



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

TRABAJO FIN DE GRADO

MARQUESINA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RECARGA DE VEHÍCULOS EN ALFAFAR

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

Grado en Ingeniería Mecánica

AUTORA: Laura Sofía Veracochea D'Urso

TUTOR: Vicente Barres Fabado

COTUTOR: Ignacio Ferrer Ballester

CURSO ACADÉMICO: 2020-21

ÍNDICE DE CONTENIDO

MEMORIA	9
1. ANTECEDENTES	10
2. OBJETO Y ALCANCE DEL PROYECTO	13
3. LEGISLACIÓN Y NORMATIVA APLICADA	13
4. EMPLAZAMIENTO DEL PROYECTO	14
5. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA	15
5.1. Irradiación solar (PVGIS)	16
6. DESCRIPCIÓN TÉCNICA Y DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	16
6.1. Estudio de mercado del vehículo eléctrico	16
6.2. Estudio del consumo eléctrico	18
6.3. Módulos fotovoltaicos	19
6.3.1. Selección del módulo fotovoltaico	19
6.3.2. Conexión de los paneles solares	20
6.3.3. Distribución de los módulos sobre la cubierta	21
6.3.4. Potencia fotovoltaica instalada	21
6.4. Inversores	21
6.4.1. Principio de funcionamiento	21
6.4.2. Selección del inversor	22
6.4.3. Conexión de los inversores	23
6.5. Puntos de recarga	24
6.5.1. Modos de recarga	24
6.5.2. Selección de los puntos de recarga	25
6.6. Superficie de ocupación por punto de recarga	26
6.7. Estudio de rentabilidad de la instalación	26
7. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA	28
7.1. Pórticos de la estructura.....	28
7.1.1. Unión viga-pilar	29
7.1.2. Barra diagonal rigidizadora	29
7.2. Cubierta de la estructura	30
7.2.1. Forjado	30
7.2.2. Chapa de cubierta	30
7.3. Cimentación de la estructura	30
8. DIMENSIONADO DEL CONJUNTO ESTRUCTURAL	31
8.1. Objeto	31
8.2. Software de cálculo	31
8.3. Acciones	31
8.3.1. Acciones permanentes (G)	31
8.3.2. Acciones variables (Q)	32
8.3.2.1. Acción del viento	32
8.3.2.2. Acción de la nieve	32
8.3.3. Acciones accidentales (A)	33
8.3.3.1. Acción del sismo	33
8.3.3.2. Impacto de vehículos	34
8.4. Bases de cálculo	34
8.4.1. Estados Límite Últimos (E.L.U.)	34
8.4.2. Estados Límite de Servicio (E.L.S.)	34
8.4.3. Combinaciones para los Estados Límite Últimos	35
8.4.4. Combinaciones para los Estados Límite de Servicio.....	36

8.5. Resultados del software de cálculo	36
8.6. Comprobaciones	38
8.6.1. Bases de cálculo	38
8.6.2. Pandeo lateral del pilar	39
8.6.3. Unión viga-pilar	39
8.6.3.1. Tornillos	39
8.6.3.2. Chapa	40
8.6.4. Soldaduras	41
8.6.5. Placa de anclaje (base) y pernos	42
8.6.6. Cimentación	43
9. ESTUDIO ALTERNATIVAS	44
10. CONCLUSIÓN	45
11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS	47
1. OBJETO	48
2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS ELEMENTOS	48
2.1. Cimentaciones	48
2.2. Pernos de anclaje	49
2.3. Placas de anclaje	49
2.4. Pilares	49
2.5. Placas de unión	49
2.6. Vigas	50
2.7. Barras rigidizadoras	50
2.8. Correas	50
2.9. Chapa de cubierta	50
2.10. Tornillería	50
2.11. Soldaduras	51
3. EJECUCIÓN	51
3.1. Fabricación en taller	51
3.2. Demoliciones	51
3.3. Acondicionamiento del terreno	52
3.4. Cimentaciones	53
3.5. Estructura	56
3.6. Instalación fotovoltaica	58
4. CONTROL DE CALIDAD Y ENSAYOS	60
4.1. Garantía de calidad (Marcado CE)	60
4.2. Ensayos	60
4.2.1. Cimentaciones	60
4.2.2. Estructura	61
5. PRUEBAS DE SERVICIO	62
PRESUPUESTO	63
PLANOS	71
1. SITUACIÓN.....	72
2. EMPLAZAMIENTO	73
3. ESTRUCTURA EN 3D	74
4. PÓRTICO DE LA ESTRUCTURA	75
5. DISTRIBUCIÓN DE PÓRTICOS Y FORJADO DE CUBIERTA	76
6. PÓRTICO. DETALLE DE UNIONES Y COMPONENTES	77
7. DETALLE CONSTRUCTIVO DE LA CIMENTACIÓN	78
8. ANCLAJE DEL PILAR METÁLICO	79
9. DETALLE CONSTRUCTIVO DE LA VIGA	80
10. DETALLE CONSTRUCTIVO DE LA BARRA DIAGONAL SUPERIOR	81

11. DETALLE CONSTRUCTIVO DE LA BARRA DIAGONAL INFERIOR	82
12. DETALLE CONSTRUCTIVO DE LA PLACA DE UNIÓN PERFORADA	83
13. COLOCACIÓN DE LA CHAPA DE CUBIERTA SOBRE EL FORJADO	84
14. DISPOSICIÓN DE LOS EQUIPOS FOTOVOLTAICOS SOBRE LA ESTRUCTURA	85
ANEXO A: FICHAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS DE LA INSTALACIÓN	86
1. MÓDULO FOTOVOLTAICO ERA ESPMC160	87
2. INVERSOR RED FRONIUS SYMO 20.0-3-M	88
3. PUNTO DE RECARGA WALLBOX POLICHARGER IN-SC3F	94
ANEXO B: CÁLCULOS DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	95
1. HORAS SOLARES PICO (HSP)	96
2. CONSUMO DE RECARGA	96
3. POTENCIA INSTALADA	96
ANEXO C: CÁLCULOS DE LA ESTRUCTURA	97
1. INTRODUCCIÓN	98
2. ACCIÓN PERMANENTE	98
3. ACCIÓN DEL VIENTO	99
4. ACCIÓN DE LA NIEVE	100
5. ACCIÓN DEL SISMO	101
6. COMPROBACIONES	103
6.1. Bases de cálculo	103
6.2. Pandeo lateral del pilar	103
6.3. Unión viga-pilar	104
6.3.1. Tornillos	105
6.3.2. Chapa	105
6.4. Soldaduras	107
6.4.1. Unión viga-pilar	107
6.4.2. Barra rigidizadora	107
6.5. Placa de anclaje y pernos	108
6.6. Cimentación	109

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Índice de evolución de las emisiones netas (kt CO ₂ -eq). Fuente: Informe de Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero	10
Figura 2. Anomalía del promedio global de temperaturas en superficie, terrestres y oceánicas, combinadas. Fuente: Guía Resumida del Quinto Informe de Evaluación del IPCC	10
Figura 3. Promedio global del cambio del nivel del mar. Fuente: Guía Resumida del Quinto Informe de Evaluación del IPCC	11
Figura 4. Emisión bruta de CO ₂ (kt), por actividades agregadas. Fuente: Informe de Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero	11
Figura 5. Emisiones de CO ₂ -eq de la categoría de transporte por carretera (1A3b) por categoría de vehículos (kt). Fuente: Informe de Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero ...	11
Figura 6. Aportación de las energías renovables sobre el consumo final de energía con el conjunto de medidas previstas. Fuente: Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030	12
Figura 7. Emplazamiento de la marquesina solar fotovoltaica. Fuente: Google Earth	14
Figura 8. Datos de irradiancia media diaria en el mes de diciembre. Fuente: PVGIS	16
Figura 9. Número de vehículos eléctricos y puntos de recarga por 100.000 habitantes en Europa. Fuente: Transport & Environment	17
Figura 10. Modelos más populares de vehículo eléctrico en la UE en 2020. Fuente: Transport & Environment.....	17
Figura 11. Panel solar 160 W 12 V policristalino ERA. Fuente: AutoSolar	20
Figura 12. Conexión de los conjuntos de módulos de entrada al inversor. Fuente: Creado con Paint	20
Figura 13. Distribución de los módulos sobre la cubierta de la estructura. Fuente: Creado con AutoCAD	21
Figura 14. Curvas características I-V y P-V de los módulos fotovoltaicos. Fuente: AutoSolar ...	22
Figura 15. Inversor Red FRONIUS Symo 20-3-M 20kW. Fuente: AutoSolar	23
Figura 16. Entradas y salidas posibles de corriente en los inversores de conexión a red. Fuente: AutoSolar	24
Figura 17. Posibles modos de recarga. Fuente: Circutor	25
Figura 18. Tipo de conectores para los modos de recarga. Fuente: Circutor	25

Figura 19. Gráfico de columnas de los ingresos al año de la instalación. Fuente: Creado con Excel	27
Figura 20. Número de puntos de recarga y vehículos eléctricos en la UE. Fuente: Transport & Environment	28
Figura 21. Uniones atornilladas de pilar con vigas empotradas mediante chapas. Fuente: CYPECAD	29
Figura 22. Pórtico de la marquesina. Fuente: Diseño propio AutoCAD	30
Figura 23. Zapata aislada rígida de cimentación. Fuente: DETALLECONSTRUCTIVOS.NET	30
Figura 24. Diseño de la marquesina en SAP2000. Fuente: Diseño propio	31
Figura 25. Función del espectro de respuesta del sismo sobre la estructura en Alfafar. Fuente: Definido con SAP2000	33
Figura 26. Resultados de esfuerzos generados en las vigas. Fuente: SAP2000	37
Figura 27. Resultados de esfuerzos axiales generados en los pilares. Fuente: SAP2000	37
Figura 28. Resultados de esfuerzos axiales generados en las barras. Fuente: SAP2000	38
Figura 29. Resultados de deformaciones en las vigas de los pórticos 1 y 13. Fuente: SAP2000	38
Figura 30. Resultados de deformaciones en las vigas del resto de pórticos. Fuente: SAP2000	38
Figura 31. Repartición de cargas por zonas respectivas a cada viga de los pórticos. Fuente: Diseño propio con AutoCAD	98
Figura 32. Cálculo del coeficiente de amplificación del terreno (S). Fuente: NCSE-02	101
Figura 33. Distancias de los tornillos al perfil. Fuente: EAE	104
Figura 34. Disposiciones constructivas de los agujeros en la chapa. Fuente: Modificado con Paint	106
Figura 35. Parámetros para el cálculo de la resistencia estructural de la zapata. Fuente: Apuntes de Estructuras y Construcciones Industriales II (ETSID)	110

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Coordenadas de la localización del proyecto	15
Tabla 2: Características técnicas de los distintos modelos de vehículo eléctrico	18
Tabla 3: Comparación de módulos fotovoltaicos mono y policristalinos	19
Tabla 4: Comparación de inversores de conexión a red	23
Tabla 5: Comparación de dispositivos Wallbox	26
Tabla 6: Estudio elaborado con Excel de los ingresos con seis posibles casos de recarga	26
Tabla 7: Estudio elaborado con Excel de la rentabilidad de la instalación	27
Tabla 8: Cargas permanentes distribuidas para cada pórtico	31
Tabla 9: Cargas distribuidas de viento de presión y succión sobre la cubierta para cada pórtico	32
Tabla 10: Cargas distribuidas del viento lateral sobre los pilares para cada pórtico	32
Tabla 11: Cargas distribuidas de la nieve sobre la cubierta para cada pórtico	33
Tabla 12: Fuerza sísmica equivalente aplicada sobre el extremo de los pilares para cada pórtico	33
Tabla 13: Coeficientes utilizados para el cálculo de combinaciones E.L.U	35
Tabla 14: Resultados del SAP2000 para la ecuación (8) de los E.L.U	36
Tabla 15: Resultados del SAP2000 para la ecuación (9) de los E.L.U	36
Tabla 16: Resultados del SAP2000 para la ecuación (10) de los E.L.U	37
Tabla 17: Resultados del SAP2000 para la ecuación (11) de los E.L.U	37
Tabla 18: Resultados del SAP2000 para la ecuación (8) de los E.L.U. en la sección de la unión viga - pilar	37
Tabla 19: Resultados del SAP2000 de los esfuerzos de axil no mayorados en el pilar	37
Tabla 20: Datos técnicos necesarios para el cálculo de peso por m ² de cada elemento	98
Tabla 21: Cálculo de las cargas permanentes distribuidas según el ámbito de cargas de los pórticos	99
Tabla 22: Datos debidos a la ubicación del proyecto para el cálculo de la acción del viento	99
Tabla 23: Resultados de cargas de viento por m ² en la Zona A de la cubierta	99
Tabla 24: Resultados de cargas de viento por m ² en la Zona B de la cubierta	99
Tabla 25: Cálculo de cargas de viento de presión según las zonas y los ámbitos de carga de los pórticos	100

Tabla 26: Cálculo de cargas de viento de succión según las zonas y los ámbitos de carga de los pórticos	100
Tabla 27: Datos debidos a la ubicación del proyecto para el cálculo de la acción de la nieve	100
Tabla 28: Cálculo de las cargas de nieve a partir de los ámbitos de carga de los pórticos	100
Tabla 29: Datos sísmicos según la localización del proyecto	101
Tabla 30: Datos de amortiguamiento y ductilidad estimados de la estructura	101
Tabla 31: Tensiones máximas calculadas en los elementos del pórtico	103
Tabla 32: Especificaciones técnicas de los tornillos de la unión viga-pilar	105
Tabla 33: Datos de las distancias de los tornillos al perfil de la viga	105
Tabla 34: Especificaciones técnicas del acero de la chapa	106
Tabla 35: Especificaciones técnicas del hormigón seleccionado	108
Tabla 36: Dimensiones de la placa base	108
Tabla 37: Especificaciones técnicas de los pernos de anclaje	109



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



MEMORIA

MARQUESINA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RECARGA
DE VEHÍCULOS EN ALFAFAR

1. ANTECEDENTES

A lo largo de la historia se han generado cambios en el clima terrestre debido a causas naturales. Sin embargo, el cambio climático que se contempla actualmente se diferencia en que deriva principalmente de la emisión de los denominados gases de efecto invernadero generados por la actividad humana. Estos tipos de gases absorben la radiación infrarroja del Sol aumentando la retención del calor en la atmósfera y así mismo, incrementando la temperatura de la Tierra, lo cual se conoce como calentamiento global.

El dióxido de carbono (CO₂) se trata del gas que más contribuye en este aspecto y, por tanto, su reducción es clave para disminuir el peligro que el calentamiento global supone para la preservación del medio ambiente.

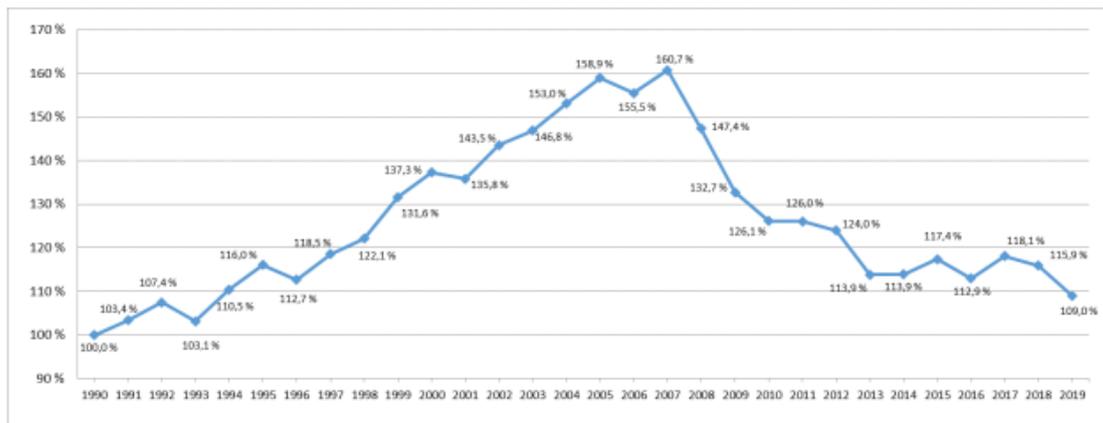


Figura 1. Índice de evolución de las emisiones netas (kt CO₂-eq). Fuente: Informe de Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero.

Algunas de las consecuencias destacables del cambio climático son la elevación de las temperaturas, el aumento de las sequías y la desertificación de los suelos, el incremento del nivel del mar debido al deshielo de los polos, el cambio en los ecosistemas marinos y terrestres, la desaparición de especies y el riesgo a la salud humana. Todos estos impactos mencionados se encuentran relacionados entre sí y su conocimiento es necesario para la orientación de las políticas y medidas públicas dirigidas a su prevención [1].

