmente exigibles para realizar en su globalidad y llevar a buen fin el objeto de lo promovido, en los plazos estipulados y en las condiciones de calidad exigibles mediante el cumplimiento de los requisitos básicos estipulados para los edificios.

Gestionar y hacerse cargo de las preceptivas licencias y demás autorizaciones administrativas procedentes que, de conformidad con la normativa aplicable, conlleva la construcción de edificios, la urbanización que procediera en su entorno inmediato, la realización de obras que en ellos se ejecuten y su ocupación.

Garantizar los daños materiales que el edificio pueda sufrir, para la adecuada protección de los intereses de los usuarios finales, en las condiciones legalmente establecidas, asumiendo la responsabilidad civil de forma personal e individualizada, tanto por actos propios como por actos de otros agentes por los que, con arreglo a la legislación vigente, se deba responder.

La suscripción obligatoria de un seguro, de acuerdo a las normas concretas fijadas al efecto, que cubra los daños materiales que ocasionen en el edificio el incumplimiento de las condiciones de habitabilidad en tres años o que afecten a la seguridad estructural en el plazo de diez años, con especial mención a las viviendas individuales en régimen de autopromoción, que se regirán por lo especialmente legislado al efecto.

Contratar a los técnicos redactores del preceptivo Estudio de Seguridad y Salud o Estudio Básico, en su caso, al igual que a los técnicos coordinadores en la materia en la fase que corresponda, todo ello según lo establecido en el "Real Decreto 1627/1997. Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción".

Suscribir el acta de recepción final de las obras, una vez concluidas éstas, haciendo constar la aceptación de las obras, que podrá efectuarse con o sin reservas y que deberá abarcar la totalidad de las obras o fases completas. En el caso de hacer mención expresa a reservas para la recepción, deberán mencionarse de manera detallada las deficiencias y se deberá hacer constar el plazo en que deberán quedar subsanados los defectos observados.

Entregar al adquirente y usuario inicial, en su caso, el denominado Libro del Edificio que contiene el manual de uso y mantenimiento del mismo y demás documentación de obra ejecutada, o cualquier otro documento exigible por las Administraciones competentes.

1.2.7.2. El proyectista

Redactar el proyecto por encargo del promotor, con sujeción a la normativa urbanística y técnica en vigor y conteniendo la documentación necesaria para tramitar tanto la licencia de obras y demás permisos administrativos -proyecto básico- como para ser interpretada y poder ejecutar totalmente la obra, entregando al promotor las copias autorizadas correspondientes, debidamente visadas por su colegio profesional.

Definir el concepto global del proyecto de ejecución con el nivel de detalle gráfico y escrito suficiente y calcular los elementos fundamentales del edificio, en especial la cimentación y la estructura. Concretar en el Proyecto el emplazamiento de cuartos de máquinas, de contadores, hornacinas, espacios asignados para subida de conductos, reservas de huecos de ventilación, alojamiento de sistemas de telecomunicación y, en general, de aquellos elementos necesarios en el edificio para facilitar las determinaciones concretas y especificaciones detalladas que son cometido de los proyectos parciales, debiendo éstos adaptarse al Proyecto de Ejecución, no pudiendo contravenirlo en modo alguno. Deberá entregarse necesariamente un ejemplar del proyecto complementario al director de obra antes del inicio de las obras o instalaciones correspondientes.

Acordar con el promotor la contratación de colaboraciones parciales de otros técnicos profesionales.

Facilitar la colaboración necesaria para que se produzca la adecuada coordinación con los proyectos parciales exigibles por la legislación o la normativa vigente y que sea necesario incluir para el desarrollo adecuado del proceso edificatorio, que deberán ser redactados por técnicos competentes, bajo su responsabilidad y suscritos por persona física. Los proyectos parciales serán aquellos redactados por otros técnicos cuya competencia puede ser distinta e incompatible con las competencias del director de obra y, por tanto, de exclusiva responsabilidad de éstos.

Elaborar aquellos proyectos parciales o estudios complementarios exigidos por la legislación vigente en los que es legalmente competente para su redacción, excepto declinación expresa del director de obra y previo acuerdo con el promotor, pudiendo exigir la compensación económica en concepto de cesión de derechos de autor y de la propiedad intelectual si se tuviera que entregar a otros técnicos, igualmente competentes para realizar el trabajo, documentos o planos del proyecto por él redactado, en soporte papel o informático.

Ostentar la propiedad intelectual de su trabajo, tanto de la documentación escrita como de los cálculos de cualquier tipo, así como de los planos contenidos en la totalidad del proyecto y cualquiera de sus documentos complementarios.

1.2.7.3. El constructor o contratista

Tener la capacitación profesional o titulación que habilita para el cumplimiento de las condiciones legalmente exigibles para actuar como constructor.

Organizar los trabajos de construcción para cumplir con los plazos previstos, de acuerdo al correspondiente Plan de Obra, efectuando las instalaciones provisionales y disponiendo de los medios auxiliares necesarios.

Definir y desarrollar un sistema de seguimiento, que permita comprobar la conformidad de la ejecución. Para ello, elaborará el plan de obra y el programa de autocontrol de la ejecución de la estructura, desarrollando el plan de control definido en el proyecto. El programa de autocontrol contemplará las particularidades concretas de la obra, relativas a medios, procesos y actividades, y se desarrollará el seguimiento de la ejecución de manera que permita comprobar la conformidad con las especificaciones del proyecto. Dicho programa será aprobado por la dirección facultativa antes del inicio de los trabajos.

Registrar los resultados de todas las comprobaciones realizadas en el autocontrol en un soporte, físico o electrónico, que estará a disposición de la dirección facultativa. Cada registro deberá estar firmado por la persona física que haya sido designada por el constructor para el autocontrol de cada actividad.

Mantener a disposición de la dirección facultativa un registro permanentemente actualizado, donde se reflejen las designaciones de las personas responsables de efectuar en cada momento el autocontrol relativo a cada proceso de ejecución. Una vez finalizada la construcción, dicho registro se incorporará a la documentación final de obra.

Definir un sistema de gestión de los acopios suficiente para conseguir la trazabilidad requerida de los productos y elementos que se colocan en la obra.

Elaborar, y exigir de cada subcontratista, un plan de seguridad y salud en el trabajo en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el estudio o estudio básico, en función de su propio sistema de ejecución de la obra. En dichos planes se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de prevención propuestas, con la correspondiente justificación técnica, que no podrán implicar disminución de los niveles de protección previstos en el estudio o estudio básico.

Comunicar a la autoridad laboral competente la apertura del centro de trabajo en la que incluirá el Plan de Seguridad y Salud al que se refiere el "Real Decreto 1627/1997. Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción".

Adoptar todas las medidas preventivas que cumplan los preceptos en materia de Prevención de Riesgos laborales y Seguridad y Salud que establece la legislación vigente, redactando el

correspondiente Plan de Seguridad y ajustándose al cumplimiento estricto y permanente de lo establecido en el Estudio de Seguridad y Salud, disponiendo de todos los medios necesarios y dotando al personal del equipamiento de seguridad exigibles, así como cumplir las órdenes efectuadas por el Coordinador en materia de Seguridad y Salud en la fase de Ejecución de la obra.

Supervisar de manera continuada el cumplimiento de las normas de seguridad, tutelando las actividades de los

trabajadores a su cargo y, en su caso, relevando de su puesto a todos aquellos que pudieran menoscabar las condiciones básicas de seguridad personales o generales, por no estar en las condiciones adecuadas.

Examinar la documentación aportada por los técnicos redactores correspondientes, tanto del Proyecto de Ejecución como de los proyectos complementarios, así como del Estudio de Seguridad y Salud, verificando que le resulta suficiente para la comprensión de la totalidad de la obra contratada o, en caso contrario, solicitando las aclaraciones pertinentes.

Facilitar la labor de la dirección facultativa, suscribiendo el Acta de Replanteo, ejecutando las obras con sujeción al Proyecto de Ejecución que deberá haber examinado previamente, a la legislación aplicable, a las Instrucciones del director de obra y del director de la ejecución material de la obra, a fin de alcanzar la calidad exigida en el proyecto.

Efectuar las obras siguiendo los criterios al uso que son propios de la correcta construcción, que tiene la obligación de conocer y poner en práctica, así como de las leyes generales de los materiales o *lex artis*, aún cuando éstos criterios no estuvieran específicamente reseñados en su totalidad en la documentación de proyecto. A tal efecto, ostenta la jefatura de todo el personal que intervenga en la obra y coordina las tareas de los subcontratistas.

Disponer de los medios materiales y humanos que la naturaleza y entidad de la obra impongan, disponiendo del número adecuado de oficiales, suboficiales y peones que la obra requiera en cada momento, bien por personal propio o mediante subcontratistas al efecto, procediendo a solapar aquellos oficios en la obra que sean compatibles entre sí y que permitan acometer distintos trabajos a la vez sin provocar interferencias, contribuyendo con ello a la agilización y finalización de la obra dentro de los plazos previstos.

Ordenar y disponer en cada momento de personal suficiente a su cargo para que efectúe las actuaciones pertinentes para ejecutar las obras con solvencia, diligentemente y sin interrupción, programándolas de manera coordinada con el director de ejecución material de la obra.

Supervisar personalmente y de manera continuada y completa la marcha de las obras, que deberán transcurrir sin dilación y con adecuado orden y concierto, así como responder directamente de los trabajos efectuados por sus trabajadores subordinados, exigiéndoles el continuo autocontrol de los trabajos que efectúen, y ordenando la modificación de todas aquellas tareas que se presenten mal efectuadas.

Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales utilizados y elementos constructivos, comprobando los preparados en obra y rechazando, por iniciativa propia o por prescripción facultativa del director de la ejecución de la obra, los suministros de material o prefabricados que no cuenten con las garantías, documentación mínima exigible o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación, debiendo recabar de la dirección facultativa la información que necesite para cumplir adecuadamente su cometido.

Dotar de material, maquinaria y utillajes adecuados a los operarios que intervengan en la obra, para efectuar adecuadamente las instalaciones necesarias y no menoscabar con la puesta en obra las características y naturaleza de los elementos constructivos que componen el edificio una vez finalizado.

Poner a disposición del director de ejecución material de la obra los medios auxiliares y personal necesario para efectuar las pruebas pertinentes para el Control de Calidad, recabando de dicho técnico el plan a seguir en cuanto a las tomas de muestras, traslados, ensayos y demás actuaciones necesarias.

Cuidar de que el personal de la obra guarde el debido respeto a la dirección facultativa.

Auxiliar al director de la ejecución de la obra en los actos de replanteo y firmar posteriormente y una vez finalizado éste, el acta correspondiente de inicio de obra, así como la de recepción final.

Efectuar la inspección de cada fase de la estructura ejecutada, dejando constancia documental, al objeto de comprobar que se cumplen las especificaciones dimensionales del proyecto.

Facilitar a los directores de obra los datos necesarios para la elaboración de la documentación final de obra ejecutada.

Suscribir las garantías de obra que se señalan en la "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación" y que, en función de su naturaleza, alcanzan períodos de 1 año (daños por defectos de terminación o acabado de las obras), 3 años (daños por defectos o vicios de elementos constructivos o de instalaciones que afecten a la habitabilidad) o 10 años (daños en cimentación o estructura que comprometan directamente la resistencia mecánica y la estabilidad del

edificio).