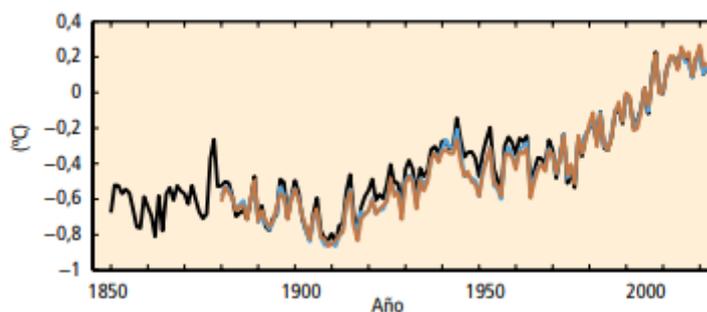


Figura 2. Anomalía del promedio global de temperaturas en superficie, terrestres y oceánicas, combinadas. Fuente: Guía Resumida del Quinto Informe de Evaluación del IPCC.

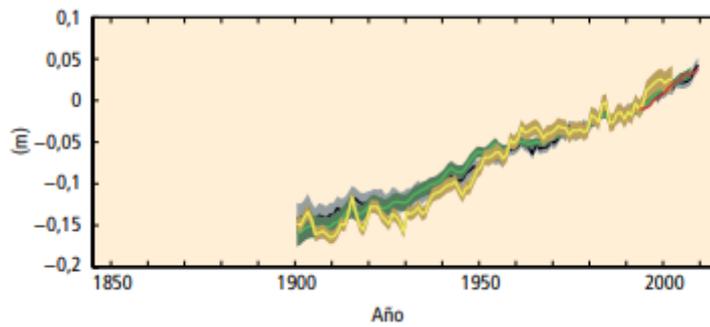


Figura 3. Promedio global del cambio del nivel del mar. Fuente: Guía Resumida del Quinto Informe de Evaluación del IPCC.

En España, el sector que presentó en 2019 el mayor porcentaje de peso de las emisiones de los GEI con respecto al total fue el transporte con un 29,1 %. Así mismo, dentro de la categoría de transporte por carretera, los turismos mostraron este mismo año aproximadamente un porcentaje de emisiones de 61,5 % sobre el total [2].

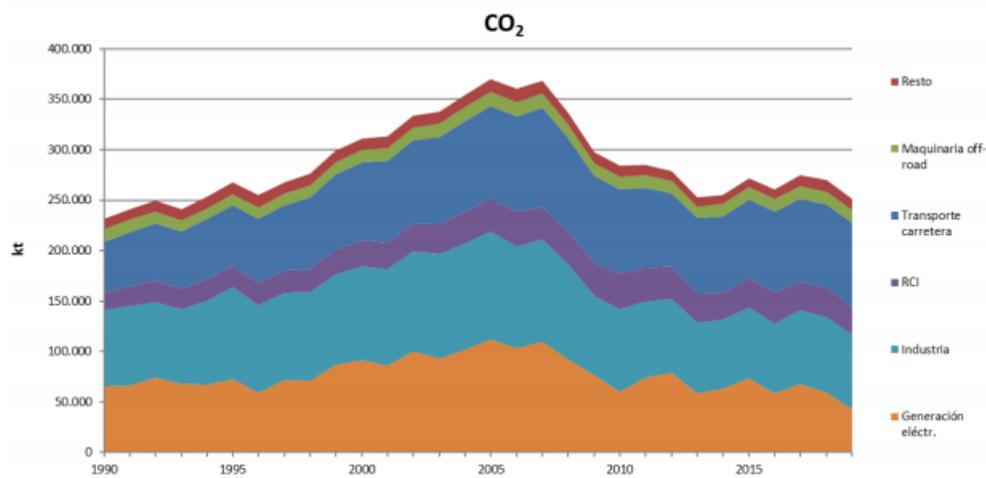


Figura 4. Emisión bruta de CO₂ (kt), por actividades agregadas. Fuente: Informe de Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero.

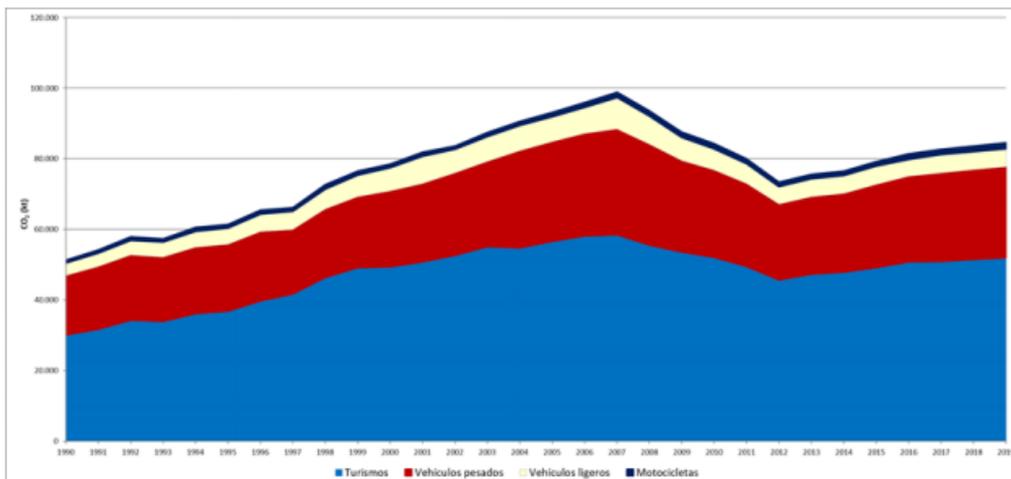


Figura 5. Emisiones de CO₂-eq de la categoría de transporte por carretera (1^{93b}) por categoría de vehículos (kt). Fuente: Informe de Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero.

Los riesgos derivados del cambio climático estimulan la necesidad de una transición energética la cual se centre en pasar a un modelo energético basado en las energías renovables, la eficiencia energética y la adaptación de la sociedad al cambio del clima.

Para ello, la Comisión Europea ha presentado la iniciativa de lograr la neutralidad climática mediante la estrategia a largo plazo para 2050 que tiene como objetivo conservar el aumento de la temperatura global muy por debajo de 2°C a partir de la descarbonización y la obtención del 80% de la energía con fuentes renovables [3].

Con el fin de alcanzar dichos objetivos, en España se ha elaborado el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) 2021-2030 que determina las líneas de acción requeridas para impulsar la adaptación frente a dicho cambio [4]. Y así mismo, el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030 en el cual se busca lograr en 2030 un 23% de reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero, un aporte de 42% de las energías renovables sobre el uso de la energía, una mejora de 39,5% en la eficiencia energética y un 74% de participación de la energía renovable para la generación eléctrica. A partir de este Plan se consigue que exista un 28% de renovables en el transporte con el impulso de la movilidad eléctrica y el empleo de biocarburantes [5].

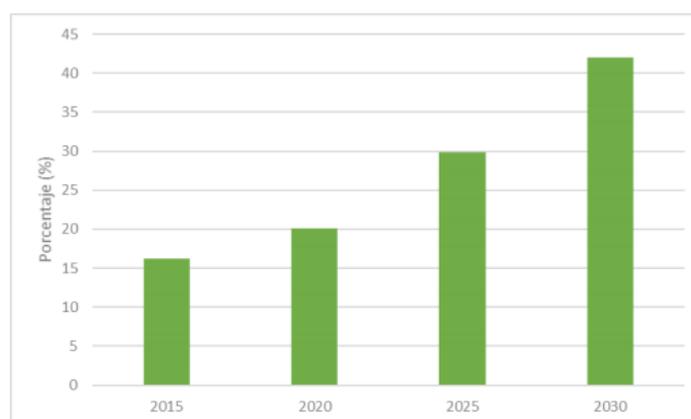


Figura 6. Aportación de las energías renovables sobre el consumo final de energía con el conjunto de medidas previstas. Fuente: Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030.

Como se ha mencionado anteriormente, el sector del transporte en España muestra el mayor porcentaje de emisiones de GEI y, por tanto, su cambio a renovables es esencial para potenciar la descarbonización. Por ello, el Gobierno ha aprobado el Plan MOVES III (IDAE) regido por el Real Decreto 266/2021, de 13 de abril, en el cual se repartirán 400 millones de euros entre las comunidades y ciudades autónomas con motivo de incentivar la movilidad eléctrica que presenta emisiones de 0 gCO₂/km [6].

El Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) espera que en 2030 circulen 5 millones de unidades de vehículos eléctricos, entre las cuales 3 millones serán turismos y 2 millones motocicletas, camiones ligeros y autobuses.

Con respecto a la recarga pública de los vehículos eléctricos en España, el Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, determina que actualmente se encuentra liberalizada y son las propias empresas las que deciden aportar este servicio según la demanda y los intereses de este sector [7].

Además, respecto al autoconsumo colectivo se aprueba el Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, el cual permite a los distintos consumidores abastecerse a través de las mismas instalaciones de

generación cercanas consiguiendo así un mayor provecho de la energía y de la inversión realizada por los productores [8].

De esta forma, a través de estos planes y medidas que se están estableciendo, el empleo de las instalaciones fotovoltaicas para la recarga de vehículos eléctricos representa una gran oportunidad para lograr dichos objetivos debido a que estimula tanto la utilización de este tipo de energía renovable para el autoconsumo como el impulso de la movilidad eléctrica debido a un aumento de los puntos de recarga en el país.

Así mismo, la implantación de este tipo de instalaciones en estructuras de marquesinas para aparcamientos favorece principalmente a la protección contra el Sol de los vehículos al mismo tiempo que les ofrece el servicio de abastecimiento energético mediante la energía eléctrica producida por la instalación.

2. OBJETO Y ALCANCE DEL PROYECTO

El presente proyecto tiene como objetivo el diseño y cálculo estructural de una marquesina solar fotovoltaica para recarga de vehículos de forma que soporte el peso de los paneles solares y se garantice la seguridad y la estabilidad de la estructura. Además, se diseñarán las instalaciones solares fotovoltaicas con puntos de recarga para el abastecimiento energético de los vehículos seleccionando cada uno de los elementos necesarios de manera que se obtenga un funcionamiento correcto atendiendo a las condiciones técnicas de los componentes y a su vez, presenten valores económicos respecto a los precios de mercado.

El proyecto se excluirá de las condiciones necesarias para la puesta en obra del mismo, por lo que únicamente requerirá del pliego de condiciones técnicas referido a las especificaciones técnicas, la ejecución del montaje y el control de calidad del conjunto estructural y de los equipos de los sistemas fotovoltaicos. Así mismo no se incluirán las condiciones requeridas para la instalación eléctrica respectivas al cableado, la puesta a tierra, la canalización y las protecciones eléctricas necesarias. Todo ello deberá ser objeto de especificación aparte.

El conjunto estructural, así como las instalaciones establecidas en él estará situado en el aparcamiento del establecimiento de Carrefour de Alfafar, Valencia, y abarcará una extensión de 48 plazas.

Con el objeto de la ejecución del presente proyecto, se aportarán el pliego de condiciones, el presupuesto y los planos necesarios. Así como el anexo de los cálculos justificativos del conjunto estructural y el funcionamiento de la instalación que verifiquen el cumplimiento de la legislación y la normativa vigente.

3. LEGISLACIÓN Y NORMATIVA APLICADA

La legislación y normativa que deberá cumplir el conjunto estructural del proyecto será:

- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Real Decreto 751/2011, de 27 de mayo, por el que se aprueba la Instrucción de Acero Estructural (EAE).
- Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio, por el que se aprueba la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).

- Real Decreto 997/2002, de 27 de septiembre, por el que se aprueba la norma de construcción sismorresistente: parte general y edificación (NCSR-02).
- Ley 5/2014, de 25 de julio, de Ordenación del Territorio, Urbanismo y Paisaje, de la Comunitat Valenciana.

Así mismo, se cumplirá la siguiente legislación referida a las instalaciones solares fotovoltaicas:

- Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.
- Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores.
- Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.
- Real Decreto 1053/2014, de 12 de diciembre, por el que se aprueba una nueva Instrucción Técnica Complementaria (ITC) BT 52 «Instalaciones con fines especiales. Infraestructura para la recarga de vehículos eléctricos», del Reglamento electrotécnico para baja tensión, aprobado por Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, y se modifican otras instrucciones técnicas complementarias del mismo.
- Real Decreto 647/2011, de 9 de mayo, por el que se regula la actividad de gestor de cargas del sistema para la realización de servicios de recarga energética.
- Real Decreto 617/2017, de 16 de junio, por el que se regula la concesión directa de ayudas para la adquisición de vehículos de energías alternativas, y para la implantación de puntos de recarga de vehículos eléctricos en 2017 (Plan MOVEA 2017).

4. EMPLAZAMIENTO DEL PROYECTO

El aparcamiento del recinto del centro comercial de Carrefour de Alfafar está situado aproximadamente a 8 km de distancia en ruta respecto al centro de la ciudad de Valencia y a 3 km con respecto al Ayuntamiento de Alfafar. Se encuentra ubicado en la Avda. de la Albufera, s/n, 46910, Alfafar (Valencia) y su entrada corresponde con la salida 10 de la Autovía V-31 desde Valencia en dirección Alfafar.



Figura 7. Emplazamiento de la marquesina solar fotovoltaica. Fuente: Google Earth.

La parcela total del centro comercial cuenta con una superficie gráfica de 87.286 m² y su referencia catastral es 5867801YJ2656N. Así mismo, la superficie que la compone dedicada al estacionamiento de vehículos presenta un valor de 8.389 m² con referencia catastral 5867801YJ2656N0004GS [9].

Dentro de la zona de estacionamiento se ubicará la estructura en un área delineada de 48 plazas y 552,96 m² como se puede visualizar en la imagen previa, Figura 7. Los datos aproximados de las coordenadas que tendrá la localización de la marquesina solar fotovoltaica son los siguientes:

COORDENADAS GEOGRÁFICAS	39° 25' 07'' N	0° 22' 37'' W
COORDENADAS GEOGRÁFICAS ETRS89	39.418570	-0.377183
U.T.M. HUSO: 30 ETRS89	725784.67	4366509.25

Tabla 1: Coordenadas de la localización del proyecto.

Se estima que la superficie de la parcela destinada a la construcción de la marquesina solar está compuesta por un suelo granular de mezcla de gravas y arenas densas.

5. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

La radiación solar es la energía que emite el Sol mediante ondas electromagnéticas, las cuales se propagan en todas las direcciones a través del espacio. Distinguiéndose la radiación que llega a la superficie terrestre en tres tipos dependiendo de factores geométricos y climáticos: radiación directa, difusa y reflejada.

La radiación directa es la que tras incidir en la atmósfera no presenta desvíos por lo que proviene directamente del Sol, la difusa es la que sufre de una dispersión de parte de la radiación debido a una interacción con las partículas de la atmósfera y la reflejada es aquella que se refleja por la superficie terrestre.

La energía solar fotovoltaica aprovecha estos tres tipos de radiación solar, en concreto la directa, para su conversión en energía eléctrica a partir del denominado efecto fotoeléctrico. Consiste en un tipo de energía renovable, inagotable y no contaminante que puede generarse a partir de sistemas fotovoltaicos aislados de la red o de sistemas fotovoltaicos de conexión a red, los cuales incluyen desde las pequeñas instalaciones generadoras de potencia hasta las grandes plantas solares fotovoltaicas [10].

Estos dos tipos de sistemas fotovoltaicos se distinguen principalmente por sus componentes. Las instalaciones de conexión a red están formadas por paneles fotovoltaicos e inversores con la posibilidad de incluir la utilización de transformadores para elevar la tensión de la corriente alterna generada por dichos inversores. Mientras que las instalaciones aisladas requieren adicionalmente de baterías para la acumulación de la energía generada permitiendo su consumo en diferentes periodos de tiempo y de reguladores los cuales las protegen de sobrecargas, además de que consiguen una mayor eficiencia de la instalación.

Así mismo a diferencia de los sistemas fotovoltaicos aislados que se emplean para el autoconsumo de un particular o colectivo, las instalaciones de conexión a red también pueden utilizarse para aportar la energía eléctrica producida a la red de distribución eléctrica.

5.1. Irradiación solar (PVGIS)

Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) es un software desarrollado por la Comisión Europea que facilita los datos de radiación solar para cualquier localización permitiendo estimar la producción de potencia eléctrica de los sistemas fotovoltaicos.

La orientación de los módulos con inclinación de 30° y acimut de 0°, es decir, orientados hacia el Sur, podrá obtener valores superiores de irradiación principalmente para los meses de verano sin disminuir significativamente la irradiación incidente para los meses de invierno.