1.2.7.4. La dirección facultativa

Constatar antes del inicio de la ejecución de cada parte de la obra, que existe un programa de control para los productos y para la ejecución, que haya sido redactado específicamente para la obra, conforme a lo indicado en el proyecto y la normativa de obligado cumplimiento. Cualquier incumplimiento de los requisitos previos establecidos, provocará el aplazamiento del inicio de la obra hasta que la dirección facultativa constate documentalmente que se ha subsanado la causa que dio origen al citado incumplimiento.

Aprobar el programa de control antes de iniciar las actividades de control en la obra, elaborado de acuerdo con el plan de control definido en el proyecto, que tenga en cuenta el cronograma o plan de obra del constructor y su procedimiento de autocontrol.

Validar el control de recepción, velando para que los productos incorporados en la obra sean adecuados a su uso y cumplan con las especificaciones requeridas.

Verificar que los valores declarados en los documentos que acompañan al marcado CE son conformes con las especificaciones indicadas en el proyecto y, en su defecto, en la normativa de obligado cumplimiento, ya que el marcado CE no garantiza su idoneidad para un uso concreto.

1.2.7.5. El director de obra

Dirigir la obra coordinándola con el Proyecto de Ejecución, facilitando su interpretación técnica, económica y estética a los agentes intervinientes en el proceso constructivo.

Detener la obra por causa grave y justificada, que se deberá hacer constar necesariamente en el Libro de Ordenes y Asistencias, dando cuenta inmediata al promotor.

Redactar las modificaciones, ajustes, rectificaciones o planos complementarios que se precisen para el adecuado desarrollo de las obras. Es facultad expresa y única la redacción de aquellas modificaciones o aclaraciones directamente relacionadas con la adecuación de la cimentación y de la estructura proyectadas a las características geotécnicas del terreno; el cálculo o recálculo del dimensionado y armado de todos y cada uno de los elementos principales y complementarios de la cimentación y de la estructura vertical y horizontal; los que afecten sustancialmente a la distribución de espacios y las soluciones de fachada y cubierta y dimensionado y composición de huecos, así como la modificación de los materiales previstos.

Asesorar al director de la ejecución de la obra en aquellas aclaraciones y dudas que pudieran acontecer para el correcto desarrollo de la misma, en lo que respecta a las interpretaciones de las especificaciones de proyecto.

Asistir a las obras a fin de resolver las contingencias que se produzcan para asegurar la correcta interpretación y ejecución del proyecto, así como impartir las soluciones aclaratorias que fueran necesarias, consignando en el Libro de Ordenes y Asistencias las instrucciones precisas que se estimara oportunas reseñar para la correcta interpretación de lo proyectado, sin perjuicio de efectuar todas las aclaraciones y órdenes verbales que estimare oportuno.

Firmar el Acta de replanteo o de comienzo de obra y el Certificado Final de Obra, así como firmar el visto bueno de las certificaciones parciales referidas al porcentaje de obra efectuada y, en su caso y a instancias del promotor, la supervisión de la documentación que se le presente relativa a las unidades de obra realmente ejecutadas previa a su liquidación final, todo ello con los visados que en su caso fueran preceptivos.

Informar puntualmente al promotor de aquellas modificaciones sustanciales que, por razones técnicas o normativas, conlleven una variación de lo construido con respecto al proyecto básico y de ejecución y que afecten o puedan afectar al contrato suscrito entre el promotor y los destinatarios finales de las viviendas.

Redactar la documentación final de obra, en lo que respecta a la documentación gráfica y escrita del proyecto ejecutado, incorporando las modificaciones efectuadas. Para ello, los técnicos redactores de proyectos y/o estudios complementarios deberán obligatoriamente entregarle la documentación final en la que se haga constar el estado final de las obras y/o instalaciones por ellos redactadas, supervisadas y realmente ejecutadas, siendo responsabilidad de los firmantes la veracidad y exactitud de los documentos presentados.

Al Proyecto Final de Obra se anexará el Acta de Recepción Final; la relación identificativa de los agentes que han intervenido en el proceso de edificación, incluidos todos los subcontratistas y oficios intervinientes; las instrucciones de Uso y Mantenimiento del Edificio y de sus instalaciones, de conformidad con la normativa que le sea de aplicación.

La documentación a la que se hace referencia en los dos apartados anteriores es parte constituyente del Libro del Edificio y el promotor deberá entregar una copia completa a los usuarios finales del mismo que, en el caso de edificios de viviendas plurifamiliares, se materializa en un ejemplar que deberá ser custodiado por el Presidente de la Comunidad de Propietarios o por el Administrador, siendo éstos los responsables de divulgar al resto de propietarios su contenido y de hacer cumplir los requisitos de mantenimiento que constan en la citada documentación.

Además de todas las facultades que corresponden al director de obra, expresadas en los artículos precedentes, es misión específica suya la dirección mediata, denominada alta dirección en lo que al cumplimiento de las directrices generales del proyecto se refiere, y a la adecuación de lo construido a éste.

Cabe señalar expresamente que la resistencia al cumplimiento de las órdenes de los directores de obra en su labor de alta dirección se considerará como falta grave y, en caso de que, a su juicio, el incumplimiento de lo ordenado pusiera en peligro la obra o las personas que en ella trabajan, podrá recusar al contratista y/o acudir a las autoridades judiciales, siendo responsable el contratista de las consecuencias legales y económicas.

1.2.7.6. El director de la ejecución de la obra

Corresponde al director de ejecución material de la obra, según se establece en la "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación" y demás legislación vigente al efecto, las atribuciones competenciales y obligaciones que se señalan a continuación:

La Dirección inmediata de la Obra.

Verificar personalmente la recepción a pie de obra, previo a su acopio o colocación definitiva, de todos los productos y materiales suministrados necesarios para la ejecución de la obra, comprobando que se ajustan con precisión a las determinaciones del proyecto y a las normas exigibles de calidad, con la plena potestad de aceptación o rechazo de los mismos en caso de que lo considerase oportuno y por causa justificada, ordenando la realización de pruebas y ensayos que fueran necesarios.

Dirigir la ejecución material de la obra de acuerdo con las especificaciones de la memoria y de los planos del Proyecto, así como, en su caso, con las instrucciones complementarias necesarias que recabara del director de obra.

Anticiparse con la antelación suficiente a las distintas fases de la puesta en obra, requiriendo las aclaraciones al director de obra o directores de obra que fueran necesarias y planificando de manera anticipada y continuada con el contratista principal y los subcontratistas los trabajos a efectuar.

Comprobar los replanteos, los materiales, hormigones y demás productos suministrados, exigiendo la presentación de los oportunos certificados de idoneidad de los mismos.

Verificar la correcta ejecución y disposición de los elementos constructivos y de las instalaciones, extendiéndose dicho cometido a todos los elementos de cimentación y estructura horizontal y vertical, con comprobación de sus especificaciones concretas de dimensionado de

elementos, tipos de viguetas y adecuación a ficha técnica homologada, diámetros nominales, longitudes de anclaje y adecuados solape y doblado de barras.

Observancia de los tiempos de encofrado y desencofrado de vigas, pilares y forjados señalados por la Instrucción del Hormigón vigente y de aplicación.

Comprobación del correcto dimensionado de rampas y escaleras y de su adecuado trazado y replanteo con acuerdo a las pendientes, desniveles proyectados y al cumplimiento de todas las normativas que son de aplicación; a dimensiones parciales y totales de elementos, a su forma y geometría específica, así como a las distancias que deben guardarse entre ellos, tanto en horizontal como en vertical.

Verificación de la adecuada puesta en obra de fábricas y cerramientos, a su correcta y completa trabazón y, en general, a lo que atañe a la ejecución material de la totalidad de la obra y sin excepción alguna, de acuerdo a los criterios y leyes de los materiales y de la correcta construcción (*lex artis*) y a las normativas de aplicación.

Asistir a la obra con la frecuencia, dedicación y diligencia necesarias para cumplir eficazmente la debida supervisión de la ejecución de la misma en todas sus fases, desde el replanteo inicial hasta la total finalización del edificio, dando las órdenes precisas de ejecución al contratista y, en su caso, a los subcontratistas.

Consignar en el Libro de Ordenes y Asistencias las instrucciones precisas que considerara oportuno reseñar para la correcta ejecución material de las obras.

Supervisar posteriormente el correcto cumplimiento de las órdenes previamente efectuadas y la adecuación de lo realmente ejecutado a lo ordenado previamente.

Verificar el adecuado trazado de instalaciones, conductos, acometidas, redes de evacuación y su dimensionado, comprobando su idoneidad y ajuste tanto a las especificaciones del proyecto de ejecución como de los proyectos parciales, coordinando dichas actuaciones con los técnicos redactores correspondientes.

Detener la Obra si, a su juicio, existiera causa grave y justificada, que se deberá hacer constar necesariamente en el Libro de Ordenes y Asistencias, dando cuenta inmediata a los directores de obra que deberán necesariamente corroborarla para su plena efectividad, y al promotor.

Supervisar las pruebas pertinentes para el Control de Calidad, respecto a lo especificado por la normativa vigente, en cuyo cometido y obligaciones tiene legalmente competencia exclusiva, programando bajo su responsabilidad y debidamente coordinado y auxiliado por el contratista, las tomas de muestras, traslados, ensayos y demás actuaciones necesarias de elementos estructurales, así como las pruebas de estanqueidad de fachadas y de sus elementos, de cubiertas y sus impermeabilizaciones, comprobando la eficacia de las soluciones.

Informar con prontitud a los directores de obra de los resultados de los Ensayos de Control conforme se vaya teniendo conocimiento de los mismos, proponiéndole la realización de pruebas complementarias en caso de resultados adversos.

Tras la oportuna comprobación, emitir las certificaciones parciales o totales relativas a las unidades de obra realmente ejecutadas, con los visados que en su caso fueran preceptivos.

Colaborar activa y positivamente con los restantes agentes intervinientes, sirviendo de nexo de unión entre éstos, el contratista, los subcontratistas y el personal de la obra.

Elaborar y suscribir responsablemente la documentación final de obra relativa a los resultados del Control de Calidad y, en concreto, a aquellos ensayos y verificaciones de ejecución de obra realizados bajo su supervisión relativos a los elementos de la cimentación, muros y estructura, a las pruebas de estanqueidad y escorrentía de cubiertas y de fachadas, a las verificaciones del funcionamiento de las instalaciones de saneamiento y desagües de pluviales y demás aspectos señalados en la normativa de Control de Calidad.

Suscribir conjuntamente el Certificado Final de Obra, acreditando con ello su conformidad a la correcta ejecución de las obras y a la comprobación y verificación positiva de los ensayos y pruebas realizadas.

Si se hiciera caso omiso de las órdenes efectuadas por el director de la ejecución de la obra, se considerará como falta grave y, en caso de que, a su juicio, el incumplimiento de lo ordenado pusiera en peligro la obra o las personas que en ella trabajan, podrá acudir a las autoridades judiciales, siendo responsable el contratista de las consecuencias legales y económicas.

1.2.7.7. Las entidades y los laboratorios de control de calidad de la edificación

Prestar asistencia técnica y entregar los resultados de su actividad al agente autor del encargo y, en todo caso, al director de la ejecución de la obra.

Justificar la capacidad suficiente de medios materiales y humanos necesarios para realizar adecuadamente los trabajos contratados, en su caso, a través de la correspondiente acreditación oficial otorgada por las Comunidades Autónomas con competencia en la materia.

Demostrar su independencia respecto al resto de los agentes involucrados en la obra. En consecuencia, previamente al inicio de la misma, entregarán a la propiedad una declaración firmada por la persona física que avale la referida independencia, de modo que la dirección facultativa pueda incorporarla a la documentación final de la obra.