En relación con el cálculo de la potencia mínima necesaria que deberán abastecer las instalaciones fotovoltaicas de este proyecto se establecerán las horas solares pico (HSP) diarias en el mes de diciembre, el cual se tratará del mes más desfavorable para la instalación. Estas HSP se determinarán a partir de los datos de irradiancia media diaria en este mes establecidos en la Figura 8.



Figura 8. Datos de irradiancia media diaria en el mes de diciembre. Fuente: PVGIS.

6. DESCRIPCIÓN TÉCNICA Y DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

En este apartado se definen de forma técnica los componentes que forman cada una de las instalaciones fotovoltaicas de conexión a red para autoconsumo. Así como la función de cada uno de ellos, su interconexión y la justificación de su elección de manera que se cumplan todas las condiciones técnicas y las consideraciones económicas del proyecto.

Así mismo para poder seleccionar todos los componentes, se realiza un estudio previo de las especificaciones técnicas de los coches eléctricos con mayor número de ventas en el mercado español y, por tanto, de la demanda máxima y el consumo que tendrá la instalación debido a la recarga de estos mismos.

6.1. Estudio de mercado del vehículo eléctrico

El mercado de los vehículos eléctricos se encuentra en pleno crecimiento debido a que se busca su incorporación en el sector automovilístico como forma de adaptación al cambio climático teniendo como fin reducir la emisión del CO₂ a la atmósfera terrestre y evitar el incremento del calentamiento global.

En España el número de ventas de coches eléctricos presenta un valor inferior con respecto a otros países de Europa como se muestra en la Figura 9. Sin embargo, como se define en el

apartado 1. Antecedentes de la Memoria, el PNIEC espera que estos valores se incrementen para el año 2030.

El modelo más vendido en 2020 fue el Renault ZOE seguido del Hyundai KONA, el Peugeot e-208, el Tesla Model 3 y el Volkswagen ID.3 [11]. En 2021 con la situación actual de la pandemia la venta de los mismos se ha reducido, aunque los modelos Renault ZOE y Tesla Model 3 han mantenido su popularidad en el mercado [12].

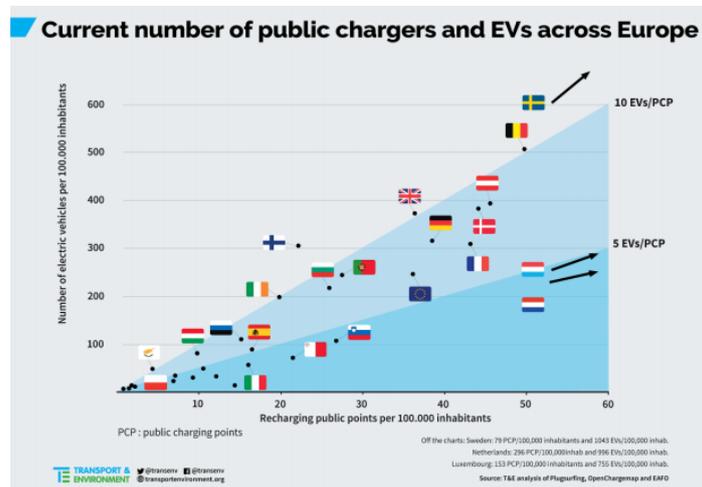


Figura 9. Número de vehículos eléctricos y puntos de recarga por 100.000 habitantes en Europa. Fuente: Transport & Environment.

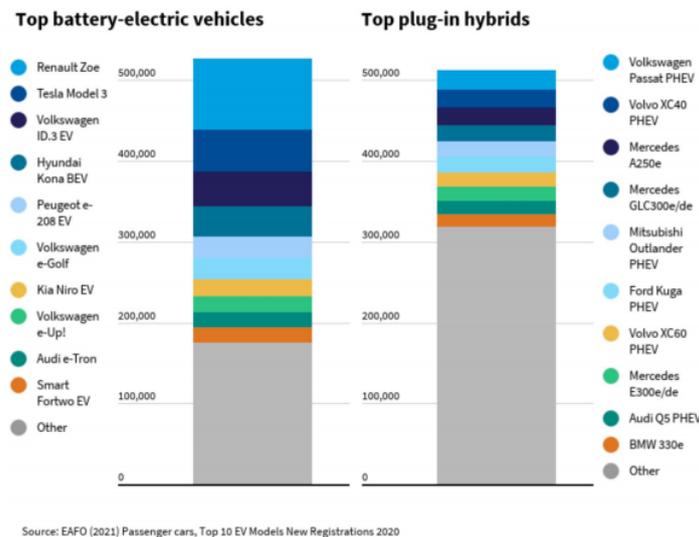


Figura 10. Modelos más populares de vehículo eléctrico en la UE en 2020. Fuente: Transport & Environment.

De esta forma debido a la popularidad del modelo Renault ZOE tanto en España como en la Unión Europea, como se muestra en la Figura 10, se ha seleccionado este modelo para analizar el consumo que tendrá la instalación y así mismo, realizar el dimensionado de la misma.

6.2. Estudio del consumo eléctrico

A partir de las especificaciones técnicas del modelo de coche eléctrico Renault ZOE seleccionado se calcula el consumo que presenta la instalación para la recarga de cada uno de estos modelos de vehículo. Tras obtener el valor del consumo generado, se determina la potencia mínima que el sistema fotovoltaico deberá producir mediante los datos de las horas solares pico (HSP) diarias que se hayan en la ubicación del proyecto en el mes de diciembre. La selección de este mes respecto a los otros meses del año se debe a que muestra valores inferiores de irradiación y, por tanto, se dimensiona la instalación de forma que también sea capaz de trabajar eficazmente en estas situaciones más desfavorables.

Modelo	Batería (kWh)	Consumo energético (Wh/km)	Potencia máxima (kW)	Autonomía ciudad (km)
Renault ZOE Life R135	50	149	100	389
Hyundai KONA	39,2	143	100	305
Hyundai IONIQ	38,3	138	100	311
Peugeot e-208	50	175,8	100	340
Volkswagen ID.3	58	165	100	420
Nissan Leaf	40	180	50	270
SEAT Mii electric	32,3	147	61	260
Volkswagen e-Golf	32	154	100	232

Tabla 2: Características técnicas de los distintos modelos de vehículo eléctrico.

El consumo diario que se genera en cada una de las instalaciones en caso de que exista al menos una unidad de coche eléctrico recargándose tiene un valor de 40 kWh para un porcentaje de recarga del 80% de la batería de 50 kWh del Renault ZOE. Debido a que pueden existir pérdidas de energía en la instalación a causa de diferentes factores como es la eficiencia de los componentes, para un cálculo más real del consumo se establece un factor de pérdidas del 20% el cual mayoría el consumo a un valor de 50 kWh que coincide con la cuantía de la batería del modelo.

A partir de los datos de irradiación que proporciona el software Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) se determina que en la localización de este proyecto el número de horas solares pico (HSP), equivalentes a una irradiación en condiciones estándar de 1000 W/m², es de 2,8 horas con una inclinación de 30° y un azimut de 0° en el mes de diciembre.

Así mismo dividiendo el consumo de cada instalación entre este número de horas se obtiene la potencia mínima necesaria en kW para la recarga de un vehículo. Con este valor, se pasa a diseñar y dimensionar la instalación de manera que se aporte una potencia igual o superior a esta.

6.3. Módulos fotovoltaicos

6.3.1. Selección del módulo fotovoltaico

Los paneles solares fotovoltaicos convierten la radiación solar en energía eléctrica. Su funcionamiento se basa en el efecto fotoeléctrico el cual se debe a la emisión de electrones cuando se absorbe la radiación solar incidente en un material semiconductor.

Generalmente el material semiconductor más empleado para la fabricación de los módulos fotovoltaicos es el Silicio, debido a sus propiedades físicas y químicas y a la facilidad de su adquisición ya que se trata del segundo elemento más abundante en la corteza terrestre. El Silicio se dopa normalmente con Fósforo (dopaje N) y Boro (dopaje P) para crear una unión PN de forma que los electrones libres de la capa N entren en la capa P para completar los huecos, produciéndose un campo eléctrico, es decir, una diferencia de potencial entre las dos zonas funcionando de esta forma como un generador de corriente eléctrica.

Dentro del conjunto de los paneles solares fotovoltaicos existen los que se componen por células fotovoltaicas de silicio monocristalino y los formados por silicio policristalino. Las principales diferencias que se hayan entre los dos son la pequeña mejor eficiencia y el mayor coste de fabricación de los monocristalinos frente a los policristalinos.

Características	ERA Solar ESPMC160	Artesa A-395M GS	Artesa A-390M GS
Dimensiones	1482x676x35 mm	1979x1002x40 mm	1979x1002x40 mm
Peso	11,1 kg	22,5 kg	22,5 kg
Potencia pico	160 W	395 W	390 W
Tensión de circuito abierto	23,2 V	49,50 V	49,3
Corriente de cortocircuito	9,05 A	10,23 A	10,23
Tensión de máxima potencia	18,85 V	41,4 V	41,1
Corriente de máxima potencia	8,5 A	9,55 A	9,49
Eficiencia	15,9 %	19,92 %	19,67 %
Precio sin IVA	77,35 €	126,75 €	123,75 €
Precio con IVA	93,59 €	153,37 €	149,74 €

Tabla 3: Comparación de módulos fotovoltaicos mono y policristalinos.

Como se observa en la Tabla 3, se puede comprobar que el módulo fotovoltaico policristalino presenta un menor coste mientras que su eficiencia solo varía en un 4% con respecto a los módulos cristalinos.

Por ello, para la instalación fotovoltaica de este proyecto se ha seleccionado el panel solar 160 W 12 V policristalino ERA ESPMC160. Debido a su bajo precio de mercado, a que facilita la disposición del número de módulos requeridos sobre la cubierta y supone menores cargas de peso sobre la estructura. Así mismo, el valor de los parámetros eléctricos que presenta son adecuados para el cumplimiento final de la instalación conforme a las condiciones técnicas del resto de elementos como son los inversores y los puntos de recarga.

Las principales características eléctricas y mecánicas de este modelo de módulo de fotovoltaico se adjuntan en el apartado 1. Módulo fotovoltaico ERA ESPMC160 del “Anexo A: Fichas técnicas de los equipos de la instalación”.



Figura 11. Panel solar 160 W 12 V policristalino ERA. Fuente: AutoSolar.

6.3.2. Conexión de los paneles solares

La instalación se formará por subgrupos de conexiones de los módulos fotovoltaicos destinados cada uno de ellos a administrar la potencia necesaria para la posible recarga de una unidad de coche eléctrico en aproximadamente un 80 % de carga de su respectiva batería.

Cada punto de recarga estará relacionado con un inversor de conexión a red, el cual permite dos posibles entradas de potencia eléctrica generadas por el conexionado de dos conjuntos distintos de paneles solares.

Ambos conjuntos de entrada de cada inversor estarán compuestos por 19 paneles conectados en serie y 2 paneles conectados en paralelo formando 3 ramas en paralelo incluyendo la agrupación de módulos en serie.

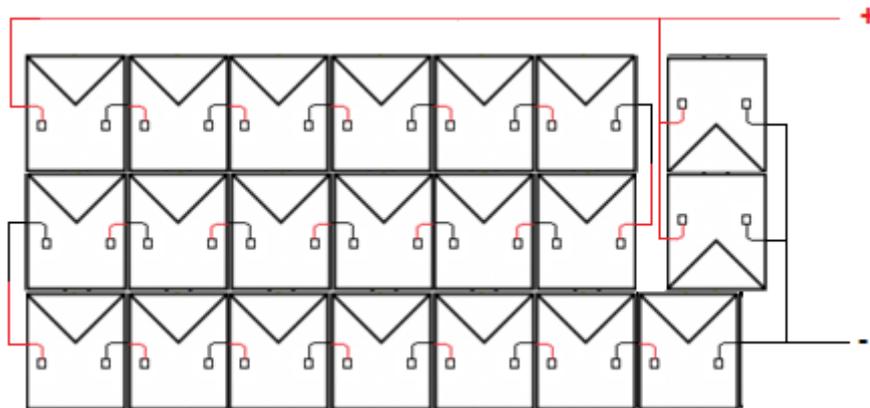


Figura 12. Conexionado de los conjuntos de módulos de entrada al inversor. Fuente: Creado con Paint.

La selección de estas agrupaciones de módulos se justifica debido al cumplimiento de las condiciones técnicas que presentan los inversores seleccionados descritas en el apartado 2. Inversor Red FRONIUS Symo 20.0-3-M del “Anexo A: Fichas técnicas de los equipos de la instalación”, las cuales determinan un valor máximo de intensidad de entrada de 33 A para el primer conjunto de paneles y 27 A para el segundo. Así mismo, para dicha selección también se ha considerado la superficie de cubierta que ocuparían los paneles y su disposición sobre ella con respecto a las dimensiones definidas para la cubierta de la estructura.

6.3.3. Distribución de los módulos sobre la cubierta

El proyecto constará de un total de 504 paneles solares fotovoltaicos respectivos a 12 conjuntos de 42 paneles que estarán destinados a la recarga de una unidad de coche eléctrico cada uno. La distribución de los paneles sobre la superficie de la cubierta estructural para techar 48 plazas de aparcamiento será, como se muestra en la Figura 13, de 84 paneles por fila y 6 paneles por columna ocupando de largo un valor total de 56,784 metros y un ancho de 8,892 metros según las dimensiones del modelo de módulo fotovoltaico escogido.

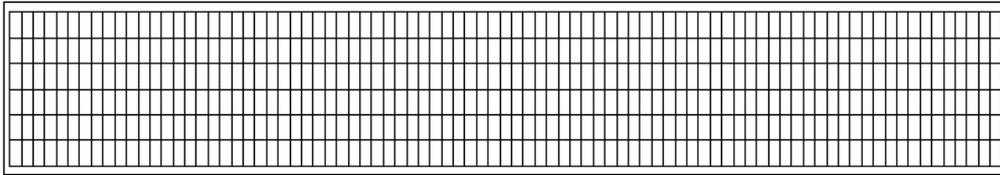


Figura 13. Distribución de los módulos sobre la cubierta de la estructura. Fuente: Creado con AutoCAD.

El conjunto total de los módulos se establecerá de forma que se tenga una pequeña distancia de separación de la primera y la última columna con respecto a los lados extremos de la cubierta paralelos a estas, cumpliéndose esto mismo para las filas de paneles de los extremos. Los valores de ambas distancias junto con las dimensiones de la cubierta se definen en el apartado 3.5. Instalación fotovoltaica del “**Pliego de condiciones técnicas**”.

6.3.4. Potencia fotovoltaica instalada

Las instalaciones formadas por conjuntos de 42 paneles de módulos fotovoltaicos ERA Solar ESPMC160 permiten la obtención de aproximadamente una potencia pico de 18,24 kWp correspondiente con cada uno de los diferentes puntos de recarga de la instalación. Así mismo debido a que en este proyecto se van a implantar 12 de estos conjuntos, se puede definir la potencia pico total de toda la instalación con un valor de 218,88 kWp.

Los módulos estarán orientados hacia el Sur con una inclinación de 30° a partir del diseño de la estructura de la marquesina de forma que se tenga tanto una orientación como inclinación óptima para los climas de los diferentes meses del año.

6.4. Inversores

6.4.1. Principio de funcionamiento

El módulo fotovoltaico funciona como un generador eléctrico si existe radiación solar incidente. Una vez generada la tensión en el panel se debe conectar a un consumo al que le transmita dicha corriente que variará respecto a la radiación incidente. En caso contrario el módulo se encontrará en vacío, no existirá corriente y se producirá una tensión de circuito abierto (Voc).

Los paneles solares presentan curvas características de tensión-intensidad en las que se determina un punto óptimo de máxima potencia (MPP) en el cual en condiciones estándar de medida de temperatura y radiación (STC) corresponde con los valores de tensión e intensidad de máxima potencia. Estas condiciones se definen por una temperatura de la célula fotovoltaica de 25 °C y una irradiancia de 1000 W/m².

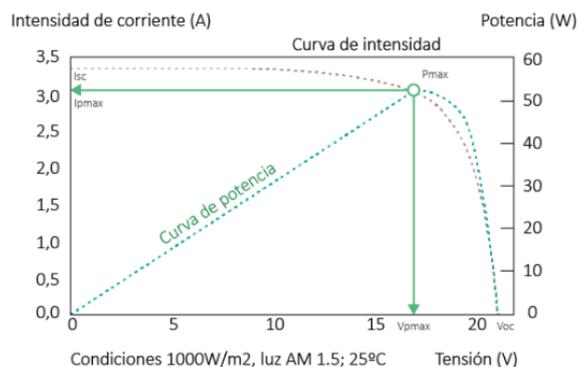


Figura 14. Curvas características I-V y P-V de los módulos fotovoltaicos. Fuente: AutoSolar.