Efectuar los ensayos pertinentes para comprobar la conformidad de los productos a su recepción en la obra, que serán encomendados a laboratorios independientes del resto de los agentes que intervienen en la obra y dispondrán de la capacidad suficiente.

Entregar los resultados de los ensayos al agente autor del encargo y, en todo caso, a la dirección facultativa, que irán acompañados de la incertidumbre de medida para un determinado nivel de confianza, así como la información relativa a las fechas de la entrada de las muestras en el laboratorio y de la realización de los ensayos.

1.2.7.8. Los suministradores de productos

Realizar las entregas de los productos de acuerdo con las especificaciones del pedido, respondiendo de su origen, identidad y calidad, así como del cumplimiento de las exigencias que, en su caso, establezca la normativa técnica aplicable.

Facilitar, cuando proceda, las instrucciones de uso y mantenimiento de los productos suministrados, así como las garantías de calidad correspondientes, para su inclusión en la documentación de la obra ejecutada.

Proporcionar, cuando proceda, un certificado final de suministro en el que se recojan los materiales o productos, de modo que se mantenga la necesaria trazabilidad de los materiales o productos certificados.

1.2.7.9. Los propietarios y los usuarios

Son obligaciones de los propietarios conservar en buen estado la edificación mediante un adecuado uso y mantenimiento, así como recibir, conservar y transmitir la documentación de la obra ejecutada y los seguros y garantías con que ésta cuente.

Son obligaciones de los usuarios sean o no propietarios, la utilización adecuada de los edificios o de parte de los mismos de conformidad con las instrucciones de uso y mantenimiento contenidas en la documentación de la obra ejecutada.

1.2.8. Documentación final de obra: Libro del Edificio

De acuerdo a la "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación", una vez finalizada la obra, el proyecto con la incorporación, en su caso, de las modificaciones debidamente aprobadas, será facilitado al promotor por el director de obra para la formalización de los correspondientes trámites administrativos.

A dicha documentación se adjuntará, al menos, el acta de recepción, la relación identificativa de los agentes que han intervenido durante el proceso de edificación, así como la relativa a las instrucciones de uso y mantenimiento del edificio y sus instalaciones, de conformidad con la normativa que le sea de aplicación.

Toda la documentación a que hacen referencia los apartados anteriores, que constituirá el {{Libro del Edificio}}, será entregada a los usuarios finales del edificio.

1.2.8.1. Los propietarios y los usuarios

Son obligaciones de los propietarios conservar en buen estado la edificación mediante un adecuado uso y mantenimiento, así como recibir, conservar y transmitir la documentación de la obra ejecutada y los seguros y garantías con que ésta cuenta.

Son obligaciones de los usuarios sean o no propietarios, la utilización adecuada de los edificios o de parte de los mismos de conformidad con las instrucciones de uso y mantenimiento contenidas en la documentación de la obra ejecutada.

1.3. Disposiciones Económicas

1.3.1. Definición

Las condiciones económicas fijan el marco de relaciones económicas para el abono y recepción de la obra. Tienen un carácter subsidiario respecto al contrato de obra, establecido entre las partes que intervienen, promotor y contratista, que es en definitiva el que tiene validez.

1.3.2. Contrato de obra

Se aconseja que se firme el contrato de obra, entre el promotor y el contratista, antes de iniciarse las obras, evitando en lo posible la realización de la obra por administración. A la dirección facultativa (director de obra y director de ejecución de la obra) se le facilitará una copia del contrato de obra, para poder certificar en los términos pactados.

Sólo se aconseja contratar por administración aquellas partidas de obra irrelevantes y de difícil cuantificación, o cuando se desee un acabado muy esmerado.

El contrato de obra deberá prever las posibles interpretaciones y discrepancias que pudieran surgir entre las partes, así como garantizar que la dirección facultativa pueda, de hecho, COORDINAR, DIRIGIR y CONTROLAR la obra, por lo que es conveniente que se especifiquen y determinen con claridad, como mínimo, los siguientes puntos:

Documentos a aportar por el contratista.

Condiciones de ocupación del solar e inicio de las obras. Determinación de los gastos de enchufes y consumos. Responsabilidades y obligaciones del contratista: Legislación laboral. Responsabilidades y obligaciones del promotor.

Presupuesto del contratista. Revisión de precios (en su caso). Forma de pago: Certificaciones.

Retenciones en concepto de garantía (nunca menos del 5%). Plazos de ejecución: Planning.

Retraso de la obra: Penalizaciones. Recepción de la obra: Provisional y definitiva. Litigio entre las partes.

Dado que este Pliego de Condiciones Económicas es complemento del contrato de obra, en caso de que no exista contrato de obra alguno entre las partes se le comunicará a la dirección facultativa, que pondrá a disposición de las partes el presente Pliego de Condiciones Económicas que podrá ser usado como base para la redacción del correspondiente contrato de obra.

1.3.3. Criterio General

Todos los agentes que intervienen en el proceso de la construcción, definidos en la "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación", tienen derecho a percibir puntualmente las cantidades devengadas por su correcta actuación con arreglo a las condiciones contractualmente establecidas, pudiendo exigirse recíprocamente las garantías suficientes para el cumplimiento diligente de sus obligaciones de pago.

1.3.4. Fianzas

El contratista presentará una fianza con arreglo al procedimiento que se estipule en el contrato de obra:

1.3.4.1. Ejecución de trabajos con cargo a la fianza

Si el contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, el director de obra, en nombre y representación del promotor, los ordenará ejecutar a un tercero, o podrá realizarlos directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones a que tenga derecho el promotor, en el caso de que el importe de la fianza no bastase para cubrir el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fuesen de recibo.

1.3.4.2. Devolución de las fianzas

La fianza recibida será devuelta al contratista en un plazo establecido en el contrato de obra, una vez firmada el Acta de Recepción Definitiva de la obra. El promotor podrá exigir que el contratista le acredite la liquidación y finiquito de sus deudas causadas por la ejecución de la obra, tales como salarios, suministros y subcontratos.

1.3.4.3. Devolución de la fianza en el caso de efectuarse recepciones parciales

Si el promotor, con la conformidad del director de obra, accediera a hacer recepciones parciales, tendrá derecho el contratista a que se le devuelva la parte proporcional de la fianza.

1.3.5. De los precios

El objetivo principal de la elaboración del presupuesto es anticipar el coste del proceso de construir la obra. Descompondremos el presupuesto en unidades de obra, componente menor que se contrata y certifica por separado, y basándonos en esos precios, calcularemos el presupuesto.

1.3.5.1. Precio básico

Es el precio por unidad (ud, m, kg, etc.) de un material dispuesto a pie de obra, (incluido su transporte a obra, descarga en obra, embalajes, etc.) o el precio por hora de la maquinaria y de la mano de obra.

1.3.5.2. Precio unitario

Es el precio de una unidad de obra que obtendremos como suma de los siguientes costes:

Costes directos: calculados como suma de los productos "precio básico x cantidad" de la mano de obra, maquinaria y materiales que intervienen en la ejecución de la unidad de obra.

Medios auxiliares: Costes directos complementarios, calculados en forma porcentual como porcentaje de otros componentes, debido a que representan los costes directos que intervienen en la ejecución de la unidad de obra y que son de difícil cuantificación. Son diferentes para cada unidad de obra.

Costes indirectos: aplicados como un porcentaje de la suma de los costes directos y medios auxiliares, igual para cada unidad de obra debido a que representan los costes de los factores necesarios para la ejecución de la obra que no se corresponden a ninguna unidad de obra en concreto.

En relación a la composición de los precios, se establece que la composición y el cálculo de los precios de las distintas unidades de obra se base en la determinación de los costes directos e indirectos precisos para su ejecución, sin incorporar, en ningún caso, el importe del Impuesto sobre el Valor Añadido que pueda gravar las entregas de bienes o prestaciones de servicios realizados.

Considera costes directos:

La mano de obra que interviene directamente en la ejecución de la unidad de obra.

Los materiales, a los precios resultantes a pie de obra, que quedan integrados en la unidad de que se trate o que sean necesarios para su ejecución.

Los gastos de personal, combustible, energía, etc., que tengan lugar por el accionamiento o funcionamiento de la maquinaria e instalaciones utilizadas en la ejecución de la unidad de obra.

Los gastos de amortización y conservación de la maquinaria e instalaciones anteriormente citadas.

Deben incluirse como costes indirectos:

Los gastos de instalación de oficinas a pie de obra, comunicaciones, edificación de almacenes, talleres, pabellones temporales para obreros, laboratorio, etc., los del personal técnico y administrativo adscrito exclusivamente a la obra y los imprevistos. Todos estos gastos, excepto aquéllos que se reflejen en el presupuesto valorados en unidades de obra o en partidas alzadas, se cifrarán en un porcentaje de los costes directos, igual para todas las unidades de obra, que adoptará, en cada caso, el autor del proyecto a la vista de la naturaleza de la obra proyectada, de la importancia de su presupuesto y de su previsible plazo de ejecución.

Las características técnicas de cada unidad de obra, en las que se incluyen todas las especificaciones necesarias para su correcta ejecución, se encuentran en el apartado de 'Prescripciones en cuanto a la Ejecución por Unidad de Obra', junto a la descripción del proceso de ejecución de la unidad de obra.

Si en la descripción del proceso de ejecución de la unidad de obra no figurase alguna operación necesaria para su correcta ejecución, se entiende que está incluida en el precio de la unidad de obra, por lo que no supondrá cargo adicional o aumento de precio de la unidad de obra contratada.

Para mayor aclaración, se exponen algunas operaciones o trabajos, que se entiende que siempre forman parte del proceso de ejecución de las unidades de obra:

El transporte y movimiento vertical y horizontal de los materiales en obra, incluso carga y descarga de los camiones.

Eliminación de restos, limpieza final y retirada de residuos a vertedero de obra. Transporte de escombros sobrantes a vertedero autorizado.

Montaje, comprobación y puesta a punto.

Las correspondientes legalizaciones y permisos en instalaciones. Maquinaria, andamiajes y medios auxiliares necesarios.

Trabajos que se considerarán siempre incluidos y para no ser reiterativos no se especifican en cada una de las unidades de obra.

1.3.5.3. Presupuesto de Ejecución Material (PEM)

Es el resultado de la suma de los precios unitarios de las diferentes unidades de obra que la componen.

Se denomina Presupuesto de Ejecución Material al resultado obtenido por la suma de los productos del número de cada unidad de obra por su precio unitario y de las partidas alzadas. Es decir, el coste de la obra sin incluir los gastos generales, el beneficio industrial y el impuesto sobre el valor añadido.

1.3.5.4. Precios contradictorios

Sólo se producirán precios contradictorios cuando el promotor, por medio del director de obra, decida introducir unidades o cambios de calidad en alguna de las previstas, o cuando sea necesario afrontar alguna circunstancia imprevista.

El contratista siempre estará obligado a efectuar los cambios indicados.

A falta de acuerdo, el precio se resolverá contradictoriamente entre el director de obra y el contratista antes de comenzar la ejecución de los trabajos y en el plazo que determine el contrato de obra o, en su defecto, antes de quince días hábiles desde que se le comunique fehacientemente al director de obra. Si subsiste la diferencia, se acudirá, en primer lugar, al concepto más análogo dentro del cuadro de precios del proyecto y, en segundo lugar, al banco de precios de uso más frecuente en la localidad.

Los contradictorios que hubiese se referirán siempre a los precios unitarios de la fecha del contrato de obra. Nunca se tomará para la valoración de los correspondientes precios contradictorios la fecha de la ejecución de la unidad de obra en cuestión.

1.3.5.5. Reclamación de aumento de precios

Si el contratista, antes de la firma del contrato de obra, no hubiese hecho la reclamación u observación oportuna, no podrá bajo ningún pretexto de error u omisión reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto que sirva de base para la ejecución de las obras.

1.3.5.6. Formas tradicionales de medir o de aplicar los precios

En ningún caso podrá alegar el contratista los usos y costumbres locales respecto de la aplicación de los precios o de la forma de medir las unidades de obra ejecutadas. Se estará a lo previsto en el Presupuesto y en el criterio de medición en obra recogido en el Pliego.

1.3.5.7. De la revisión de los precios contratados

El presupuesto presentado por el contratista se entiende que es cerrado, por lo que no se aplicará revisión de precios.

Sólo se procederá a efectuar revisión de precios cuando haya quedado explícitamente determinado en el contrato de obra entre el promotor y el contratista.

1.3.5.8. Acopio de materiales

El contratista queda obligado a ejecutar los acopios de materiales o aparatos de obra que el promotor ordene por escrito.

Los materiales acopiados, una vez abonados por el propietario, son de la exclusiva propiedad de éste, siendo el contratista responsable de su guarda y conservación.

1.3.6. Obras por administración

Se denominan "Obras por administración" aquellas en las que las gestiones que se precisan para su realización las lleva directamente el promotor, bien por sí mismo, por un representante suyo o por mediación de un contratista.

Las obras por administración se clasifican en dos modalidades: Obras por administración directa.

Obras por administración delegada o indirecta.

Según la modalidad de contratación, en el contrato de obra se regulará: Su liquidación.

El abono al contratista de las cuentas de administración delegada. Las normas para la adquisición de los materiales y aparatos.

Responsabilidades del contratista en la contratación por administración en general y, en particular, la debida al bajo rendimiento de los obreros.

1.3.7. Valoración y abono de los trabajos

1.3.7.1. Forma y plazos de abono de las obras

Se realizará por certificaciones de obra y se recogerán las condiciones en el contrato de obra establecido entre las partes que intervienen (promotor y contratista) que, en definitiva, es el que tiene validez.

Los pagos se efectuarán por el promotor en los plazos previamente establecidos en el contrato de obra, y su importe corresponderá precisamente al de las certificaciones de la obra conformadas por el director de ejecución de la obra, en virtud de las cuáles se verifican aquéllos.

El director de ejecución de la obra realizará, en la forma y condiciones que establezca el criterio de medición en obra incorporado en las Prescripciones en cuanto a la Ejecución por Unidad de Obra, la medición de las unidades de obra ejecutadas durante el período de tiempo anterior, pudiendo el contratista presenciar la realización de tales mediciones.

Para las obras o partes de obra que, por sus dimensiones y características, hayan de quedar posterior y definitivamente ocultas, el contratista está obligado a avisar al director de ejecución de la obra con la suficiente antelación, a fin de que éste pueda realizar las correspondientes mediciones y toma de datos, levantando los planos que las definan, cuya conformidad suscribirá el contratista.

A falta de aviso anticipado, cuya existencia corresponde probar al contratista, queda éste obligado a aceptar las decisiones del promotor sobre el particular.

1.3.7.2. Relaciones valoradas y certificaciones

En los plazos fijados en el contrato de obra entre el promotor y el contratista, éste último formulará una relación valorada de las obras ejecutadas durante las fechas previstas, según la medición practicada por el director de ejecución de la obra.

Las certificaciones de obra serán el resultado de aplicar, a la cantidad de obra realmente ejecutada, los precios contratados de las unidades de obra. Sin embargo, los excesos de obra realizada en unidades, tales como excavaciones y hormigones, que sean imputables al contratista, no serán objeto de certificación alguna.

Los pagos se efectuarán por el promotor en los plazos previamente establecidos, y su importe corresponderá al de las certificaciones de obra, conformadas por la dirección facultativa. Tendrán el carácter de documento y entregas a buena cuenta, sujetas a las rectificaciones y variaciones que se deriven de la Liquidación Final, no suponiendo tampoco dichas certificaciones parciales la aceptación, la aprobación, ni la recepción de las obras que comprenden.

Las relaciones valoradas contendrán solamente la obra ejecutada en el plazo a que la valoración se refiere. Si la dirección facultativa lo exigiera, las certificaciones se extenderán a origen.

1.3.7.3. Mejora de obras libremente ejecutadas

Cuando el contratista, incluso con la autorización del director de obra, emplease materiales de más esmerada preparación o de mayor tamaño que el señalado en el proyecto o sustituyese una clase de fábrica por otra que tuviese asignado mayor precio, o ejecutase con mayores dimensiones cualquier parte de la obra, o, en general, introdujese en ésta y sin solicitársela, cualquier otra modificación que sea beneficiosa a juicio de la dirección facultativa, no tendrá derecho más que al abono de lo que pudiera corresponderle en el caso de que hubiese construido la obra con estricta sujeción a la proyectada y contratada o adjudicada.

1.3.7.4. Abono de trabajos presupuestados con partida alzada

El abono de los trabajos presupuestados en partida alzada se efectuará previa justificación por parte del contratista. Para ello, el director de obra indicará al contratista, con anterioridad a su ejecución, el procedimiento que ha de seguirse para llevar dicha cuenta.

1.3.7.5. Abono de trabajos especiales no contratados

Cuando fuese preciso efectuar cualquier tipo de trabajo de índole especial u ordinaria que, por no estar contratado, no sea de cuenta del contratista, y si no se contratasen con tercera persona, tendrá el contratista la obligación de realizarlos y de satisfacer los gastos de toda clase que ocasionen, los cuales le serán abonados por el promotor por separado y en las condiciones que se estipulen en el contrato de obra.

1.3.7.6. Abono de trabajos ejecutados durante el plazo de garantía

Efectuada la recepción provisional, y si durante el plazo de garantía se hubieran ejecutado trabajos cualesquiera, para su abono se procederá así:

Si los trabajos que se realicen estuvieran especificados en el Proyecto, y sin causa justificada no se hubieran realizado por el contratista a su debido tiempo, y el director de obra exigiera su realización durante el plazo de garantía, serán valorados a los precios que figuren en el

Presupuesto y abonados de acuerdo con lo establecido en el presente Pliego de Condiciones, sin estar sujetos a revisión de precios.

Si se han ejecutado trabajos precisos para la reparación de desperfectos ocasionados por el uso del edificio, por haber sido éste utilizado durante dicho plazo por el promotor, se valorarán y abonarán a los precios del día, previamente acordados.

Si se han ejecutado trabajos para la reparación de desperfectos ocasionados por deficiencia de la construcción o de la calidad de los materiales, nada se abonará por ellos al contratista.

1.3.8. Indemnizaciones Mutuas

1.3.8.1. Indemnización por retraso del plazo de terminación de las obras

Si, por causas imputables al contratista, las obras sufrieran un retraso en su finalización con relación al plazo de ejecución previsto, el promotor podrá imponer al contratista, con cargo a la última certificación, las penalizaciones establecidas en el contrato, que nunca serán inferiores al perjuicio que pudiera causar el retraso de la obra.

1.3.8.2. Demora de los pagos por parte del promotor

Se regulará en el contrato de obra las condiciones a cumplir por parte de ambos.

1.3.9. Varios

1.3.9.1. Mejoras, aumentos y/o reducciones de obra

Sólo se admitirán mejoras de obra, en el caso que el director de obra haya ordenado por escrito la ejecución de los trabajos nuevos o que mejoren la calidad de los contratados, así como de los materiales y maquinaria previstos en el contrato.

Sólo se admitirán aumentos de obra en las unidades contratadas, en el caso que el director de obra haya ordenado por escrito la ampliación de las contratadas como consecuencia de observar errores en las mediciones de proyecto.

En ambos casos será condición indispensable que ambas partes contratantes, antes de su ejecución o empleo, convengan por escrito los importes totales de las unidades mejoradas, los precios de los nuevos materiales o

maquinaria ordenados emplear y los aumentos que todas estas mejoras o aumentos de obra supongan sobre el importe de las unidades contratadas.

Se seguirán el mismo criterio y procedimiento, cuando el director de obra introduzca innovaciones que supongan una reducción en los importes de las unidades de obra contratadas.

1.3.9.2. Unidades de obra defectuosas

Las obras defectuosas no se valorarán.

1.3.9.3. Seguro de las obras

El contratista está obligado a asegurar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución, hasta la recepción definitiva.

1.3.9.4. Conservación de la obra

El contratista está obligado a conservar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución, hasta la recepción definitiva.

1.3.9.5. Uso por el contratista de edificio o bienes del promotor

No podrá el contratista hacer uso de edificio o bienes del promotor durante la ejecución de las obras sin el consentimiento del mismo.

Al abandonar el contratista el edificio, tanto por buena terminación de las obras, como por resolución del contrato, está obligado a dejarlo desocupado y limpio en el plazo que se estipule en el contrato de obra.

1.3.9.6. Pago de arbitrios

El pago de impuestos y arbitrios en general, municipales o de otro origen, sobre vallas, alumbrado, etc., cuyo abono debe hacerse durante el tiempo de ejecución de las obras y por conceptos inherentes a los propios trabajos que se realizan, correrán a cargo del contratista, siempre que en el contrato de obra no se estipule lo contrario.

1.3.10. Retenciones en concepto de garantía

Del importe total de las certificaciones se descontará un porcentaje, que se retendrá en concepto de garantía. Este valor no deberá ser nunca menor del cinco por cien (5%) y responderá de los trabajos mal ejecutados y de los perjuicios que puedan ocasionarle al promotor.

Esta retención en concepto de garantía quedará en poder del promotor durante el tiempo designado como PERIODO DE GARANTÍA, pudiendo ser dicha retención, "en metálico" o mediante un aval bancario que garantice el importe total de la retención.

Si el contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, el director de obra, en representación del promotor, los ordenará ejecutar a un tercero, o podrá realizarlos directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones a que tenga derecho el promotor, en el caso de que el importe de la fianza no bastase para cubrir el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fuesen de recibo.

La fianza retenida en concepto de garantía será devuelta al contratista en el plazo estipulado en el contrato, una vez firmada el Acta de Recepción Definitiva de la obra. El promotor podrá exigir que el contratista le acredite la liquidación y finiquito de sus deudas atribuibles a la ejecución de la obra, tales como salarios, suministros o subcontratos.

1.3.11. Plazos de ejecución: Planning de obra

En el contrato de obra deberán figurar los plazos de ejecución y entregas, tanto totales como parciales. Además, será conveniente adjuntar al respectivo contrato un Planning de la ejecución de la obra donde figuren de forma gráfica y detallada la duración de las distintas partidas de obra que deberán conformar las partes contratantes.

1.3.12. Liquidación económica de las obras

Simultáneamente al libramiento de la última certificación, se procederá al otorgamiento del Acta de Liquidación Económica de las obras, que deberán firmar el promotor y el contratista. En este acto se dará por terminada la obra y se entregarán, en su caso, las llaves, los correspondientes boletines debidamente cumplimentados de acuerdo a la Normativa Vigente, así como los proyectos Técnicos y permisos de las instalaciones contratadas.

Dicha Acta de Liquidación Económica servirá de Acta de Recepción Provisional de las obras, para lo cual será conformada por el promotor, el contratista, el director de obra y el director de ejecución de la obra, quedando desde dicho momento la conservación y custodia de las mismas a cargo del promotor.

La citada recepción de las obras, provisional y definitiva, queda regulada según se describe en las Disposiciones Generales del presente Pliego.