Para la obtención de la máxima potencia del panel es posible el empleo de reguladores seguidores MPPT (Maximum Power Point Tracker) los cuales se adaptan a las distintas situaciones para garantizar que los paneles operen en el punto de máxima potencia.

Este tipo de componentes es necesario en el caso de las instalaciones de sistemas fotovoltaicos aislados, ya que protegen a las baterías de sobrecargas y aportan una mayor eficiencia a la instalación. Sin embargo, en el presente proyecto se instalarán sistemas de conexión a red para el autoconsumo de los automóviles que tendrán la posibilidad de proporcionar sus excedentes a la red eléctrica del centro comercial Carrefour de Alfafar. Este tipo de instalaciones no necesitan del uso de reguladores y, por tanto, únicamente se requerirá de los denominados inversores de conexión a red.

6.4.2. Selección del inversor

La principal función de los inversores es convertir la corriente continua de entrada en corriente alterna a un voltaje y frecuencia determinados. Los tres principales tipos de inversores que existen en el mercado son los inversores de conexión a red, los inversores híbridos y los inversores cargadores.

Estos dos últimos también se pueden clasificar en inversores de 12, 24 y 48 V que corresponde con la tensión que reciben los acumuladores, baterías, y que a su vez pueden aportar a los propios inversores para su transformación en corriente alterna. Mientras que los de conexión a red no se conectan con las baterías, sino que como indica su nombre la energía eléctrica generada por la instalación se otorga únicamente a la red destinándose al autoconsumo o a la venta de dicha energía a una compañía eléctrica. Así mismo los inversores de conexión a red se pueden diferenciar en monofásicos y trifásicos según el tipo de corriente alterna que produzca, de una o tres fases.

Debido a que en este proyecto se diseñan instalaciones fotovoltaicas de conexión a red se ha decidido seleccionar estos últimos. Sin embargo, como alternativa también sería posible utilizar inversores híbridos debido a que dan la oportunidad de incluir baterías para la acumulación de la energía si se deseara en caso de que se situara la instalación en una localización sin acceso a la red eléctrica de distribución. Además de que presentan la ventaja de poder funcionar al mismo tiempo como inversores y reguladores MPPT.

La selección de un modelo de inversor de conexión a red frente a estos inversores, se debe a que en el caso de los híbridos se necesita de un mayor número de componentes los cuales serían difíciles de incorporar a causa de la escasez de espacios libres en la ubicación del proyecto. Por ello, se ha escogido el modelo de inversor solar a red FRONIUS Symo 20.0-3-M, el cual permite

la entrada de dos conjuntos MPPT con intensidades de entrada de 33 y 27 A. Encontrándose definidas todas sus especificaciones técnicas en el apartado 2. Inversor Red FRONIUS Symo 20.0-3-M del “Anexo A: Fichas técnicas de los equipos de la instalación”.



Figura 15. Inversor Red FRONIUS Symo 20.0-3-M 20kW. Fuente: AutoSolar.

La selección de este modelo se debe a su precio más económico, a sus dimensiones y a los valores máximos de intensidad de corriente de entrada, generada por el conjunto de paneles solares, en comparación con el resto de inversores del mercado. La intensidad de corriente permitida facilita la instalación de un número adecuado de paneles en paralelo, lo cual elimina la necesidad de conexas más paneles en serie con el fin de conseguir el mismo valor de potencia necesaria. De esta forma la cantidad total de módulos fotovoltaicos se reduce, por lo que se ocupa un menor espacio de la superficie de la cubierta y se posibilita la instalación de un mayor número de conjuntos que proporcionen la recarga de más vehículos eléctricos.

Características	FRONIUS Symo 20.0-3-M	Sunny Tripower 20000TL	SUN2000-20KTL-M0
Potencia máxima	20.000 W	20.000 W	20.000 W
Peso	43,4 kg	61 kg	25 kg
Dimensiones	725 x 510 x 225 mm	661 x 682 x 264 mm	525 x 470 x 262 mm
Tensión máxima de entrada (CC)	1.000 V	1.000 V	1.080 V
Intensidad máxima de entrada por MPPT (CC)	33 A / 27 A	33 A / 33 A	22 A / 22 A
Rango de tensión de salida (CA)	3-NPE 400 V / 230 V	3-NPE 400 V / 230 V	3-NPE 400 V / 230 V
Intensidad máxima de salida por fase (CA)	28,9 A	29 A	33,5 A
Tipo de protección	IP 66	IP 65	IP 65
Rendimiento máximo	98,1 %	98,4 %	98,65 %
Precio sin IVA	2.231,00 €	2.251,00 €	2.249,76 €
Precio con IVA	2.699,51 €	2.723,71 €	2.722,21 €

Tabla 4: Comparación de inversores de conexión a red.

6.4.3. Conexión de los inversores

Las instalaciones fotovoltaicas del presente proyecto se componen cada una por un inversor conectado en su salida al punto de recarga proporcionando una corriente alterna trifásica de tensión de salida de 400 V/230 V.

Como se encuentra descrito en el apartado 6.3.2. Conexión de los paneles solares, cada inversor se relaciona con dos conjuntos de paneles solares de entrada que proporcionan una potencia la cual abastecerá la recarga en un 80% de una unidad de vehículo eléctrico.

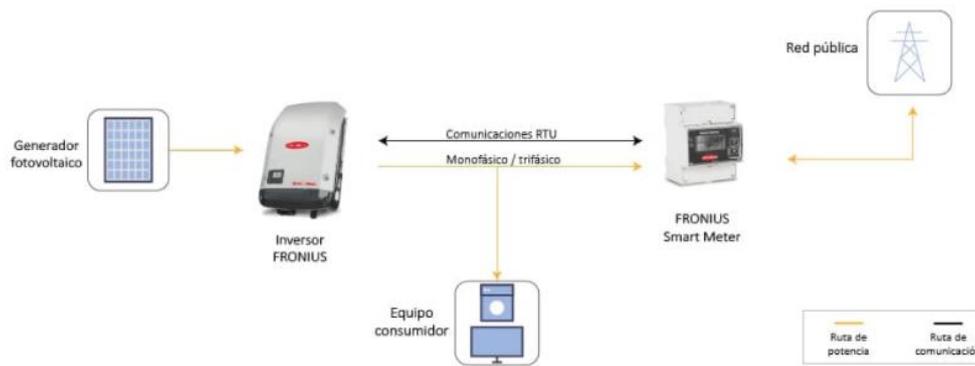


Figura 16. Entradas y salidas posibles de corriente en los inversores de conexión a red. Fuente: AutoSolar.

6.5. Puntos de recarga

6.5.1. Modos de recarga

La recarga de vehículos eléctricos puede realizarse por cuatro modos, según la normativa UNE-EN IEC 61851-1, que se diferencian por sus características y el uso de estos mismos.

El modo de recarga 1 se caracteriza por la conexión directa del vehículo a red a través de una toma Schuko con normativa CEE 7/4, con tensión de corriente alterna máxima de 230 V y corriente 16 A. Esta conexión corresponde con la de un enchufe doméstico y es posible emplearla para vehículos pequeños como son bicis eléctricas, patinetes o pequeñas motos. Sin embargo, la conexión para vehículos de mayor escala no es recomendable debido a que no presenta la protección suficiente y existe el riesgo de sobrecalentamiento.

El modo de recarga 2 corresponde con una recarga lenta con 3,7 kWh de potencia de los vehículos de manera que la duración de carga puede llegar a ser de entre 6 y 8 horas. Este tipo de recarga es monofásica con voltaje de 230 V y está planteada, al igual que el primer modo, para la recarga doméstica con enchufe tipo Schuko. Sin embargo, al contrario que en el caso anterior el coche eléctrico se conecta a través de un adaptador para garantizar la seguridad de este proceso. Este modo es conveniente emplearlo para coches eléctricos pequeños que no necesiten un gran tiempo de recarga para su funcionamiento.

El modo de recarga 3 plantea una recarga semi-rápida de aproximadamente 3 horas de los vehículos utilizando un dispositivo de punto de recarga Wallbox. Se caracteriza porque puede aportar tanto una corriente alterna monofásica empleando un conector Tipo 1 con regulación SAE J1772 que permite una tensión máxima de hasta 250 V e intensidad de 32 A, como trifásica a partir de un conector Tipo 2 con normativa IEC 62196-2 que presenta una tensión máxima de 400 V y una intensidad de 32 A por cada fase. La potencia que permite administrar este modo tiene valores de entre 7,4 y 22 kWh.

El modo de recarga 4 corresponde con la recarga más rápida y a diferencia del resto se realiza a partir de corriente continua. Con este modo puede llegar completarse el proceso en un tiempo de entre 30 min y 1 hora o 1 hora y media, dependiendo de la batería del automóvil que se quiera cargar y el porcentaje de carga que se quiera obtener de la misma. Por lo general se emplea un conector CHAdeMO o CCS según las condiciones técnicas del vehículo eléctrico. La potencia que puede suministrar este modo recarga se encuentra a partir de 50 kWh.

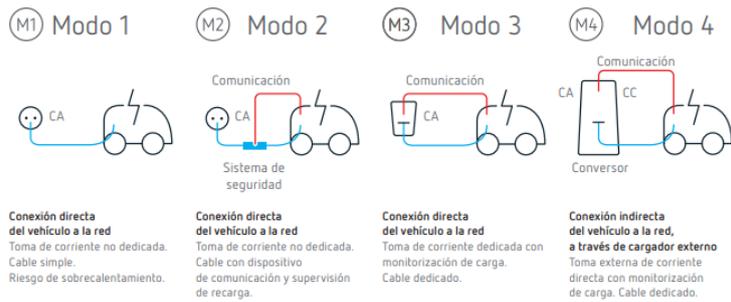


Figura 17. Posibles modos de recarga. Fuente: Circutor.

Tipos de conectores



Figura 18. Tipo de conectores para los modos de recarga. Fuente: Circutor.

6.5.2. Selección de los puntos de recarga

Cumpliendo con la legislación ITC-BT 52 del Reglamento electrotécnico para baja tensión es obligatorio instalar para los puntos de recarga de uso público el modo de recarga 3 pudiendo presentarse de forma complementaria el modo de recarga 4. De esta forma debido a la facilidad de la instalación de los dispositivos Wallbox y a que los sistemas fotovoltaicos aislados de este proyecto presentan una potencia que entra en el rango establecido para el modo de recarga 3, se ha optado por la disposición de este modo de recarga permitiendo de esta forma la posibilidad de una recarga semi-rápida o incluso rápida de los distintos automóviles.

Con ello se realiza una comparativa de precios de algunos de los distintos dispositivos Wallbox que hay en el mercado, así como del número de salidas de carga posibles que incluye cada uno de ellos.

Debido a que, como se observa en la Tabla 5, para un mismo valor de potencia las características de estos dispositivos no varían y es conveniente utilizar dispositivos de una misma empresa, para este proyecto se ha escogido el componente Wallbox POLICHARGER IN-SC3F que presenta un precio más económico de mercado.

Características	Wallbox POLICHARGER IN- DBLT23F	Wallbox POLICHARGER IN- SC3F	WB-eBasic T2S32
Modo de recarga	Modo 3	Modo 3	Modo 3
Tipo de conector	Tipo 2	Tipo 2	Tipo 2
Potencia	22 kW	22 kW	22 kW
Peso	4 kg	3 kg	3 kg
Nº de salidas	2	1	1
Voltaje máximo de entrada (CA)	400 V	400 V	400 V
Intensidad máxima de entrada (CA)	32 A	32 A	32 A
Precio sin IVA	941,36 €	509,55 €	516,00 €
Precio con IVA	1.139,05 €	616,55 €	624,36 €

Tabla 5: Comparación de dispositivos Wallbox.

De esta forma como se describe en el apartado 6.3.3. Distribución de los módulos sobre la cubierta, las doce instalaciones se conectarán a sus respectivos puntos de recarga del modelo POLICHARGER IN-SC3F posibilitando la recarga de un coche cada uno. Así mismo el número total de vehículos que podrán cargarse será de 12 coches. Esta cantidad de vehículos que se estima para la recarga podría variar dependiendo de la potencia que se aporte por parte de los paneles, de la demanda de recarga de los consumidores y del modelo de vehículo que desee abastecerse.

Con respecto a los datos técnicos del modelo, estos se determinan en el apartado 3. Punto de recarga Wallbox POLICHARGER IN-SC3F del “Anexo A: Fichas técnicas de los equipos de la instalación”.

6.6. Superficie de ocupación por punto de recarga

El conjunto de 42 paneles solares de cada punto de recarga ocupará una superficie total de aproximadamente 42,08 m² y, con ello, toda la instalación de los módulos fotovoltaicos del proyecto destinada a la recarga de 12 vehículos presentará una superficie total de 504,96 m² respectiva a un porcentaje de ocupación del área de cubierta de 82,77%; correspondiendo cada punto de recarga con un 6,9% de dicha ocupación.

6.7. Estudio de rentabilidad de la instalación

Estudio de posibilidades	Primera	Segunda	Tercera	Cuarta	Quinta	Sexta
Precio estimado de la recarga (€/kWh)	0,50 €	0,50 €	0,50 €	0,50 €	0,50 €	0,50 €
Modelo de coche eléctrico	Renault ZOE					
Batería del coche eléctrico (kWh)	50	50	50	50	50	50
Modelo de punto de recarga	POLICHARGER IN-SC3F					
Nº de puntos de recarga	12	12	12	12	12	12
Coches por punto recarga	1	1	1	1	1	1
Potencia máxima de recarga (kW)	22	22	22	22	22	22
Potencia real de recarga (kW)	18,24	18,24	18,24	18,24	18,24	18,24
Porcentaje de recarga	80,00%	70,00%	60,00%	50,00%	40,00%	30,00%
Tiempo de recarga (h)	2,2	1,9	1,6	1,4	1,1	0,8
Consumo de recarga por unidad (kWh)	40,1	34,7	29,2	25,5	20,1	14,6
Resultados	RECARGA INSTALACIÓN					
Ingreso por recarga de unidad	20,05 €	17,35 €	14,60 €	12,75 €	10,05 €	7,30 €

Tabla 6: Estudio elaborado con Excel de los ingresos con seis posibles casos de recarga.

En la siguiente tabla se realiza un estudio de seis posibles casos de recarga con diferentes porcentajes y sus respectivos ingresos para el abastecimiento de una unidad de coche eléctrico. La razón de no calcular los ingresos para el número total de 12 coches al que están destinados a abastecer estas instalaciones se debe a que de esta forma se facilita el cálculo de la rentabilidad de las mismas, ya que actualmente existe una realidad en la cual la cantidad de coches eléctricos en circulación en España sigue siendo muy pequeña en comparación con los coches de combustión interna. Por tanto, realizar un estudio para la unidad mínima de vehículos puede ser más conveniente a la hora de analizar los posibles ingresos en los primeros años de funcionamiento de la instalación. Así mismo solo se deberán multiplicar estos ingresos por el número de coches de recarga al día que se considere conveniente para cada año.

Para el estudio se considera la aplicación de un precio de recarga de vehículos de 0,50 € el kWh de manera que la empresa colaboradora del centro comercial Carrefour pueda recibir ganancias de la instalación y se plantee así, participar en la inversión de la misma.

Año	Rango de coches/día	Ingreso/día	Coficiente rectificación días recarga/año	Ingreso/año	Coste por periodo del proyecto	Años aprox. de recuperación del gasto	Periodo total de años de la instalación	Ingresos durante el periodo	Beneficio durante el periodo
2022	[1,3]	37,40 €	0,75	10.238,25 €	240.871,54 €	10 años	20	811.381,31 €	537.191,77 €
2023	[1,3]	37,40 €		10.238,25 €					
2024	[2,4]	56,10 €		15.357,38 €					
2025	[3,5]	74,80 €		20.476,50 €					
2026	[3,6]	84,15 €		23.036,06 €					
2027	[3,6]	84,15 €		23.036,06 €					
2028	[4,6]	93,50 €		25.595,63 €					
2029	[5,6]	102,85 €		28.155,19 €					
2030	[5,7]	112,20 €		30.714,75 €					
2031	[6,8]	130,90 €		35.833,88 €					
2032	[7,10]	158,95 €		43.512,56 €					
2033	[8,11]	177,65 €		48.631,69 €					
2034	[9,11]	187,00 €		51.191,25 €					
2035	[9,12]	196,35 €		53.750,81 €					
2036	[9,12]	196,35 €		53.750,81 €					
2037	[10,11]	196,35 €		53.750,81 €					
2038	[10,11]	196,35 €		53.750,81 €					
2039	[10,12]	205,70 €		56.310,38 €					
2040	[10,12]	205,70 €		56.310,38 €					
2041	[11,12]	215,05 €		58.869,94 €					
2042	[11,12]	215,05 €		58.869,94 €					
				33.318,00 €	33.318,00 €	1 año			

Tabla 7: Estudio elaborado con Excel de la rentabilidad de la instalación.