1.3.13. Liquidación final de la obra

Entre el promotor y contratista, la liquidación de la obra deberá hacerse de acuerdo con las certificaciones conformadas por la Dirección de Obra. Si la liquidación se realizara sin el visto bueno de la Dirección de Obra, ésta sólo mediará, en caso de desavenencia o desacuerdo, en el recurso ante los Tribunales.

2. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES

2.1. Prescripciones sobre los materiales

Para facilitar la labor a realizar, por parte del director de la ejecución de la obra, para el control de recepción en obra de los productos, equipos y sistemas que se suministren a la obra de acuerdo con lo especificado en el "Real Decreto 314/2006. Código Técnico de la Edificación (CTE)", en el presente proyecto se especifican las características técnicas que deberán cumplir los productos, equipos y sistemas suministrados.

Los productos, equipos y sistemas suministrados deberán cumplir las condiciones que sobre ellos se especifican en los distintos documentos que componen el Proyecto. Asimismo, sus calidades serán acordes con las distintas normas que sobre ellos estén publicadas y que tendrán un carácter de complementariedad a este apartado del Pliego. Tendrán preferencia en cuanto a su aceptabilidad aquellos materiales que estén en posesión de Documento de Idoneidad Técnica que avale sus calidades, emitido por Organismos Técnicos reconocidos.

Este control de recepción en obra de productos, equipos y sistemas comprenderá: El control de la documentación de los suministros.

El control mediante distintivos de calidad o evaluaciones técnicas de idoneidad.

El control mediante ensayos.

Por parte del constructor o contratista debe existir obligación de comunicar a los suministradores de productos las calidades que se exigen para los distintos materiales, aconsejándose que previamente al empleo de los mismos se solicite la aprobación del director de ejecución de la obra y de las entidades y laboratorios encargados del control de calidad de la obra.

El contratista será responsable de que los materiales empleados cumplan con las condiciones exigidas, independientemente del nivel de control de calidad que se establezca para la aceptación de los mismos.

El contratista notificará al director de ejecución de la obra, con suficiente antelación, la procedencia de los materiales que se proponga utilizar, aportando, cuando así lo solicite el director de ejecución de la obra, las muestras y datos necesarios para decidir acerca de su aceptación.

Estos materiales serán reconocidos por el director de ejecución de la obra antes de su empleo en obra, sin cuya aprobación no podrán ser acopiados en obra ni se podrá proceder a su colocación. Así mismo, aún después de colocados en obra, aquellos materiales que presenten defectos no percibidos en el primer reconocimiento, siempre que vaya en perjuicio del buen acabado de la obra, serán retirados de la obra. Todos los gastos que ello ocasionase serán a cargo del contratista.

El hecho de que el contratista subcontrate cualquier partida de obra no le exime de su responsabilidad.

La simple inspección o examen por parte de los Técnicos no supone la recepción absoluta de los mismos, siendo los oportunos ensayos los que determinen su idoneidad, no extinguiéndose la responsabilidad contractual del contratista a estos efectos hasta la recepción definitiva de la obra.

2.1.1. Garantías de calidad (Marcado CE)

El término producto de construcción queda definido como cualquier producto fabricado para su incorporación, con carácter permanente, a las obras de edificación e ingeniería civil que tengan incidencia sobre los siguientes requisitos esenciales:

Resistencia mecánica y estabilidad. Seguridad en caso de incendio.

Higiene, salud y medio ambiente. Seguridad de utilización.

Protección contra el ruido.

Ahorro de energía y aislamiento térmico.

El marcado CE de un producto de construcción indica:

Que éste cumple con unas determinadas especificaciones técnicas relacionadas con los requisitos esenciales contenidos en las Normas Armonizadas (EN) y en las Guías DITE (Guías para el Documento de Idoneidad Técnica Europeo).

Que se ha cumplido el sistema de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones indicado en los mandatos relativos a las normas armonizadas y en las especificaciones técnicas armonizadas.

Siendo el fabricante el responsable de su fijación y la Administración competente en materia de industria la que vele por la correcta utilización del marcado CE.

Es obligación del director de la ejecución de la obra verificar si los productos que entran en la obra están afectados por el cumplimiento del sistema del marcado CE y, en caso de ser así, si se cumplen las condiciones establecidas en el "Reglamento (UE) N° 305/2011. Reglamento por el que se establecen condiciones armonizadas para la comercialización

de productos de construcción y se deroga la Directiva 89/106/CEE del Consejo".

El marcado CE se materializa mediante el símbolo "CE" acompañado de una información complementaria. El fabricante debe cuidar de que el marcado CE figure, por orden de preferencia:

En el producto propiamente dicho. En una etiqueta adherida al mismo. En su envase o embalaje.

En la documentación comercial que le acompaña.

Las letras del símbolo CE deben tener una dimensión vertical no inferior a 5 mm.

Además del símbolo CE deben estar situadas en una de las cuatro posibles localizaciones una serie de inscripciones complementarias, cuyo contenido específico se determina en las normas armonizadas y Guías DITE para cada familia de productos, entre las que se incluyen:

el número de identificación del organismo notificado (cuando proceda) el nombre comercial o la marca distintiva del fabricante

la dirección del fabricante

el nombre comercial o la marca distintiva de la fábrica

las dos últimas cifras del año en el que se ha estampado el marcado en el producto el número del certificado CE de conformidad (cuando proceda)

el número de la norma armonizada y en caso de verse afectada por varias los números de todas ellas la designación del producto, su uso previsto y su designación normalizada

información adicional que permita identificar las características del producto atendiendo a sus especificaciones técnicas

Las inscripciones complementarias del marcado CE no tienen por qué tener un formato, tipo de letra, color o composición especial, debiendo cumplir únicamente las características reseñadas anteriormente para el símbolo.

Dentro de las características del producto podemos encontrar que alguna de ellas presente la mención "Prestación no determinada" (PND).

La opción PND es una clase que puede ser considerada si al menos un estado miembro no tiene requisitos legales para una determinada característica y el fabricante no desea facilitar el valor de esa característica.

2.2. Prescripciones en cuanto a la Ejecución por Unidad de Obra

Las prescripciones para la ejecución de cada una de las diferentes unidades de obra se organizan en los siguientes apartados:

MEDIDAS PARA ASEGURAR LA COMPATIBILIDAD ENTRE LOS DIFERENTES PRODUCTOS, ELEMENTOS Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS QUE COMPONEN LA UNIDAD DE OBRA.

Se especifican, en caso de que existan, las posibles incompatibilidades, tanto físicas como químicas, entre los diversos componentes que componen la unidad de obra, o entre el soporte y los componentes.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Se describe la unidad de obra, detallando de manera pormenorizada los elementos que la componen, con la nomenclatura específica correcta de cada uno de ellos, de acuerdo a los criterios que marca la propia normativa.

NORMATIVA DE APLICACIÓN

Se especifican las normas que afectan a la realización de la unidad de obra.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

Indica cómo se ha medido la unidad de obra en la fase de redacción del proyecto, medición que luego será comprobada en obra.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA

Antes de iniciarse los trabajos de ejecución de cada una de las unidades de obra, el director de la ejecución de la obra habrá recepcionado los materiales y los certificados acreditativos exigibles, en base a lo establecido en la documentación pertinente por el técnico redactor del proyecto. Será preceptiva la aceptación previa por parte del director de la ejecución de la obra de todos los materiales que constituyen la unidad de obra.

Así mismo, se realizarán una serie de comprobaciones previas sobre las condiciones del soporte, las condiciones ambientales del entorno, y la cualificación de la mano de obra, en su caso.

DEL SOPORTE

Se establecen una serie de requisitos previos sobre el estado de las unidades de obra realizadas previamente, que pueden servir de soporte a la nueva unidad de obra.

AMBIENTALES

En determinadas condiciones climáticas (viento, lluvia, humedad, etc.) no podrán iniciarse los trabajos de ejecución de la unidad de obra, deberán interrumpirse o será necesario adoptar una serie de medidas protectoras.

DEL CONTRATISTA

En algunos casos, será necesaria la presentación al director de la ejecución de la obra de una serie de documentos por parte del contratista, que acrediten su cualificación, o la de la empresa por él subcontratada, para realizar cierto tipo de trabajos. Por ejemplo la puesta en obra de sistemas constructivos en posesión de un Documento de Idoneidad Técnica (DIT), deberán ser realizados por la propia empresa propietaria del DIT, o por empresas especializadas y cualificadas, reconocidas por ésta y bajo su control técnico.

PROCESO DE EJECUCIÓN

En este apartado se desarrolla el proceso de ejecución de cada unidad de obra, asegurando en cada momento las condiciones que permitan conseguir el nivel de calidad previsto para cada elemento constructivo en particular.

FASES DE EJECUCIÓN

Se enumeran, por orden de ejecución, las fases de las que consta el proceso de ejecución de la unidad de obra.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN

En algunas unidades de obra se hace referencia a las condiciones en las que debe finalizarse una determinada unidad de obra, para que no interfiera negativamente en el proceso de ejecución del resto de unidades.

Una vez terminados los trabajos correspondientes a la ejecución de cada unidad de obra, el contratista retirará los medios auxiliares y procederá a la limpieza del elemento realizado y de las zonas de trabajo, recogiendo los restos de materiales y demás residuos originados por las operaciones realizadas para ejecutar la unidad de obra, siendo todos ellos clasificados, cargados y transportados a centro de reciclaje, vertedero específico o centro de acogida o transferencia.

PRUEBAS DE SERVICIO

En aquellas unidades de obra que sea necesario, se indican las pruebas de servicio a realizar por el propio contratista o empresa instaladora, cuyo coste se encuentra incluido en el propio precio de la unidad de obra.

Aquellas otras pruebas de servicio o ensayos que no están incluidos en el precio de la unidad de obra, y que es obligatoria su realización por medio de laboratorios acreditados se encuentran detalladas y presupuestadas, en el correspondiente capítulo X de Control de Calidad y Ensayos, del Presupuesto de Ejecución Material (PEM).

Por ejemplo, esto es lo que ocurre en la unidad de obra ADP010, donde se indica que no está incluido en el precio de la unidad de obra el coste del ensayo de densidad y humedad "in situ".

CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO

En algunas unidades de obra se establecen las condiciones en que deben protegerse para la correcta conservación y mantenimiento en obra, hasta su recepción final.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO

Indica cómo se comprobarán en obra las mediciones de Proyecto, una vez superados todos los controles de calidad y obtenida la aceptación final por parte del director de ejecución de la obra.

La medición del número de unidades de obra que ha de abonarse se realizará, en su caso, de acuerdo con las normas que establece este capítulo, tendrá lugar en presencia y con intervención del contratista, entendiéndose que éste renuncia a tal derecho si, avisado oportunamente, no compareciese a tiempo. En tal caso, será válido el resultado que el director de ejecución de la obra consigne.

Todas las unidades de obra se abonarán a los precios establecidos en el Presupuesto. Dichos precios se abonarán por

las unidades terminadas y ejecutadas con arreglo al presente Pliego de Condiciones Técnicas Particulares y Prescripciones en cuanto a la Ejecución por Unidad de Obra.

Estas unidades comprenden el suministro, cánones, transporte, manipulación y empleo de los materiales, maquinaria, medios auxiliares, mano de obra necesaria para su ejecución y costes indirectos derivados de estos conceptos, así como cuantas necesidades circunstanciales se requieran para la ejecución de la obra, tales como indemnizaciones por daños a terceros u ocupaciones temporales y costos de obtención de los permisos necesarios, así como de las operaciones necesarias para la reposición de servidumbres y servicios públicos o privados afectados tanto por el proceso de ejecución de las obras como por las instalaciones auxiliares.

Igualmente, aquellos conceptos que se especifican en la definición de cada unidad de obra, las operaciones descritas en el proceso de ejecución, los ensayos y pruebas de servicio y puesta en funcionamiento, inspecciones, permisos, boletines, licencias, tasas o similares.

No será de abono al contratista mayor volumen de cualquier tipo de obra que el definido en los planos o en las modificaciones autorizadas por la dirección facultativa. Tampoco le será abonado, en su caso, el coste de la restitución de la obra a sus dimensiones correctas, ni la obra que hubiese tenido que realizar por orden de la dirección facultativa para subsanar cualquier defecto de ejecución.

TERMINOLOGÍA APLICADA EN EL CRITERIO DE MEDICIÓN.

A continuación, se detalla el significado de algunos de los términos utilizados en los diferentes capítulos de obra.

ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO

Volumen de tierras en perfil esponjado. La medición se referirá al estado de las tierras una vez extraídas. Para ello, la forma de obtener el volumen de tierras a transportar, será la que resulte

de aplicar el porcentaje de esponjamiento medio que proceda, en función de las características del terreno.

Volumen de relleno en perfil compactado. La medición se referirá al estado del relleno una vez finalizado el proceso de compactación.

Volumen teórico ejecutado. Será el volumen que resulte de considerar las dimensiones de las secciones teóricas especificadas en los planos de Proyecto, independientemente de que las secciones excavadas hubieran quedado con mayores dimensiones.

CIMENTACIONES

Superficie teórica ejecutada. Será la superficie que resulte de considerar las dimensiones de las secciones teóricas especificadas en los planos de Proyecto, independientemente de que la superficie ocupada por el hormigón hubiera quedado con mayores dimensiones.

Volumen teórico ejecutado. Será el volumen que resulte de considerar las dimensiones de las secciones teóricas especificadas en los planos de Proyecto, independientemente de que las secciones de hormigón hubieran quedado con mayores dimensiones.

ESTRUCTURAS

Volumen teórico ejecutado. Será el volumen que resulte de considerar las dimensiones de las secciones teóricas especificadas en los planos de Proyecto, independientemente de que las secciones de los elementos estructurales hubieran quedado con mayores dimensiones.

ESTRUCTURAS METÁLICAS

Peso nominal medido. Serán los kg que resulten de aplicar a los elementos estructurales metálicos los pesos nominales que, según dimensiones y tipo de acero, figuren en tablas.

ESTRUCTURAS (FORJADOS)

Deduciendo los huecos de superficie mayor de $X \text{ m}^2$. Se medirá la superficie de los forjados de cara exterior a cara exterior de los zunchos que delimitan el perímetro de su superficie, descontando únicamente los huecos o pasos de forjados que tengan una superficie mayor de $X \text{ m}^2$.

En los casos de dos paños formados por forjados diferentes, objeto de precios unitarios distintos, que apoyen o empotren en una jácena o muro de carga común a ambos paños, cada una de las unidades de obra de forjado se medirá desde fuera a cara exterior de los elementos delimitadores al eje de la jácena o muro de carga común.

En los casos de forjados inclinados se tomará en verdadera magnitud la superficie de la cara inferior del forjado, con el mismo criterio anteriormente señalado para la deducción de huecos.

ESTRUCTURAS (MUROS)

Deduciendo los huecos de superficie mayor de $X \text{ m}^2$. Se aplicará el mismo criterio que para fachadas y particiones.

FACHADAS Y PARTICIONES

Deduciendo los huecos de superficie mayor de $X \text{ m}^2$. Se medirán los paramentos verticales de fachadas y particiones descontando únicamente aquellos huecos cuya superficie sea mayor de $X \text{ m}^2$, lo que significa que:

Cuando los huecos sean menores de $X \text{ m}^2$ se medirán a cinta corrida como si no hubiera huecos. Al no deducir ningún hueco, en compensación de medir hueco por macizo, no se medirán los trabajos de formación de mochetas en jambas y dinteles.

Cuando los huecos sean mayores de $X \text{ m}^2$, se deducirá la superficie de estos huecos, pero se sumará a la medición la superficie de la parte interior del hueco, correspondiente al desarrollo de las mochetas.

Deduciendo todos los huecos. Se medirán los paramentos verticales de fachadas y particiones descontando la superficie de todos los huecos, pero se incluye la ejecución de todos los trabajos precisos para la resolución del hueco, así como los materiales que forman dinteles, jambas y vierteaguas.

A los efectos anteriores, se entenderá como hueco, cualquier abertura que tenga mochetas y dintel para puerta o ventana. En caso de tratarse de un vacío en la fábrica sin dintel, antepecho ni carpintería, se deducirá siempre el mismo al medir la fábrica, sea cual fuere su superficie.

En el supuesto de cerramientos de fachada donde las hojas, en lugar de apoyar directamente en el forjado, apoyen en una o dos hiladas de regularización que abarquen todo el espesor del cerramiento, al efectuar la medición de las unidades de obra se medirá su altura desde el forjado y, en compensación, no se medirán las hiladas de regularización.

INSTALACIONES

Longitud realmente ejecutada. Medición según desarrollo longitudinal resultante, considerando, en su caso, los tramos ocupados por piezas especiales.

REVESTIMIENTOS (YESOS Y ENFOSCADOS DE CEMENTO)

Deduciendo, en los huecos de superficie mayor de $X \text{ m}^2$, el exceso sobre los $X \text{ m}^2$. Los paramentos verticales y horizontales se medirán a cinta corrida, sin descontar huecos de superficie menor a $X \text{ m}^2$. Para huecos de mayor superficie, se descontará únicamente el exceso sobre esta superficie. En ambos casos se considerará incluida la ejecución de moquetas, fondos de dinteles y aristados. Los paramentos que tengan armarios empotrados no serán objeto de descuento, sea cual fuere su dimensión.

2.3. Prescripciones sobre verificaciones en el edificio terminado

De acuerdo con el "Real Decreto 314/2006. Código Técnico de la Edificación (CTE)", en la obra terminada, bien sobre el edificio en su conjunto, o bien sobre sus diferentes partes y sus instalaciones, totalmente terminadas, deben realizarse, además de las que puedan establecerse con carácter voluntario, las comprobaciones y pruebas de servicio previstas en el presente pliego, por parte del constructor, y a su cargo, independientemente de las ordenadas por la dirección facultativa y las exigidas por la legislación aplicable, que serán realizadas por laboratorio acreditado y cuyo coste se especifica detalladamente en el capítulo de Control de Calidad y Ensayos, del Presupuesto de Ejecución material (PEM) del proyecto.

2.4. Prescripciones en relación con el almacenamiento, manejo, separación y otras operaciones de gestión de los residuos de construcción y demolición

El correspondiente Estudio de Gestión de los Residuos de Construcción y Demolición, contendrá las siguientes prescripciones en relación con el almacenamiento, manejo, separación y otras operaciones de gestión de los residuos de la obra:

El depósito temporal de los escombros se realizará en contenedores metálicos con la ubicación y condiciones establecidas en las ordenanzas municipales, o bien en sacos industriales con un volumen inferior a un metro cúbico, quedando debidamente señalizados y segregados del resto de residuos.

Aquellos residuos valorizables, como maderas, plásticos, chatarra, etc., se depositarán en contenedores debidamente señalizados y segregados del resto de residuos, con el fin de facilitar su gestión.

Los contenedores deberán estar pintados con colores vivos, que sean visibles durante la noche, y deben contar con una banda de material reflectante de, al menos, 15 centímetros a lo largo de todo su perímetro, figurando de forma clara y legible la siguiente información:

Razón social.

Código de Identificación Fiscal (C.I.F.).

Número de teléfono del titular del contenedor/envase.

Número de inscripción en el Registro de Transportistas de Residuos del titular del contenedor.

Dicha información deberá quedar también reflejada a través de adhesivos o placas, en los envases industriales u otros elementos de contención.

El responsable de la obra a la que presta servicio el contenedor adoptará las medidas pertinentes para evitar que se depositen residuos ajenos a la misma. Los contenedores permanecerán cerrados o cubiertos fuera del horario de trabajo, con el fin de evitar el depósito de restos ajenos a la obra y el derramamiento de los residuos.

En el equipo de obra se deberán establecer los medios humanos, técnicos y procedimientos de separación que se dedicarán a cada tipo de RCD.

Se deberán cumplir las prescripciones establecidas en las ordenanzas municipales, los requisitos y condiciones de la licencia de obra, especialmente si obligan a la separación en origen de determinadas materias objeto de reciclaje o deposición, debiendo el constructor o el jefe de obra realizar una evaluación económica de las

condiciones en las que es viable esta operación, considerando las posibilidades reales de llevarla a cabo, es decir, que la obra o construcción lo permita y que se disponga de plantas de reciclaje o gestores adecuados.

El constructor deberá efectuar un estricto control documental, de modo que los transportistas y gestores de RCD presenten los vales de cada retirada y entrega en destino final. En el caso de que los residuos se reutilicen en otras obras o proyectos de restauración, se deberá aportar evidencia documental del destino final.

Los restos derivados del lavado de las canaletas de las cubas de suministro de hormigón prefabricado serán considerados como residuos y gestionados como le corresponde (LER 17 01 01).

Se evitará la contaminación mediante productos tóxicos o peligrosos de los materiales plásticos, restos de madera, acopios o contenedores de escombros, con el fin de proceder a su adecuada segregación.

Las tierras superficiales que puedan destinarse a jardinería o a la recuperación de suelos degradados, serán cuidadosamente retiradas y almacenadas durante el menor tiempo posible, dispuestas en caballones de altura no superior a 2 metros, evitando la humedad excesiva, su manipulación y su contaminación.