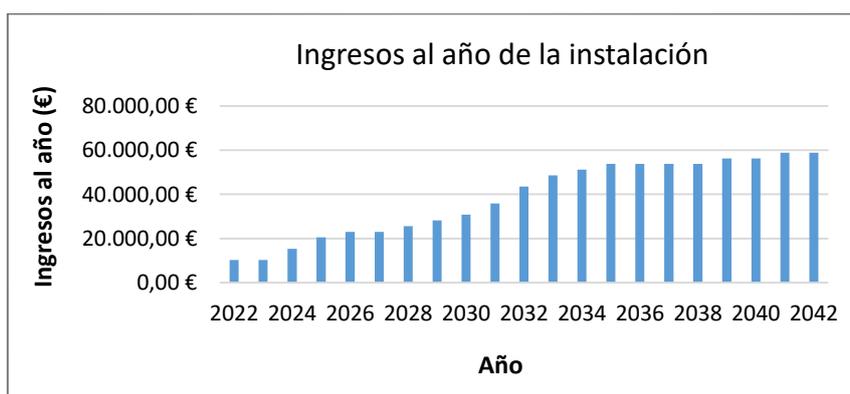


Figura 19. Gráfico de columnas de los ingresos al año de la instalación. Fuente: Creado con Excel.

La Tabla 7 muestra el estudio de rentabilidad de la instalación para un período de 20 años, en el cual para cada año se establece un rango estimado de coches de recarga al día que a lo largo del tiempo se incrementará debido al aumento esperado del número de venta de coches eléctricos en España. Así mismo se considera la probabilidad de que la recarga de los vehículos no se

produzca todos los días del año estableciendo un coeficiente de rectificación con valor de un 75% respecto a los 365 días de forma que se elabore un estudio lo más preciso y realista posible.

El cálculo de los ingresos al día para cada año se determina a partir de un promedio entre los ingresos totales al día de la Tabla 6 respectivos a un porcentaje de recarga de entre un 70 a un 80 % para el número de coches correspondiente a cada rango. Con respecto al coste de la instalación, se tiene un gasto de inversión inicial para el primer período de 10 años que mediante la recarga de los vehículos se consigue recuperar aproximadamente durante esta misma duración de tiempo. Así mismo en el décimo año se genera un segundo gasto debido a que a partir de este período de tiempo puede necesitarse una sustitución de los inversores con el alcance del fin de su vida útil. Sin embargo, la recuperación de este gasto se produce al año obteniéndose de esta forma un beneficio al final de todo el período de la instalación de 537.191,77 €.

Se debe comentar que para el siguiente estudio únicamente se han considerado los gastos respectivos a los costes directos de los productos y de la mano de obra. Sin embargo, a la hora de realizar un cálculo más exacto de la rentabilidad de la instalación habría que considerar otros factores como son los costes de mantenimiento por deterioro de los componentes, la amortización de la estructura o los costes de suelo, entre otros.

Todos los cálculos de la rentabilidad de la instalación se realizan de forma estimada siguiendo las expectativas que la Comisión Europea y el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) de España esperan respecto al crecimiento del uso de las energías renovables para el consumo energético y el cambio en el sector automovilístico a vehículos eléctricos de emisiones de 0 gCO₂/km.

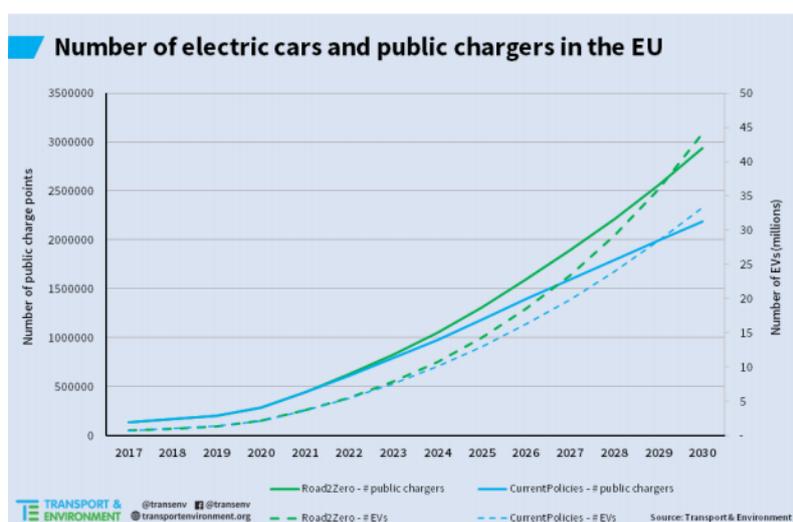


Figura 20. Número de puntos de recarga y vehículos eléctricos en la UE. Fuente: Transport & Environment.

7. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA

En este apartado se realiza una descripción general de los distintos elementos de la estructura y su disposición sobre esta, siendo definidas todas sus dimensiones en los planos del proyecto. Así mismo las especificaciones técnicas, los ensayos y el control de calidad que se requieren para el montaje de la estructura son objeto del “Pliego de condiciones técnicas”.

7.1. Pórticos de la estructura

La estructura de la marquesina solar diseñada para 48 plazas de aparcamiento objeto de este proyecto estará compuesta por doce tramos, trece pórticos colocados a 4,8 metros de distancia entre sí respecto a sus ejes. Dichos pórticos estarán formados por un pilar central de 5 metros de altura desde la cota del suelo (0 metros) unido con dos vigas en voladizo a cada uno de sus lados de 5 metros de longitud, las cuales se colocarán con una inclinación de 30° con respecto al plano horizontal aportando de esta forma la inclinación requerida para el correcto funcionamiento de la instalación fotovoltaica.

Además, los pórticos también estarán compuestos por dos barras diagonales de 1,96 metros de longitud cada una, las cuales unirán las vigas en voladizo con el pilar central. Toda la estructura será de acero S275, a excepción de las correas que serán de acero S235.

7.1.1. Unión viga-pilar

Debido a la inclinación de las vigas, la altura de colocación y de unión con el pilar de cada una de ellas se establecerá en cotas distintas. La viga con inclinación de 30° se colocará, respecto de su eje, a una cota aproximada de 4,827 metros de altura. Mientras que la viga que formará un ángulo de 180° con la anterior se localizará a una cota aproximada de 4,7 metros, siendo la diferencia de altura entre las dos el producto de la tangente del ángulo de 30° por el ancho de la sección transversal del pilar. Esta cota de altura de las vigas estará definida con respecto al punto de intersección del eje de las mismas con los lados del pilar en los que se establecerá la unión.

Para cada una de las uniones de estos elementos se empleará una chapa de acero galvanizado, un número total de 8 tornillos de la misma métrica y una cantidad de 8 cordones de soldadura que se situarán alrededor del alma y de las alas del perfil de la viga de manera que esta se unifique con la chapa de acero.

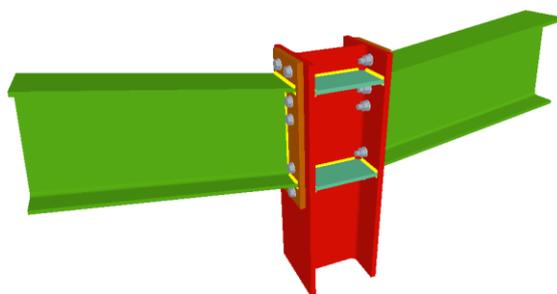


Figura 21. Uniones atornilladas de pilar con vigas empotradas mediante chapas. Fuente: CYPECAD.

7.1.2. Barra diagonal rigidizadora

Para alcanzar una mayor rigidez en las uniones de las vigas con el pilar se colocarán dos barras de perfil tubular en diagonal. Una de ellas presentará una inclinación de 45° respecto del plano horizontal y se dispondrá a una distancia aproximada de 0,772 metros por debajo de la cota de altura de colocación de la viga superior entre los dos elementos formando un triángulo. Mientras que la otra tendrá se dispondrá perpendicularmente al pilar a una distancia de 0,854 metros respecto de la cota de altura de colocación de la viga inferior. Permitiendo ambas una mejor repartición de los esfuerzos sobre la estructura.

7.2. Cubierta de la estructura

7.2.1. Forjado

El forjado de la cubierta estará formado por ocho correas de 4,8 metros de largo que tendrán un perfil tipo Z conformado en frío. La primera correa de cada viga se colocará atornillada sobre la sección longitudinal de la misma a una distancia próxima de la sección transversal de la unión viga-pilar. Mientras que el resto de las correas se establecerán entre ellas a una distancia de 1,6 metros contabilizando dicha distancia desde la primera correa de cada viga.

7.2.2. Chapa de cubierta

El área total proyectada que ocupará la chapa de la cubierta de la marquesina será de 528,32 m². Esta superficie total será el resultado de la colocación y soldadura de doce secciones de chapa al soporte formado por las correas, las cuales corresponderán con la superficie de cubierta para cada uno de los tramos de la estructura incluyendo un saliente por los extremos del primer y último tramo de 0,25 metros de largo. Las chapas serán el último elemento estructural a incorporar.

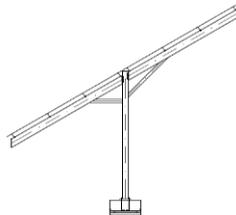


Figura 22. Pórtico de la marquesina. Fuente: Diseño propio AutoCAD

7.3. Cimentación de la estructura

El tipo de cimentación de la estructura será de zapata aislada rígida de hormigón armado que se establecerá sobre una cierta cantidad de hormigón de limpieza. Además, estará constituida por una armadura de barras corrugadas del mismo diámetro paralela al lado correspondiente con el ancho de la zapata y otra paralela con el largo de la misma. Se colocarán separadores entre el hormigón de limpieza y las armaduras con la finalidad de conseguir un correcto recubrimiento.

El pilar metálico de acero de la estructura se soldará a la placa de anclaje la cual, estando previamente perforada, se atornillará con cuatro pernos y se establecerá sobre un mortero de nivelación de cemento que irá sobre el hormigón armado de la zapata. El tipo de anclaje de los pernos será de tipo patilla con un ángulo de doblado de 90° y estará apoyado sobre las armaduras de la zapata.

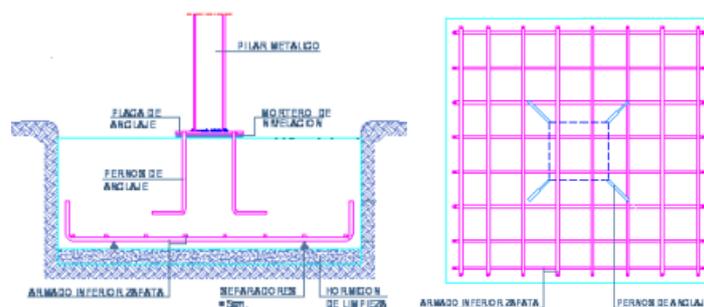


Figura 23. Zapata aislada rígida de cimentación. Fuente: DETALLESCONSTRUCTIVOS.NET.

8. DIMENSIONADO DEL CONJUNTO ESTRUCTURAL

8.1. Objeto

El siguiente apartado tiene por objeto la definición de los distintos cálculos destinados a la comprobación de la resistencia de los elementos estructurales del proyecto de manera que cumplan con los requerimientos de la normativa vigente y se garantice, así mismo, la estabilidad y la seguridad de la estructura.

Para facilitar el cálculo de los esfuerzos y las comprobaciones de la estructura se empleará un software estructural informático basado en el método de elementos finitos.

8.2. Software de cálculo

Con respecto a la obtención de los esfuerzos, la resistencia y las deformaciones que se generan en la estructura debido a la aplicación de las distintas acciones sobre esta, el software que se emplea se trata del SAP2000 con versión de evaluación. Debido a la facilidad del programa de analizar los esfuerzos y a la poca complejidad geométrica de la estructura.

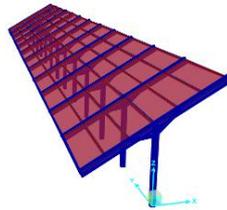


Figura 24. Diseño de la marquesina en SAP2000. Fuente: Diseño propio.

8.3. Acciones

Las acciones que se tendrán en cuenta para el dimensionado del conjunto estructural del presente proyecto seguirán lo establecido de acuerdo con el Código Técnico de la Edificación (CTE) Documento Básico SE-AE y la norma de construcción sismorresistente (NCSE-02).

8.3.1. Acciones permanentes (G)

Las acciones permanentes corresponderán con el peso propio de los elementos estructurales, la acción del pretensado de acuerdo con la Instrucción EHE-08 y las acciones de empuje del terreno derivadas debido a su peso o acciones externas que actúan sobre él.

La carga permanente distribuida que se aplicará sobre cada uno de los pórticos corresponderá con el peso de los paneles solares, la chapa de cubierta y las correas del forjado respecto del ámbito de cada pórtico.

Carga permanente	q (kN/m)
Pórticos 1 y 13	8,78
Resto de pórticos	17,56

Tabla 8: Cargas permanentes distribuidas para cada pórtico.

El cálculo de las cargas permanentes que se muestran en Tabla 9 se encuentra en el apartado 2. Acción permanente del **“Anexo C: Cálculos de la estructura”**.

8.3.2. Acciones variables (Q)

Las acciones variables se definen como las acciones cuya posición y/o magnitud varía con el tiempo [13]. Debido a que la cubierta de la marquesina no está destinada a su uso, no se considerarán en el dimensionado las acciones de sobrecarga de uso.

8.3.2.1. Acción del viento

La acción del viento sobre la superficie de la cubierta de la estructura se determinará a partir de la presión dinámica del viento, el coeficiente de exposición y el coeficiente eólico o de presión como se indica en el apartado 3.3.2 del Documento Básico SE-AE mediante la siguiente ecuación:

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p \quad (1)$$

Debido a que el municipio de Alfajar pertenece a la zona A según el Anejo D. Acción del viento del DB SE-AE, este presenta un valor de presión dinámica del viento (q_b) de 0,42 kN/m². Así mismo dado que la estructura se localizará en una zona urbana industrial y la altura media de la misma será de 5 metros, el coeficiente de exposición tendrá un valor aproximado de 1,34. De acuerdo con la Tabla D.10 Marquesinas a un agua de este mismo anejo para una inclinación de 30°, se obtendrán los valores del coeficiente de presión para las distintas zonas de la cubierta respecto a un efecto del viento tanto hacia arriba como hacia abajo con un factor de obstrucción nulo.

Carga viento de presión	q (kN/m)
Pórticos 1 y 13	4,31
Resto de pórticos	5,93
Carga viento de succión	q (kN/m)
Pórticos 1 y 13	-5,12
Resto de pórticos	-8,08

Tabla 9: Cargas distribuidas de viento de presión y succión sobre la cubierta para cada pórtico.

Con respecto a las cargas distribuidas de viento lateral que se ejercerán sobre los pilares se determinarán a partir de la misma ecuación (1), aunque empleando el coeficiente de presión interior (c_{pi}) debido a la esbeltez del pilar en el plano paralelo al viento y al área de huecos respecto al área total de huecos de la estructura. De esta forma este coeficiente tendrá un valor de -0,3 para una esbeltez superior a 4.

Carga viento lateral	q (kN/m)
Pórticos 1 y 13	-0,41
Resto de pórticos	-0,82

Tabla 10: Cargas distribuidas del viento lateral sobre los pilares para cada pórtico.

Todos los cálculos respectivos a esta acción se definen en el apartado 3. Acción del viento del “Anexo C: Cálculos de la estructura”.

8.3.2.2. Acción de la nieve

El valor de la carga de nieve se determinará a partir de la ecuación (2), como se establece en el DB SE-AE, respecto al coeficiente de forma de la cubierta (μ) y el valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal (s_k).

$$q_n = \mu \cdot s_k \quad (2)$$

Según los datos climáticos del Anejo E de la siguiente normativa perteneciendo el municipio de Alfafar a la zona 5 de las zonas climáticas de invierno y presentando una altitud aproximada de 11 metros [13], el valor de la carga de nieve sobre un terreno horizontal será de 0,2 kN/m². Así mismo como se describe en el apartado 3.5.3 de este documento, el coeficiente de forma presentará un valor de 1 debido a la inclinación de 30° de la cubierta.