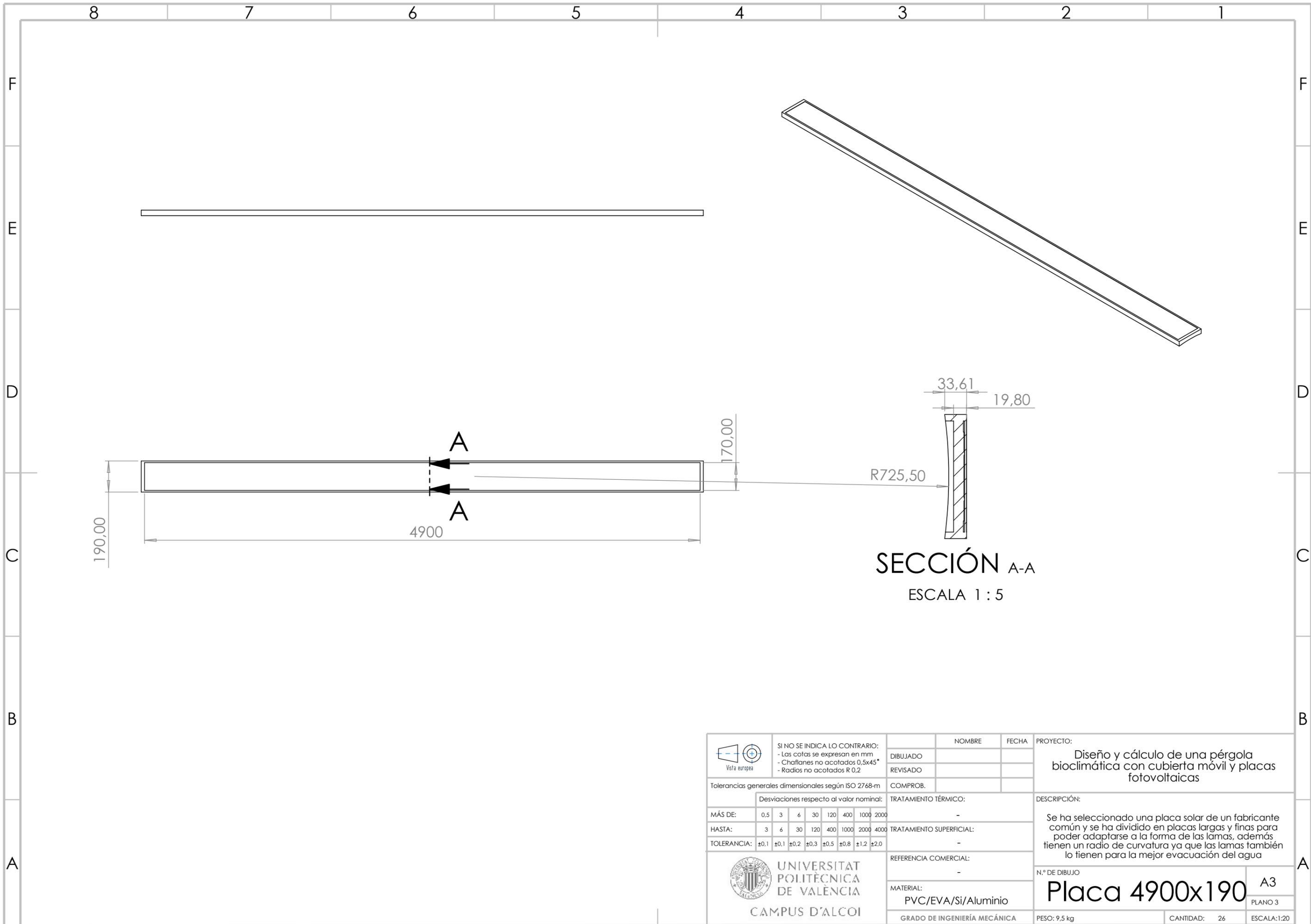
PRESUPUESTO

1 Presupuesto

Obra: PÉRGOLA							
Presupuesto						% C.I.	3
Código	Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)	
PÉRGOLA	Capítulo				6 219.91	6 219.91	
01	Capítulo		Mano de obra		0.00	0.00	
			01		0.00	0.00	
02	Capítulo		Precio materiales		4 574.32	4 574.32	
Aluminio_6063	Partida	kg	Precio del aluminio 6063 por kilogramo	0.000	2 430.47	0.00	
Placas	Partida	ud	Precio del aluminio 6063 por kilogramo Precio de placa solar 2,2x1,1 m	9.000	233.77	2 103.93	
Lacado	Partida	€/m2	Precio de placa solar 2,2x1,1 m. El panel solar Hi-MO 5 de LONGi ofrece alta eficiencia y potencia con una tecnología avanzada de soldadura inteligente y dopaje con galio, mejorando la durabilidad y producción energética. Diseñado para condiciones exigentes, este panel es ideal para instalaciones a gran escala, garantizando mayor rendimiento y menor degradación con el tiempo. Precio del lacado industrial en €/m2	48.600	19.89	966.65	
Inversor	Partida	ud	Precio del lacado industrial obtenido con el generador de precios. Inversor Fronius Symo 3-7-3-M	1.000	1 503.74	1 503.74	
			El inversor solar es esencial para convertir la energía de corriente continua (CC) generada por las placas solares en corriente alterna (CA), adecuada para el uso doméstico y la inyección a la red eléctrica. Además, optimiza la eficiencia energética mediante el seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT) y proporciona protección y monitoreo del sistema.				
			02		4 574.32	4 574.32	
03	Capítulo		Instalaciones		299.85	299.85	
Motor	Partida	1	Motor Elite Box 80/12 S55	1.000	184.02	184.02	
Mando	Partida	ud	Motor de fabricación china utilizado mediante un eje con engranaje active el movimiento de una pletina, la cual es la encargado de transmitir el movimiento a las lamas que irán sujetas desde sus extremos a las pletinas. Mando Elite Universal 15 canal	1.000	57.67	57.67	
LED	Partida	m	Mando Elite Universal 15 canal utilizado para mover el motor Elite Box 80712 S55. Tiene una función de configuración básica y cuenta con 3 botones, uno de acción en un sentido de giro, otro en el contrario y otro botón de reset. Precio tira LED €/m	20.000	2.56	51.20	
Tubería	Partida	€/m	Precio tira LED €/m. Para la pérgola, se instala una tira de LED perimetral, abarcando los 4 lados de 5 metros de longitud. Tubería PVC de desagüe 2 pulgadas.	6.000	1.16	6.96	
Reduccion	Partida	ud	Tubería utilizada para evacuar el agua de lluvia que cae sobre el cerramiento de la pérgola. Se instalarán en 2 vigas de la estructura por lo que serán 6 metros de tuberías. Reducción de diámetro PVC de 90 mm a 50mm	0.000	12.38	0.00	
			Reducción utilizada para realizar el empalme de caída de agua por la viga a la tubería instalada				
			03		299.85	299.85	
04	Capítulo		Cimentación		1 042.27	1 042.27	
Hormigon_H25	Partida	€/m3	Hormigón seco H25	7.500	90.13	675.98	
Hierro	Partida	€/m3	Para este tipo de instalación se utiliza hormigón seco H25. Alrededor de unos 20-30 cm de profundidad para 30 metros cuadrados para que la pérgola se pueda empotrar bien al pavimento. Esto forma un total de 7,5 m3 de hormigón. Hierro base para hormigonar encima y sellar	3.000	1.29	3.87	
Fibra_PP	Partida	€/m3	Se utiliza hierro para hormigonar encima y no directamente en el terreno. El precio es proporcionado por un constructor local al que se le ha pedido presupuesto día 23/07/24. El precio es de 1,25 €/m3 para 3 m3 de hierro. Fibra de polipropileno para hormigón	7.500	3.61	27.08	

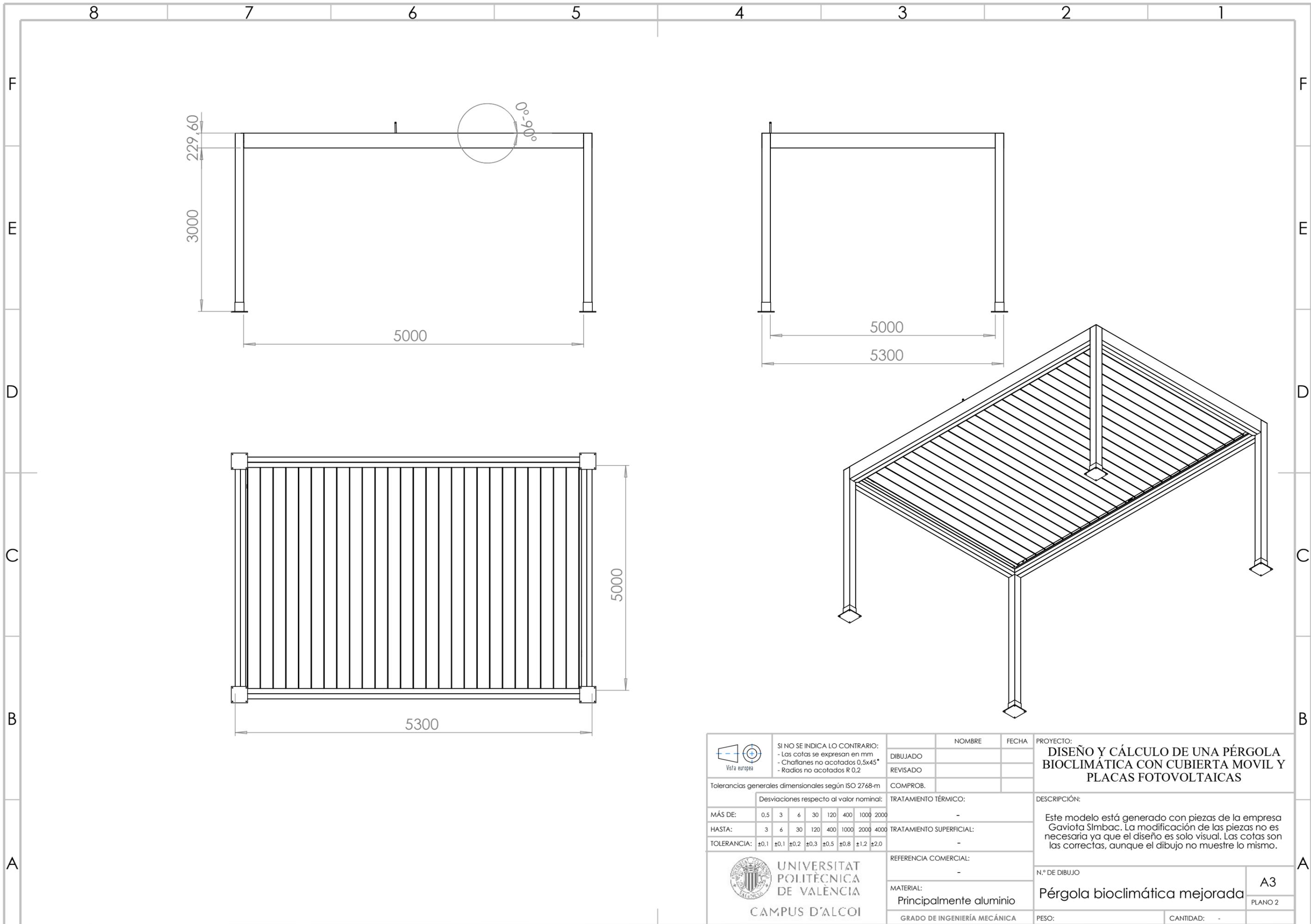
Pavimento	Partida	€/m2	Fibra de PP utilizada para reducir la fisuración y aumentar la durabilidad, distribuyendo uniformemente los esfuerzos y reduciendo la segregación y el sangrado. Se utiliza una bolsa por metro cúbico de hormigón. Pavimento porcelánico para el suelo de la terraza	30.000	8.19	245.70
Cola	Partida	€/m2	Pavimento porcelánico de cualquier tienda, elección del color y acabado al gusto. Para este caso se ha utilizado un pavimento porcelánico de Bricodepot. Cola porcelánica elástica	6.000	14.94	89.64
			Cola porcelánica elástica utilizada para mejorar la adhesión a la cimentación, mejorar la resistencia a la fisuración y resistir mejor las variaciones térmicas del entorno. Además es resistente a la humedad y tiene una larga vida útil. Se ha escogido una de Leroy Merlin. Cada bolsa da para cubrir unos 5 m2 de pavimento.			
04				1 042.27	1 042.27	
05	Capítulo		Tornillería	303.47	303.47	
Bulon	Partida	ud	Bulón hueco lama Bulón que evita que las lamas se salgan se la pletina que las une a la pérgola. Una vez se introduce, se requiere de herramientas para retirarlo. Hay 52 uds correspondientes a 26 lamas, 2 bulones, uno para cada extremo de la lama.	52.000	1.16	60.32
Casquillo	Partida	ud	Casquillo reduce holguras para bulón Casquillo que, junto al bulón, hará la presión necesaria para evitar holguras, desplazamientos del bulón o incluso roturas. Una unidad por cada bulón.	52.000	2.16	112.32
Casquillo2	Partida	ud	Casquillo de soporte para lamas.	52.000	1.60	83.20
ArandelaM6	Partida	ud	Casquillo, utilizado junto al casquillo reduce holguras y el bulón para sellar por completo la lama. Arandela Grower B M6 Din 127	30.000	0.47	14.10
ArandelaM8	Partida	ud	Arandela utilizada para la fijación de tornillos de métrica 6 o inferiores. Arandela Grower B M8 Din 127	20.000	0.78	15.60
T_HX10012	Partida	ud	Arandela utilizada para la fijación de tornillos de métrica 8 o inferiores. Tornillo 5_5x13 Hx10012	14.000	0.62	8.68
TornilloDIN7504	Partida	ud	Tornillo rosca chapa de 5,5 mm x 13 mm de largo. De cabeza punta estrella. Con tratamiento Zn+Ni SELL. Tornillo 6.3x25 DIN-7504-K	3.000	0.15	0.45
TornilloDIN912M6x12	Partida	ud	Tornillo broca rosca chapa de cabeza hexagonal DIN 7504-K. Con arandela P-16. Tratamiento de Zinc. Tornillo M6x12 DIN912(Predeterminado)	16.000	0.05	0.80
TornilloISO7380M6x16	Partida	ud	Tornillo roscado total Clase 8.8 con cabeza Allen llave de 6 , acero cincado. Tornillo M6x16 ISO7380(Predeterminado)	52.000	0.14	7.28
TornilloDIN912M8x16	Partida	ud	Tornillo Cabeza Abombada con Hueco hexagonal M6X16 roscado total clase 10.9 llave de 4 Acero cincado Tornillo M8x16 DIN912(Predeterminado)	8.000	0.09	0.72
			Tornillo roscado total Clase 8.8 con cabeza Allen llave de 6 , acero cincado.			
05				303.47	303.47	
PÉRGOLA				6 219.91	6 219.91	