Carga de nieve	q (kN/m)
Pórticos 1 y 13	0,48
Resto de pórticos	0,96

Tabla 11: Cargas distribuidas de la nieve sobre la cubierta para cada pórtico.

Los cálculos realizados para la obtención de las cargas de nieve en los distintos pórticos se establecen en el apartado 4. Acción de la nieve del “Anexo C: Cálculos de la estructura”.

8.3.3. Acciones accidentales (A)

Las acciones accidentales son las que tienen una poca probabilidad de suceder y actuar sobre la estructura.

8.3.3.1. Acción del sismo

La acción sísmica está regulada por la normativa NCSE-02 en la cual se establecen las condiciones técnicas que deben cumplir las estructuras de forma que estas sean capaces de resistir a dichas acciones accidentales. En ella el cálculo del coeficiente sísmico adimensional se define, como se indica en la ecuación (3), como el producto del coeficiente de respuesta (β), la aceleración sísmica de cálculo ($a_c \cdot g$) y el valor del espectro normalizado de respuesta elástica ($\alpha(T_n)$).

$$s_{ik}(T_n) = \alpha(T_n) \cdot \beta \cdot a_c \cdot g \quad (3)$$

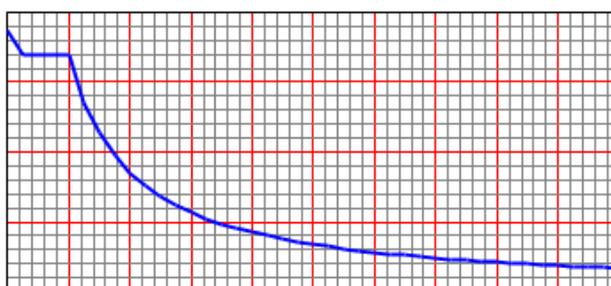


Figura 25. Función del espectro de respuesta del sismo sobre la estructura en Alfafar. Fuente: Definido con SAP2000.

De la misma manera, la fuerza sísmica equivalente que se generará sobre cada uno de los pórticos se determinará con respecto a la normativa mediante la siguiente ecuación:

$$F_{ik} = s_{ik} \cdot P_k \quad (4)$$

Fuerza sísmica equivalente	kN
Todos los pórticos	3,34

Tabla 12: Fuerza sísmica equivalente aplicada sobre el extremo de los pilares para cada pórtico.

Así mismo los cálculos detallados respectivos a la obtención de dichas fuerzas sísmicas equivalentes estarán definidos en el apartado 5. Acción del sismo del “Anexo C: Cálculos de la estructura”.

8.3.3.2. Impacto de vehículos

El Documento Básico SE-AE del CTE considera el impacto de vehículos como una acción accidental que debe considerarse a la hora de dimensionar una estructura de manera que sea resistente y mantenga su estabilidad tras dicho impacto.

La localización del presente proyecto respectiva a un aparcamiento de centro comercial implica que las velocidades máximas a las que puedan circular los vehículos sean reducidas y, por tanto, el riesgo de impacto con la estructura sea menos probable. Sin embargo, ante un posible impacto se podría poner en riesgo la seguridad de la estructura y de la instalación fotovoltaica que se establece en ella.

Por ello, con el fin de evitar riesgos sería posible colocar bolardos de protección de eficacia verificada a los lados de la estructura que eliminen la necesidad de dimensionar la misma en dichos casos.

8.4. Bases de cálculo

De acuerdo con el Código Técnico de la Edificación (CTE) para garantizar la seguridad de la estructura se requerirá del cumplimiento de los Estados Límite, los cuales se definen en la siguiente normativa como: *“Se denominan estados límite aquellas situaciones para las que, de ser superadas, puede considerarse que el edificio no cumple alguna de los requisitos estructurales para las que ha sido concebido”*.

Dentro de los Estados Límite se encuentran los Estados Límite Últimos y los Estados Límite de Servicio. Para el correcto dimensionado de la estructura se deberá verificar no se supere ninguno de estos estados.

8.4.1. Estados Límite Últimos (E.L.U.)

Los Estados Límite Últimos se definen en el CTE DB SE como: *“Los Estados Límite Últimos son los que, de ser superados, constituyen un riesgo para las personas, ya sea porque producen una puesta fuera de servicio del edificio o el colapso total o parcial del mismo”*. Pueden ser debidos a la pérdida del equilibrio del edificio o a fallos por deformaciones excesivas.

Para asegurar la resistencia de los elementos estructurales, con respecto a las distintas combinaciones para los Estados Límite Últimos, estos deberán cumplir la siguiente condición:

$$\frac{N}{A} + \frac{M}{W} \leq f_y d \quad (5)$$

Correspondiendo las letras *N* y *M* con el axil y el momento de cálculo respectivamente, *A* con el área de la sección transversal del elemento estructural, *W* con el módulo resistente elástico y *f_yd* con la resistencia de cálculo del acero por el que está compuesto el elemento que se va a verificar.

8.4.2. Estados Límite de Servicio (E.L.S.)

Los Estados Límite de Servicio se definen en el CTE DB SE como: *“Los estados límite de servicio son los que, de ser superados, afectan al confort y al bienestar de los usuarios o de terceras personas, al correcto funcionamiento de del edificio o a la apariencia de la construcción”*. Pueden ser reversible e irreversibles según el exceso de los límites especificados como admisibles.

Se deberá asegurar que la estructura no los supere para garantizar la durabilidad, la funcionalidad y la estética de la misma. Así mismo la flecha de deformación que se genere en la estructura de este proyecto deberá ser inferior al valor de la luz del elemento estructural por 1/300 como se indica en la normativa.

8.4.3. Combinaciones para los Estados Límite Últimos

Las combinaciones para los Estados Límite Últimos que se tendrán en cuenta para las comprobaciones de la estructura de este proyecto serán:

- La combinación de acciones correspondiente a una situación persistente o transitoria

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad (6)$$

- La combinación de acciones para situaciones sísmicas

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_d + \sum_{i > 1} \Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \quad (7)$$

Siendo G_k , P , Q_k y A_d la acción permanente, de pretensado, variable y sísmica respectivamente. Así mismo los denominados con el símbolo γ son los coeficientes parciales de seguridad respectivos para cada una de las acciones y los denominados con Ψ corresponden con los coeficientes de simultaneidad de las acciones variables. Todos los valores de los coeficientes se definen en las Tablas 4.1 y 4.2 del Documento Básico SE.

Coeficientes parciales de seguridad		Coeficientes de simultaneidad	
Permanente	Variable	Variable	
Desfavorable	Desfavorable	VIENTO	NIEVE
γ_G	γ_Q	Ψ_0	Ψ_0
1,35	1,5	0,6	0,5

Tabla 13: Coeficientes utilizados para el cálculo de combinaciones E.L.U.

Debido a que la estructura no está destinada a su uso y que la altitud de la localización presenta un valor menor de los 1000 metros, el coeficiente de simultaneidad Ψ_2 para las acciones variables en las situaciones sísmicas será nulo en cualquiera de los casos. Por tanto, como se observa en la Tabla 14, no se tendrá en cuenta en el cálculo de las combinaciones de los E.L.U.

Así mismo la exclusión del empleo de los coeficientes parciales de seguridad para las situaciones favorables se debe a que estas no aportarán los mayores valores de cálculo de los esfuerzos, los cuales se necesitan conocer para comprobar la resistencia de la estructura en el caso más desfavorable.

En este proyecto los dos principales casos de combinaciones más desfavorables que se han analizado a partir de los resultados son los siguientes:

$$1,35 \cdot CP + 1,5 \cdot VP + 1,5 \cdot 0,5 \cdot N \quad (8)$$

$$1,35 \cdot CP + 1,5 \cdot VL + 1,5 \cdot 0,5 \cdot N \quad (9)$$

Siendo CP la carga permanente, VP el viento de presión sobre la cubierta, N la nieve y VL el viento lateral sobre el pilar. La selección de estas combinaciones para una situación persistente o transitoria se debe a que la representada en la ecuación (8) determina los mayores esfuerzos de cálculo que se generan sobre la estructura. Mientras que la correspondiente con la ecuación

(9) no muestra la situación más desfavorable, pero permite analizar los momentos y los cortantes generados sobre el pilar con la inclusión del viento lateral en estas condiciones.

Como se ha mencionado anteriormente en este proyecto no se incluirán las acciones variables en las combinaciones para situaciones sísmicas, quedando de la siguiente manera la ecuación de cálculo:

$$CP + A_X \quad (10)$$

$$CP + A_Y \quad (11)$$

Siendo A_X la acción sísmica en dirección X y A_Y la acción sísmica en dirección Y.

8.4.4. Combinaciones para los Estados Límite de Servicio

La combinación para los Estados Límite de Servicio que se comprobará en el siguiente proyecto corresponde con la denominada combinación característica y se representa en la siguiente ecuación:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad (12)$$

Así mismo debido a que el viento de presión sobre la cubierta supone una mayor carga para la estructura que la carga de nieve, la combinación seleccionada para la verificación de los E.L.S. será la siguiente:

$$CP + VP + 0,5 \cdot N \quad (13)$$

En los Estados Límite de Servicio, los coeficientes parciales de seguridad para condiciones desfavorables presentan un valor de 1.

8.5. Resultados del software de cálculo

Como se indica en los títulos de las tablas siguientes, cada una de ellas representa los resultados obtenidos a través del software de SAP2000 para las distintas combinaciones referenciadas en el apartado anterior.

Esfuerzos	Viga (Mayor momento)	Pilar (Mayor axil)	Barra rigidizadora diagonal (Mayor axil)
Nd (kN)	0,00	-307,60	-40,70
Vd (kN)	141,33	0,38	0,00
Md (kNm)	-162,81	1,15	0,00

Tabla 14: Resultados del SAP2000 para la ecuación (8) de los E.L.U.

Esfuerzos	Viga (Mayor momento)	Pilar (Mayor axil)	Barra rigidizadora diagonal (Mayor axil)
Nd (kN)	-29,00	-231,40	-27,80
Vd (kN)	107,88	-2,56	0,00
Md (kNm)	-124,32	-1,32	0,00

Tabla 15: Resultados del SAP2000 para la ecuación (9) de los E.L.U.

Esfuerzos	Viga (Mayor momento)	Pilar (Mayor axil)	Barra rigidizadora diagonal (Mayor axil)
Nd (kN)	-22,97	-170,24	-20,31
Vd (kN)	80,94	0,21	0,00
Md (kNm)	-94,22	0,64	0,00

Tabla 16: Resultados del SAP2000 para la ecuación (10) de los E.L.U.

Esfuerzos	Viga (Mayor momento)	Pilar (Mayor axil)	Barra rigidizadora diagonal (Mayor axil)
Nd (kN)	-22,78	-166,80	-20,95
Vd (kN)	78,49	0,21	0,00
Md (kNm)	-90,69	0,63	0,00

Tabla 17: Resultados del SAP2000 para la ecuación (11) de los E.L.U.

Esfuerzos	Sección de la unión
Nd (kN)	-19,90
Vd (kN)	96,24
Md (kNm)	27,24

Tabla 18: Resultados del SAP2000 para la ecuación (8) de los E.L.U. en la sección de la unión viga-pilar.

Esfuerzos axil	Pilar
N _{CP} (kN)	-167,53
N _{VP} (kN)	-49,76
N _{NIEVE} (kNm)	-9,06

Tabla 19: Resultados del SAP2000 de los esfuerzos de axil no mayorados en el pilar.

Los resultados de estos esfuerzos máximos que se generan en las vigas se obtienen en la sección donde se encuentra la unión de la misma con la barra rigidizadora. Mientras que en las barras rigidizadoras, los mayores esfuerzos se dan por igual sobre todas sus secciones. Y con respecto a los esfuerzos de los pilares, estos se determinan en la sección de unión con la placa anclaje donde existe un empotramiento del pilar respecto a la cimentación.

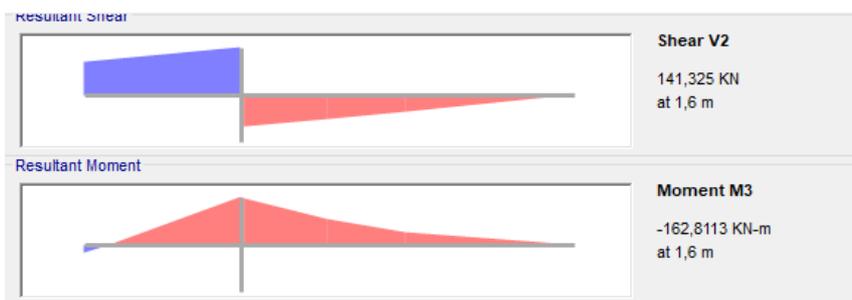


Figura 26. Resultados de esfuerzos generados en las vigas. Fuente: SAP2000.

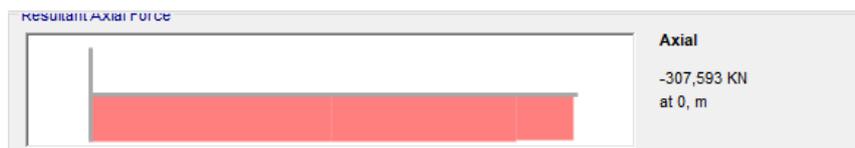


Figura 27. Resultados de esfuerzos axiales generados en los pilares. Fuente: SAP2000.



Figura 28. Resultados de esfuerzos axiales generados en las barras. Fuente: SAP2000.

A partir de la combinación definida para los Estados Límite de Servicio (13) se obtienen los resultados de deformaciones en la estructura, diferenciando los valores hallados para las vigas de los pórticos de los extremos (1 y 13) con las respectivas al resto de pórticos. Estos valores representados en metros se pueden visualizar en las siguientes figuras:

Joint Object	132			Joint Element	132		
	1	2	3		1	2	3
Trans	0,00342	-0,00101	-0,00602				
Rotn	-0,00124	0,00219	-7,187E-04				

Figura 29. Resultados de deformaciones en las vigas de los pórticos 1 y 13. Fuente: SAP2000.

Joint Object	36			Joint Element	36		
	1	2	3		1	2	3
Trans	0,00646	-0,00104	-0,01129				
Rotn	2,416E-06	0,00421	3,017E-05				

Figura 30. Resultados de deformaciones en las vigas del resto de pórticos. Fuente: SAP2000.

Como se puede observar en las dos figuras anteriores, la flecha generada en dirección del eje Z es de 6,02 mm para el primer caso y de 11,29 mm para el segundo caso.

8.6. Comprobaciones

El cálculo de todas las comprobaciones establecidas para garantizar la seguridad y la estabilidad de la estructura se encuentra realizado en el apartado 6. Comprobaciones del **“Anexo C: Cálculos de la estructura”**.

8.6.1. Bases de cálculo

La comprobación de los Estados Límite corresponderá con la verificación de la resistencia de las vigas, los pilares y las barras rigidizadoras mediante la función (5) establecida en el apartado 8.4.1. Estados Límite Últimos (E.L.U.) de esta memoria.

El cálculo se realizará a partir de los resultados de esfuerzos más desfavorables obtenidos mediante el software de SAP2000 y de las especificaciones técnicas de catálogo que presenta cada uno de los perfiles de los elementos.

Como se muestra en la Tabla 31 del apartado 6.1. Bases de cálculo del **“Anexo C: Cálculos de la estructura”** se verifica el cumplimiento de los Estados Límite Últimos de los principales componentes que forman los pórticos, debido a que la tensión a la que se encuentran sometidos es inferior a la resistencia de cálculo del acero f_{yd} de cada uno de ellos. Además, mediante la

función (69) del mismo apartado del **“Anexo C: Cálculos de la estructura”** se comprueban los Estados Límites de Servicio, debido a que las flechas resultantes de cálculo presentan un valor menor a la flecha máxima permitida.

8.6.2. Pandeo lateral del pilar

La comprobación a pandeo lateral se realiza de la misma forma que en la función (5) representada con la diferencia de incluir χ que corresponde con el coeficiente de reducción para el modo de pandeo considerado.

$$\frac{N}{A \cdot \chi} + \frac{M}{W} \leq f_y d \quad (14)$$

Así mismo como se observa en la expresión (75) del apartado 6.2. Pandeo lateral del pilar del **“Anexo C: Cálculos de la estructura”**, se obtiene un resultado de tensión por pandeo en el pilar inferior a la resistencia de cálculo del acero del mismo y, por tanto, se verifica su resistencia al presente esfuerzo.

8.6.3. Unión viga-pilar

La unión de las vigas con el pilar al estar formadas por varios componentes como son los tornillos, la chapa de unión y las soldaduras requerirá de un número más elevado de comprobaciones en relación con cada uno de sus elementos. Dichas verificaciones se elaborarán a partir de la normativa de Instrucción de Acero Estructural (EAE).

Debido a que las soldaduras de la unión no serán las únicas que formarán la estructura, las comprobaciones de estas se efectuarán en un apartado diferente.

El momento que deberá resistir la unión se define, como se muestra en el apartado 62.2.2. del Artículo 62 del EAE, mediante la expresión:

$$M_{j,Rd} = \sum (F_{t,Rd,i} \cdot d_i) \quad (15)$$

Siendo $F_{t,Rd,i}$ la resistencia a tracción de cada tornillo de la unión y d_i la distancia de cada uno de los tornillos respecto del eje del ala inferior de la viga como se indica en la Figura 61.2.a del EAE.

Finalmente, como se comprueba en la expresión (76) del apartado 6.3. Unión viga-pilar del **“Anexo C: Cálculos de la estructura”**, el momento resistente de la unión formada por dos columnas de tornillos tendrá un valor superior al momento flector de cálculo al que se encuentra sometida dicha unión por lo que se verifica su resistencia al presente esfuerzo.

8.6.3.1. Tornillos

Los tornillos de la unión deberán ser capaces de resistir tanto al esfuerzo cortante como el esfuerzo a tracción a los que se encuentran sometidos.

- Resistencia de los tornillos a cortante (Art. 58.6. EAE)

La resistencia a cortante que debe presentar cada uno de los tornillos es la representada en la función siguiente; en la cual f_{ub} se define como la tensión última a tracción del tornillo, A_s es su área resistente a tracción, n corresponde con el número de planos de corte y γ_{M2} el coeficiente parcial de seguridad relativo a la resistencia última del material o el coeficiente de minoración de resistencia.

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \cdot f_{ub} \cdot A_s \cdot n}{\gamma_{M2}} \quad (16)$$

Por ello, a partir de un número determinado de tornillos la resistencia en conjunto de todos ellos deberá ser mayor al cortante de cálculo al que están sometidos. Así como se expresa en la siguiente función, siendo n el número total de tornillos y $F_{v,Ed}$ el esfuerzo cortante.

$$F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd} \cdot n \quad (17)$$

- Resistencia a tracción de los tornillos (Art. 58.7. EAE)

La siguiente función muestra la resistencia a tracción que debe presentar cada uno de los tornillos de la unión, estando definidos sus parámetros en la explicación del punto tratado anteriormente.

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} \quad (18)$$

Por tanto, la agrupación de un cierto número de tornillos deberá presentar una resistencia a tracción superior al esfuerzo de tracción de cálculo al que se encuentran sometidos.

$$F_{t,Ed} \leq F_{t,Rd} \cdot n \quad (19)$$

- Resistencia de los tornillos a la interacción cortante - tracción (Art. 58.7.1. EAE)

Así mismo los tornillos deberán ser capaces de resistir a la interacción de estos dos esfuerzos mencionados verificándose esto a través de la siguiente función según la normativa de Instrucción de Acero Estructural (EAE).

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 \cdot F_{t,Rd}} \leq 1 \quad (20)$$

A partir de estas condiciones de resistencia para los tornillos y según los resultados obtenidos en las expresiones (77), (78) y (79) del apartado 6.3.1. Tornillos del **“Anexo C: Cálculos de la estructura”**, se confirma la resistencia de los tornillos de las uniones a los esfuerzos definidos.

8.6.3.2. Chapa

La chapa de la unión de espesor t deberá ser resistente a aplastamiento, desgarro y punzonamiento.

- Resistencia de la chapa al desgarro (Art. 58.5. EAE)

La resistencia al desgarro se determina mediante la siguiente expresión:

$$N_{ef,Rd} = \frac{f_u \cdot A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_y \cdot A_{nv}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} \quad (21)$$

Siendo:

f_u resistencia a tracción del material de la pieza

A_{nt} Área neta de la zona sometida a tracción

A_{nv} Área neta de la zona sometida a cortante

Para que se cumpla esta condición de resistencia el esfuerzo axial de cálculo por el que la pieza se encuentra solicitada no deberá superar el valor de la resistencia de la chapa al desgarro:

$$N_{Ed} \leq N_{ef,Rd} \quad (22)$$

- Resistencia de la chapa por aplastamiento (Art. 58.6. EAE)

La resistencia a aplastamiento para una pieza (chapa) de espesor t contra el vástago de un tornillo de diámetro d teniendo en cuenta los coeficientes α y β , calculados según indica la EAE, es la siguiente:

$$F_{b,Rd} = \frac{\alpha \cdot \beta \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} \quad (23)$$

- Resistencia a punzonamiento de una chapa (Art. 58.7. EAE)

La resistencia del punzonamiento de una chapa sobre la actúa un tornillo en el que se ejercen esfuerzos de tracción es la siguiente:

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{M2}} \quad (24)$$

Siendo d_m el mínimo diámetro medio entre los círculos circunscrito e inscrito a la tuerca o a la cabeza. Así mismo, como se ha mencionado anteriormente, f_u es la resistencia a tracción del material de la chapa.

No será necesario comprobar la función anterior de resistencia en caso de cumplirse la siguiente condición:

$$t_{min} \geq \frac{d \cdot f_{ub}}{6 \cdot f_u} \quad (25)$$

Finalmente, siguiendo los términos descritos en las expresiones anteriores, a través de las funciones (82), (83) y (84) del apartado 6.3.2 Chapa del **“Anexo C: Cálculos de la estructura”** se verifica la resistencia de la chapa o placa de unión a los distintos esfuerzos.

8.6.4. Soldaduras

La resistencia de todos los cordones de soldadura de la estructura se establece mediante la siguiente expresión:

$$\tau_w = \frac{F}{a \cdot L_w} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2} \cdot \sqrt{3}} \quad (26)$$

Por lo que la fuerza de los esfuerzos no deberá superar a la fuerza resistente de las soldaduras definida como:

$$F_{w,Rd} = \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2} \cdot \sqrt{3}} \cdot a \cdot L_w \quad (27)$$

Siendo:

a espesor de garganta de los cordones

L_w longitud de los cordones

β_w factor de correlación

f_u resistencia a tracción del acero de las piezas a soldar

Las soldaduras de unión de los diferentes componentes de la estructura cumplirán con su resistencia a los esfuerzos como se observa en las expresiones (85), (86), (87) y (88) del apartado 6.4. Soldaduras del “Anexo C: Cálculos de la estructura”.

8.6.5. Placa de anclaje (base) y pernos

- Resistencia de cálculo por rozamiento entre la placa base y el hormigón

Según el Documento Básico SE-A, la resistencia de cálculo por rozamiento entre la placa base y el hormigón o mortero de nivelación es:

$$F_{f,Rd} = C_{f,d} \cdot N_{c,Sd} \quad (28)$$

En la cual $C_{f,d}$ se trata del coeficiente de rozamiento entre la placa base y el hormigón o mortero de nivelación y $N_{c,Sd}$ corresponde con la fuerza de cálculo a compresión transmitida por el pilar.

Esta resistencia sumada con la resistencia a cortante de un número n de pernos de anclaje deberá ser mayor al esfuerzo cortante transmitido por el pilar.

$$F_{v,d} \leq F_{f,Rd} + n \cdot F_{vb,Rd} \quad (29)$$

- Comprobación del espesor de la placa

El espesor de la placa deberá presentar un valor correcto de forma que al sustituirse en la siguiente fórmula se obtenga una capacidad resistente a momento flector $M_{p,Rd}$ mayor que el momento flector que actúa sobre la placa.

$$M_{Ed} \leq M_{p,Rd} = \frac{t^2 \cdot f_{yd}}{4} \quad (30)$$

- Resistencia a cortante de un perno de anclaje

La resistencia a cortante de cada perno de anclaje se expresa en la normativa del DB SE-A de la siguiente forma:

$$F_{vb,Rd} = \frac{\alpha_b \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} \quad (31)$$

Siendo:

$$\alpha_b = 0,44 - 0,0003 \cdot f_{yb}$$

f_{yb} límite elástico del acero del perno (MPa)

f_{ub} resistencia última del acero del perno

A_s área resistente a tracción del perno

- Resistencia a compresión del hormigón

La resistencia a compresión del hormigón portante de la superficie de asiento, siguiendo el DB SE-A, corresponde con la expresión:

$$f_{jd} = \beta_j \cdot k_j \cdot f_{ck} \leq 3,3 \cdot f_{cd} \quad (32)$$

Siendo:

β_j coeficiente de la unión

k_j factor de concentración dependiente del área portante equivalente del hormigón

f_{ck} resistencia característica del hormigón

f_{cd} valor de cálculo de la resistencia a compresión del hormigón

El factor de concentración se determina, según indica la norma, a partir de las dimensiones de la placa base y del área portante equivalente de la siguiente manera:

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 \cdot b_1}{a \cdot b}} \leq 5 \quad (33)$$

Finalmente, con respecto a la placa base, los pernos de anclaje y el hormigón de asiento del conjunto se comprueban sus resistencias a sus respectivos esfuerzos como se determina en las funciones (90), (91), (94) y (96) del apartado 6.5. Placa de anclaje y pernos del **“Anexo C: Cálculos de la estructura”**.

8.6.6. Cimentación

Para la cimentación de la estructura de este proyecto se emplearán zapatas aisladas de forma que se compruebe que la tensión transmitida al terreno por los esfuerzos sea menor que la tensión admisible del mismo.

Atendiendo a los artículos 4 y 5 del CTE DB SE-C Cimientos y al artículo 58 de la Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08, se realizarán las siguientes comprobaciones para asegurar la estabilidad del cimiento.

Las verificaciones a hundimiento, deslizamiento y vuelco del terreno se establecen sin mayorar los esfuerzos transmitidos a la base de la zapata e incluyendo el peso propio del cimiento. Mientras que en la comprobación de resistencia estructural sí que se emplean las combinaciones de acciones de los Estados Límite Últimos excluyéndose el peso del cimiento.

- Resistencia del terreno al hundimiento

Según la excentricidad (e) de la carga sobre la zapata que se tenga la expresión respecto a esta resistencia variará. Para una excentricidad menor o igual que la sexta parte del ancho de la zapata, la resistencia se define como:

$$\sigma_1 = \frac{N}{a \cdot b} + \frac{M}{\left(\frac{a^2 \cdot b}{6}\right)} \leq 1,25 \cdot \sigma_{adm,t} ; \sigma_0 = \frac{N}{a \cdot b} \leq \sigma_{adm,t} \quad (34)$$

Mientras que en caso contrario se obtendrá de esta forma:

$$\sigma_1 = \frac{4 \cdot N}{3 \cdot (a - 2 \cdot e) \cdot b} \leq 1,25 \cdot \sigma_{adm,t} \quad (35)$$

- Resistencia al deslizamiento del terreno

Para que se compruebe la resistencia al deslizamiento del terreno el esfuerzo cortante sin ser mayorado debe ser inferior a la fuerza de rozamiento que se genera entre la superficie de la zapata y el terreno sobre el cual estará apoyada (R_d).

$$V \leq R_d \quad (36)$$

Esta fuerza de rozamiento dependerá del tipo de terreno, es decir, si se trata de un terreno cohesivo o uno granular.

- Resistencia al vuelco del terreno

La resistencia al vuelco del terreno se podrá verificar simplemente comprobando que la excentricidad de la carga sea inferior o igual a la cuarta parte del ancho de la zapata.

$$e \leq \frac{a}{4} \quad (37)$$

- Resistencia estructural de la zapata

En este proyecto se diseñará la cimentación de manera que corresponda con una zapata aislada rígida y sus armaduras paralelas al lado correspondiente con el largo de la misma verifiquen, en caso de estar totalmente comprimida, la función dispuesta a continuación:

$$T_{ad} = \frac{R_{1d} \cdot (x_1 - 0,25 \cdot a_p)}{0,85 \cdot d} \leq A_{s,a} \cdot f_{yd} \quad (38)$$

Así mismo si la zapata se encuentra parcialmente comprimida se debe comprobar que:

$$T_{ad} = \frac{N_d \cdot (e_d - 0,25 \cdot a_p)}{0,85 \cdot d} \leq A_{s,a} \cdot f_{yd} \quad (39)$$

Con respecto a las armaduras paralelas al lado correspondiente con el ancho de la zapata, se deberá verificar la resistencia estructural a través de la siguiente expresión:

$$T_{bd} = \frac{N_d \cdot (b - b_p)}{6,80 \cdot d} \leq A_{s,b} \cdot f_{yd} \quad (40)$$

- Cuantías geométricas mínimas

El conjunto de barras de la armadura deberá presentar un área superior al área mínima de forma que se cumple con la cuantía mínima geométrica para cada armadura, la cual presenta dos valores distintos según el tipo de barras corrugadas empleadas para dicho armado.

Las barras corrugadas B400S necesitan una cuantía mínima de 0,001. Mientras que para las barras B500S la cuantía mínima requerida tiene un valor de 0,0009. Así mismo, debido a que en el presente proyecto las barras que se emplearán para la armadura serán del tipo B400S, la cuantía mínima requerida para las armaduras paralelas de la zapata será la siguiente:

$$\rho = \frac{A_{s,a}}{b \cdot h} \geq 0,001 \quad (41)$$

$$\rho = \frac{A_{s,b}}{a \cdot h} \geq 0,001 \quad (42)$$

Finalmente, según las expresiones (98), (99), (102), (112) y (114) del apartado 6.6. Cimentación del **“Anexo C: Cálculos de la estructura”**, se certifica el cumplimiento de las resistencias y la cuantía mínima geométrica de la cimentación y sus respectivas armaduras.

9. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

La localización del proyecto se ha determinado en una ubicación específica de forma que se facilitasen los cálculos para el diseño de la estructura. Sin embargo, sería posible establecer este mismo proyecto con acimut de 0° e inclinación de 30° en zonas con las mismas características climáticas de España que presenten altitudes inferiores a 200 metros.

Así mismo la presente ubicación definida en el proyecto ha significado una restricción para la colocación de los equipos fotovoltaicos a causa de tratarse de una zona comercial concurrida que presenta espacios libres muy escasos. Pero esto no se vería afectado en caso de ejecutar el

proyecto en una zona con menor ocupación, la cual permitiría la instalación de sistemas fotovoltaicos a mayor escala y daría la oportunidad de establecer sistemas aislados con baterías conexas en armarios monobloc. Esta última alternativa se había considerado inicialmente para el diseño de la instalación, pero como se ha mencionado anteriormente la localización seleccionada ha supuesto el descarte de esta opción ya que requeriría de una mayor superficie.

En cuanto a la proporción de sombra a los vehículos por parte de la estructura de la marquesina se tiene un inconveniente generado por la inclinación de la misma. A causa de presentar una inclinación de 30° pueden existir, dependiendo de la hora y el mes del año, unas zonas en las que no se aporte sombra a los vehículos. Sin embargo, una posible solución a esto sería el montaje y colocación de una pequeña estructura de arquitectura textil junto a la marquesina.

10. CONCLUSIÓN

La construcción de la marquesina solar fotovoltaica para autoconsumo podrá abastecer la recarga de vehículos hasta un 80% con la posibilidad de aportar los excedentes a la red para el autoconsumo del centro comercial Carrefour de Alfafar y proporcionará la cubierta necesaria sobre las plazas de aparcamiento de los vehículos. Así mismo, llevará consigo beneficios respectivos al impulso de la circulación de los vehículos eléctricos en España, la disminución de las emisiones de CO₂ y el posible beneficio económico en caso de establecer un precio de recarga.