PLANOS

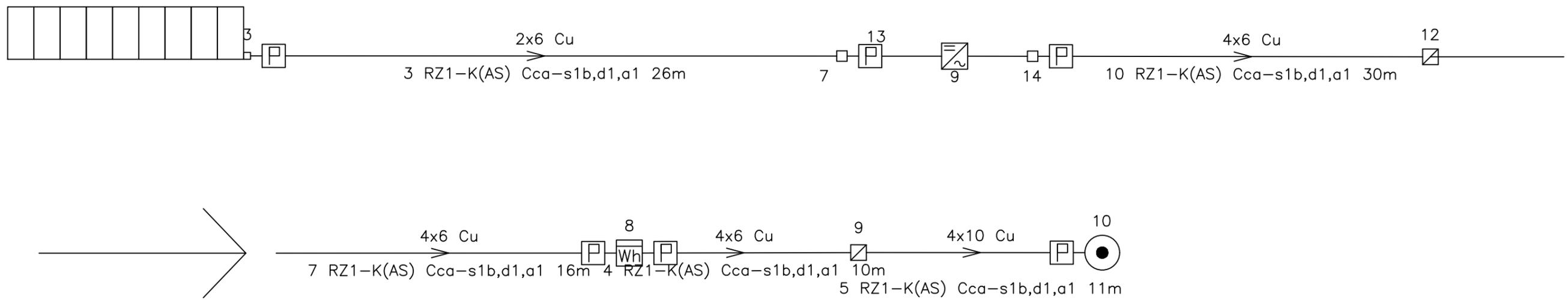


SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 5

	SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: - Las cotas se expresan en mm - Chafilanes no acotados 0,5x45° - Radios no acotados R 0,2		NOMBRE	FECHA	PROYECTO: Diseño y cálculo de una pérgola bioclimática con cubierta móvil y placas fotovoltaicas						
	DIBUJADO										
Tolerancias generales dimensionales según ISO 2768-m	Desviaciones respecto al valor nominal:		COMPROB.		DESCRIPCIÓN: Se ha seleccionado una placa solar de un fabricante común y se ha dividido en placas largas y finas para poder adaptarse a la forma de las lamas, además tienen un radio de curvatura ya que las lamas también lo tienen para la mejor evacuación del agua						
MÁS DE:	0,5	3	6	30		120	400	1000	2000	TRATAMIENTO TÉRMICO:	-
HASTA:	3	6	30	120		400	1000	2000	4000	TRATAMIENTO SUPERFICIAL:	-
TOLERANCIA:	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3		±0,5	±0,8	±1,2	±2,0	REFERENCIA COMERCIAL:	-
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI		MATERIAL:		PVC/EVA/Si/Aluminio		N.º DE DIBUJO Placa 4900x190		A3			
GRADO DE INGENIERÍA MECÁNICA		PESO: 9,5 kg		CANTIDAD: 26		ESCALA: 1:20		PLANO 3			



	SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: - Las cotas se expresan en mm - Chafilanes no acotados 0,5x45° - Radios no acotados R 0,2		NOMBRE	FECHA	PROYECTO: DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA PÉRGOLA BIOCLIMÁTICA CON CUBIERTA MOVIL Y PLACAS FOTOVOLTAICAS
	DIBUJADO				
	REVISADO				
	COMPROB.				
Tolerancias generales dimensionales según ISO 2768-m		TRATAMIENTO TÉRMICO:	DESCRIPCIÓN: Este modelo está generado con piezas de la empresa Gaviota Simbac. La modificación de las piezas no es necesaria ya que el diseño es solo visual. Las cotas son las correctas, aunque el dibujo no muestre lo mismo.		
Desviaciones respecto al valor nominal:		-			
MÁS DE:	0,5 3 6 30 120 400 1000 2000	TRATAMIENTO SUPERFICIAL:			
HASTA:	3 6 30 120 400 1000 2000 4000	-			
TOLERANCIA: ±0,1 ±0,1 ±0,2 ±0,3 ±0,5 ±0,8 ±1,2 ±2,0		REFERENCIA COMERCIAL:	N.º DE DIBUJO Pérgola bioclimática mejorada		
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI		-			
		MATERIAL: Principalmente aluminio			
		GRADO DE INGENIERÍA MECÁNICA	PESO:	CANTIDAD: -	

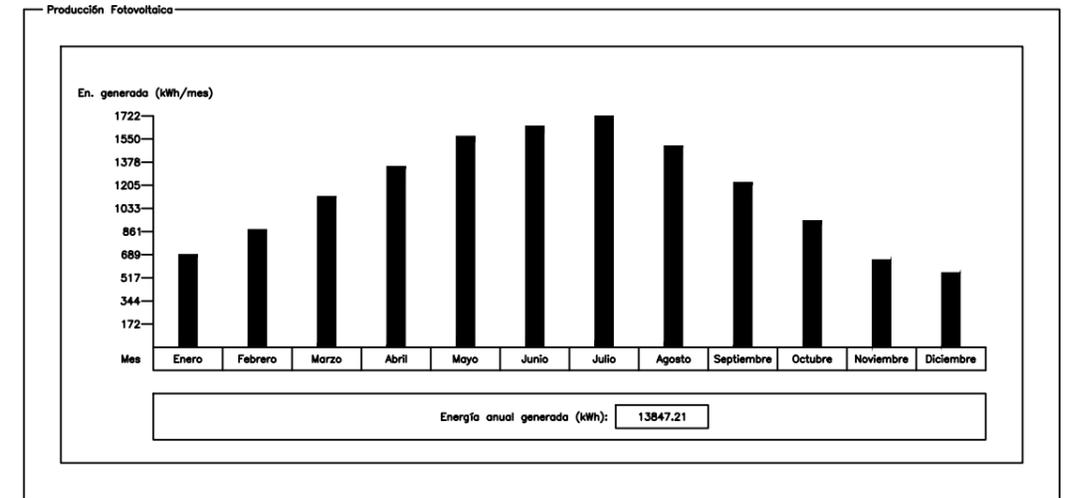
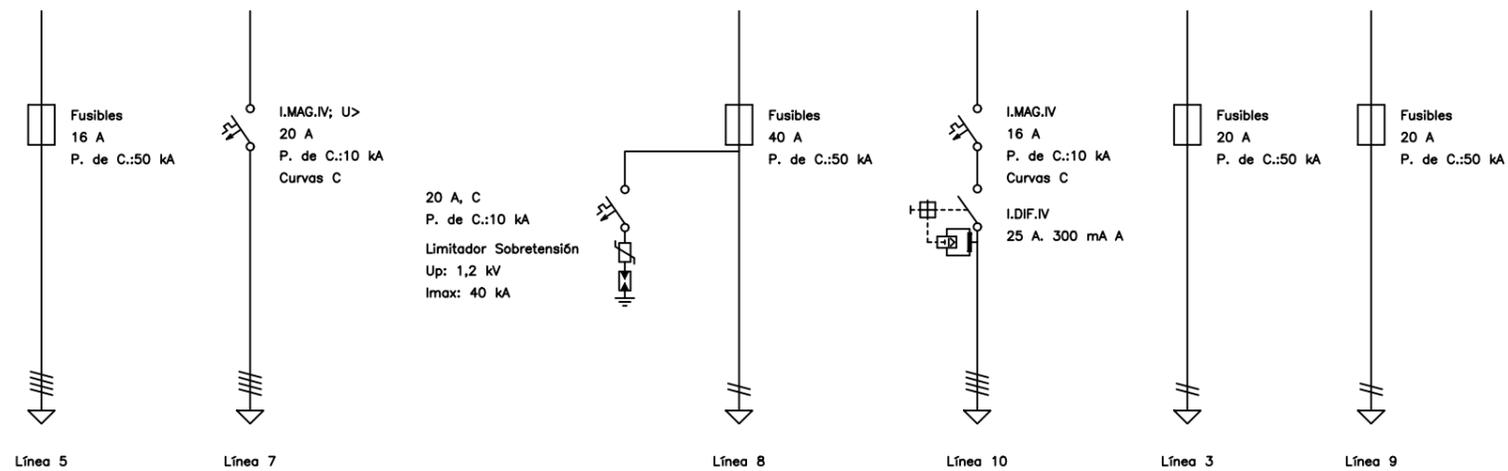


 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI	AUTOR: NICOLÁS PASTOR ALBERT	DISEÑO Y CÁLCULO DE PÉRGOLA BIOCLIMÁTICA CON CUBIERTA MÓVIL Y PLACAS FOTOVOLTAICAS	
	FIRMA: **		
PLANO: PLANO INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	FECHA: 26/07/2024	Nº PLANO: 5	
	ESCALA: ORIGINAL A-3 1:***		

Línea	Canalización	Aislamiento	Polaridad	Prot.In/Ireg(A)	PdeC(kA)	Curvas Validas
4	Tubos Sup.E.O	RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1	3 Unp.	16	10	C
5	Tubos Sup.E.O	RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1	3 Unp.	16	50	C
7	Tubos Sup.E.O	RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1	3 Unp.	20	10	C
8	Tubos Sup.E.O	RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1	2 Unp.	40	50	C
9						
10	Tubos Sup.E.O	RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1	3 Unp.	16	10	C
3-9	Tubos Sup.E.O	RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1	2 Unp.	20	50	C

PROTECCIONES

DIAGRAMAS INSTALACION RENOVABLE



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI	AUTOR: NICOLÁS PASTOR ALBERT	DISEÑO Y CÁLCULO DE PÉRGOLA BIOClimÁTICA CON CUBIERTA MÓVIL Y PLACAS FOTOVOLTAICAS	
	FIRMA: **		
PLANO:	FECHA: 26/07/2024		Nº PLANO:
PLANO INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	ESCALA: 1:***		6
	ORIGINAL A-3		HOJA 1 DE *

2.2.1.4 LAMA GIRATORIA