En conclusión, la inversión en un proyecto destinado al autoconsumo de vehículos y generación de energía eléctrica a partir de energías renovables como la solar fotovoltaica se trata de una apuesta hacia el futuro de transición energética en la lucha contra el cambio climático.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Impactos y riesgos derivados del cambio climático en España (2021). Obtenido el 29 de junio de 2021 de https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/impactosyriesgosccespanawebfinal_tcm30-518210.pdf

[2] Informe de Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (1990-2019). Obtenido el 29 de junio de 2021 de https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei/es-2021-nir_tcm30-523942.pdf

[3] 28/11/2018 - COM (2018) 773 - Un planeta limpio para todos: La visión estratégica europea a largo plazo de una economía próspera, moderna, competitiva y climáticamente neutra. Obtenido el 30 de junio de 2021 de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018DC0773&from=EN>

[4] Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) 2021-2030. Obtenido el 30 de junio de 2021 de https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/pnacc-2021-2030_tcm30-512163.pdf

[5] Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030. Obtenido el 30 de junio de 2021 de https://www.miteco.gob.es/images/es/pnieccompleto_tcm30-508410.pdf

[6] Real Decreto 266/2021, de 13 de abril, por el que se aprueba la concesión directa de ayudas a las comunidades autónomas y a las ciudades de Ceuta y Melilla para la ejecución de programas de incentivos ligados a la movilidad eléctrica (MOVES III) en el marco del Plan de Recuperación,

Transformación y Resiliencia Europeo. Obtenido el 30 de junio de 2021 de <https://www.boe.es/boe/dias/2021/04/14/pdfs/BOE-A-2021-5869.pdf>

[7] Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores. Obtenido el 30 de junio de 2021 de <https://www.boe.es/boe/dias/2018/10/06/pdfs/BOE-A-2018-13593.pdf>

[8] Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica. Obtenido el 30 de junio de 2021 de <https://www.boe.es/boe/dias/2019/04/06/pdfs/BOE-A-2019-5089.pdf>

[9] Sede Electrónica del Catastro. Obtenido el 1 de julio de 2021 de <https://www1.sedecatastro.gob.es/Cartografia/mapa.aspx?del=46&mun=22&refcat=5867801YJ2656N0004GS&final=&ZV=NO&anyoZV=>

[10] Iberdrola “Qué es la energía fotovoltaica”. Obtenido el 19 de julio de 2021 de <https://www.iberdrola.com/medio-ambiente/que-es-energia-fotovoltaica>

[11] Híbridos y Eléctricos “Estos han sido los coches eléctricos más vendidos en España durante 2020” Obtenido el 6 de julio de 2021 de <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/actualidad/coches-electricos-mas-vendidos-espana-2020/20210104114919041305.html>

[12] Híbridos y Eléctricos “Los coches eléctricos más vendidos en España en 2021” Obtenido el 6 de julio de 2021 de <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/sector/coches-electricos-mas-vendidos-espana-abril-2021/20210504145847044850.html>

[13] Manuel Gasch Salvador, Isabel Gasch Molina (2006). Cálculo estructural. Ed. Universidad Politécnica de Valencia.

[14] AENOR “Marcado CE de productos de construcción”. Obtenido el 19 de julio de <https://www.aenor.com/certificacion/marcado-ce/productos-de-construccion>



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

MARQUESINA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RECARGA
DE VEHÍCULOS EN ALFAFAR

1. OBJETO

El objeto del siguiente pliego de condiciones es la descripción de las especificaciones técnicas del conjunto de los elementos estructurales establecidos en los planos del presente proyecto. Así como la definición de las condiciones de ejecución del montaje del conjunto estructural y de la colocación de los equipos de la instalación fotovoltaica, junto con los controles de calidad que deberán cumplir los distintos componentes. Dichas condiciones excluirán la instalación eléctrica de los sistemas fotovoltaicos respectivas al cableado, la canalización, la puesta a tierra y las protecciones eléctricas que deberán ser objeto de especificación aparte.

Según el Código Técnico de la Edificación aprobado mediante el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, el proyecto definirá las características técnicas de la obra de modo que se compruebe el cumplimiento de las exigencias del CTE y del resto de normas aplicables. Así mismo, la documentación contractual del proyecto se definirá por el Reglamento general de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas, aprobado por el Real Decreto 1098/2001, de 12 de octubre.

Las condiciones de ejecución, control de calidad y pruebas de servicio de los elementos estructurales se basarán y serán adaptadas al presente proyecto según los términos establecidos en el software de CYPE.

2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS ELEMENTOS

En los siguientes apartados se describirán las características técnicas de los distintos elementos de la estructura presentes en los planos del proyecto.

2.1. Cimentaciones

El terreno sobre el que irá dispuesta la zapata presentará una tensión admisible estimada 0,2 MPa para suelos granulares densos, según se determina en el DB SE-C Cimientos, a falta de un estudio geotécnico previo.

La cimentación será superficial de zapata rígida aislada que presentará un nivelado para fondos de cimentación correspondiente con una capa de espesor de 10 cm de hormigón de limpieza HL-250/B/20. La zapata será cuadrada de hormigón HA-30/B/20/IIb fabricado en central con aditivo hidrófugo que presentará dimensiones de 1200 mm en sus lados y 500 mm en su canto.

Constará de 4 separadores homologados para cimentaciones y de armaduras pasivas paralelas a los dos lados de $6\emptyset 12/22\text{cm}$ con barras de acero UNE-EN 10080 B 400 S con cuantía de acero de 30 kg/m^3 . Las barras corrugadas de las armaduras presentarán una longitud de 1100 mm con anclaje de patilla de 90° con longitud de 60 mm y su recubrimiento será de 50 mm. Dichas armaduras estarán atadas mediante un alambre galvanizado para atar de 1,30 mm de diámetro. Finalmente, el mortero de nivelación que se dispondrá sobre la zapata será de cemento mejorado con resinas sintéticas de 5 cm de espesor.

La estructura tendrá un número total de 13 zapatas de cimentación correspondiendo cada una de ellas con los 13 pórticos que forman el conjunto estructural.

2.2. Pernos de anclaje

El número total de pernos de anclaje por placa de anclaje será de 4 unidades de barras de acero corrugado UNE-EN 10080 B 400 S de 16 mm de diámetro y 402 mm de longitud neta de anclaje, los cuales presentan un anclaje tipo patilla de ángulo de doblado de 90° con longitud de patilla de 80 mm.

Las tuercas que se emplearán para el atornillado de los pernos de anclaje serán tuercas hexagonales DIN 934 M16 según la norma ISO-4032 y las arandelas serán de ala ancha DIN 9021 M16 cumpliendo con la norma ISO-7093. Ambas de acero inoxidable A2 (AISI 304). El atornillado de cada perno dispondrá de una cantidad de 1 tuerca y 1 arandela a cada lado, resultando un total de 8 tuercas y 8 arandelas para los 4 pernos de anclaje.

2.3. Placas de anclaje

La estructura requerirá de un número total de 13 placas anclaje respectivas a cada uno de los pórticos del conjunto estructural. Las placas de anclaje o placas base serán de superficie cuadrada de acero laminado UNE-EN 10025 S275 JR con dimensiones de 400 mm en sus lados y 10 mm de espesor.

Estas placas presentarán 4 agujeros de 18 mm de diámetro para el paso de los pernos de anclaje. Dichos agujeros situarán a una distancia desde su centro a los bordes contiguos de la placa de 45 mm y con una distancia entre centros de agujeros contiguos de 310 mm.

2.4. Pilares

El número total de pilares que formarán la estructura metálica será de 13 pilares, es decir, un pilar central por pórtico. Los pilares serán de acero S275 JOH, según UNE-EN 10210, de perfil de catálogo tubular cuadrado laminado en caliente de 220 mm de lado y 10 mm de espesor. Así mismo, el perfil hueco de los pilares tendrá un acabado por galvanizado en caliente.

Los pilares tendrán una longitud de 5 m y presentarán 8 agujeros de 18 mm de diámetro en dos de sus secciones longitudinales opuestas. La última fila de agujeros, con respecto a la cota 0 del suelo, se encontrará a una distancia desde sus centros a los bordes contiguos del pilar de 91,9 mm y a una distancia entre sus centros a la fila de agujeros contigua de 75,4 mm.

2.5. Placas de unión

Las placas de unión de las vigas en voladizo con el pilar central serán de acero laminado UNE-EN 10025 S275 JR con acabado de galvanizado en caliente de dimensiones de 410 mm de largo, 220 mm de ancho y 10 mm de espesor. Estarán compuestas por 4 filas de 2 agujeros de 18 mm de diámetro cada uno, dispuestos entre ellos respecto de sus centros a una distancia de 75,4 mm. Así mismo, la primera y la última fila de agujeros se encontrarán a una distancia desde sus ejes al borde contiguo del largo de la chapa de 34,7 mm y desde sus ejes al borde contiguo del ancho de la misma de 91,9 mm.

En total se tendrá un número de 26 chapas de unión en la estructura debido a que se colocarán 2 unidades por pórtico, es decir, 1 unidad por cada una de las uniones entre las vigas en voladizo y el pilar de los pórticos.

2.6. Vigas

El perfil de las vigas en voladizo de 5 m de largo será IPE 400 de catálogo de acero laminado en caliente UNE-EN 10025 S275 JR con acabado de galvanizado en caliente. Las vigas estarán perforadas en una de sus alas con agujeros de 11 mm de diámetro a una distancia de 32,35 mm desde el centro de sus ejes al borde contiguo respectivo con el largo de la viga, siendo la separación entre agujeros de la viga desde sus centros de 1,6 m.

2.7. Barras rigidizadoras

Las barras rigidizadoras serán de acero S275 J0H, según UNE-EN 10219, de perfil tubular cuadrado conformado en frío acabado con imprimación antioxidante y presentarán unas dimensiones de catálogo de 120 mm respecto a sus lados y 8 mm de espesor. Así como una longitud de 1,96 m respecto a su eje.

2.8. Correas

Las correas metálicas del forjado serán de acero UNE-EN 10162 S235JRC con perfiles tipo Z conformado en frío y acabado con galvanizado en caliente de dimensiones de 160 mm de altura y alas de 60 y 53 mm con espesor de 4 mm. Presentarán una longitud de 4,8 m y estarán perforadas con agujeros de 11 mm de diámetro en sus alas laterales inferiores a una distancia de 57,65 mm desde sus centros al borde de la anchura de dicha ala.

2.9. Chapa de cubierta

La chapa de la cubierta será plana de acero galvanizado UNE-EN 1090 y espesor de 0,8 mm. El área total de la misma presentará un valor de 610,05 mm² que se formará por la superficie 10 chapas de 50,4 mm² y 2 chapas de 53,025 mm² fijadas a la estructura mediante uniones soldadas con las correas metálicas.

2.10. Tornillería

Los tornillos que se emplearán para la unión de las vigas con las correas serán de rosca fondo DIN 933 con calidad 8.8 M10 y 35 mm de largo de acero cincado, según la norma ISO-4017. Así mismo, las tuercas correspondientes a estos tornillos serán tuercas hexagonales DIN 934 M10 y las arandelas serán de ala ancha DIN 9021 M10, ambas de acero inoxidable A2 (AISI 304) cumpliendo las tuercas con la norma ISO-4032 y las arandelas ISO-7093.

El atornillado de la unión de las vigas con el pilar se efectuará con tornillos DIN 933 con calidad 8.8 M16 y 50 mm de largo de acero cincado, según la norma ISO-4017. Las tuercas respectivas a estos tornillos serán tuercas hexagonales DIN 934 M16 que cumplen con la norma ISO-4032 de acero inoxidable A2 (AISI 304) y sus arandelas correspondientes serán de ala ancha DIN 9021 M16 también de acero inoxidable A2 (AISI 304), según la norma ISO-7093.

Para cada una de las uniones de los pórticos se realizará el atornillado con 1 unidad de tornillo a cada cual le corresponderá 1 tuerca hexagonal y 2 arandelas. Teniendo así un total de 8 tornillos, 8 tuercas y 16 arandelas para las uniones de las correas con las vigas.

En el caso de las uniones de las vigas con el pilar se tendrá una unión para cada viga en voladizo, por lo que en cada unión se emplearán un total de 8 tornillos, 8 tuercas y 16 arandelas. Siendo

así un número total de estos elementos para cada pórtico de 16 tornillos, 16 tuercas y 32 arandelas.

2.11. Soldaduras

Todas las soldaduras de la estructura serán para uniones tipo solape en ángulo de 45° con espesor de garganta a de 5 mm. A excepción de la unión a tope en T inferior y superior de las barras rigidizadoras con el pilar central que serán de penetración parcial con ángulo de 135° y de 45°. Excluyéndose también los cordones de unión de las correas con la chapa de cubierta que serán soldaduras a tope establecidas en un solo lado con penetración total.

Las soldaduras que unirán el alma del perfil de las vigas con la chapa metálica de unión tendrán una longitud de 300 mm. Mientras que los cordones de soldadura interiores de las alas presentarán una longitud de 80,7 mm y la soldadura exterior de las alas será de 170 mm.

Así mismo, la longitud de los cordones de soldadura que unirán los lados del perfil tubular del pilar con la placa de anclaje será de 210 mm y la respectiva al cordón que solapará cada una de las correas metálicas a la chapa de cubierta tendrá un valor de 150 mm.

Finalmente, las soldaduras que se dispondrán alrededor de los lados del perfil tubular de la barra rigidizadora para su unión con las vigas y el pilar central contarán con un largo de 110 mm.

3. EJECUCIÓN

3.1. Fabricación en taller

Previamente a la ejecución del montaje de la estructura del presente proyecto la sección de cada una de las vigas que será soldada posteriormente a su respectiva chapa de unión, deberá ser cortada en taller mediante un plano de corte a 30° respecto del eje longitudinal del perfil de la viga con un equipo de oxicorte, según UNE-EN ISO 14114:2019. Equipos de soldeo por gas. Centrales de regulación para la distribución de acetileno para soldeo, corte y procesos afines. Requisitos generales.

Así mismo las chapas de unión, los pilares, las vigas y las correas deberán ser perforadas previamente a su llegada y montaje en obra mediante el taladrado de los agujeros correspondientes para cada uno de dichos elementos según las especificaciones técnicas del presente proyecto.

Además, también deberán ser elaborados los recubrimientos con galvanización en caliente de los distintos componentes estructurales según la norma UNE-EN ISO 14713-2:2020. Recubrimientos de cinc. Directrices y recomendaciones para la protección frente a la corrosión de las estructuras de hierro y acero. Parte 2: Galvanización en caliente.

3.2. Demoliciones

Debido a que la ubicación del proyecto se trata de un aparcamiento con suelo asfaltado será necesaria la demolición de una superficie que corresponderá con el área cuadrada de la zapata de 1,44 m² de aglomerado asfáltico. Espesor medio de la demolición será de 25 cm y se realizará con martillo neumático a través de mano de obra respectiva a un albañil de obra civil.

La normativa que se deberá seguir será la siguiente:

- PG-3. Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes de la Dirección General de Carreteras.

Así mismo para previa y posteriormente a su ejecución se cumplirá con los siguientes términos:

- **Criterio de medición en proyecto**

La superficie en demolición se medirá según la documentación gráfica de Proyecto.

- **Condiciones de terminación**

Una vez concluidos los trabajos, la base soporte quedará limpia de restos del material.

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

Se medirá la superficie realmente demolida según especificaciones de Proyecto.

Finalmente, el proceso de ejecución de esta parte del proyecto presentará las siguientes fases:

- 1) Replanteo de la superficie a demoler.
- 2) Demolición del elemento.
- 3) Fragmentación de los escombros en piezas manejables.
- 4) Retirada y acopio de escombros.
- 5) Limpieza de los restos de obra.
- 6) Carga mecánica de escombros sobre camión o contenedor.

3.3. Acondicionamiento del terreno

La localización del presente proyecto corresponde con una zona industrial de suelo asfaltado en la superficie de un aparcamiento previamente delineado. Por ello, no será necesaria la adecuación del terreno referida al desbroce y la limpieza del mismo; así como, su nivelación.

Se efectuará la excavación de pozos para cimentaciones respectiva a una profundidad de 0,510 m para suelos granulares de arena densa con medios mecánicos y carga a camión. Siguiendo las normativas del CTE Documento Básico-C Seguridad Estructural: Cimientos.

- **Criterio de medición en proyecto**

La medición en proyecto del volumen de la excavación cumplirá con el volumen medido sobre las secciones teóricas de la misma, según se indica en los planos del proyecto.

- **Condiciones previas a la ejecución**

Previamente a la ejecución de las unidades de obra se deberán cumplir las siguientes condiciones:

- Condiciones del soporte.

Será necesario comprobar la existencia de servidumbres, elementos enterrados, redes de servicio o cualquier tipo de instalaciones que puedan llegar a ser afectadas por las obras que se van a realizar. Además, se requerirá de la disposición de la información topográfica y geotécnica necesaria que será determinada mediante el respectivo estudio geotécnico del terreno elaborado por un laboratorio acreditado en el área técnica correspondiente. Dicho estudio deberá incluir los datos del tipo de terreno, humedad y compacidad o consistencia del mismo.

- Condiciones del contratista.

El contratista solicitará de las respectivas compañías suministradoras su situación y la solución a adoptar si existieran instalaciones en servicio que pudieran ser afectadas por los trabajos a realizar, notificando al director de la ejecución de la obra, con la antelación suficiente, el comienzo de las excavaciones.

En caso de realizarse cualquier tipo de entibación del terreno, el contratista presentará al director de la ejecución de la obra los cálculos justificativos de la solución a adoptar de forma que obtenga su aprobación.

- **Proceso de ejecución**

- 1) Replanteo general y fijación de los puntos y niveles de referencia.
- 2) Colocación de las camillas en las esquinas y extremos de las alineaciones.
- 3) Excavación en sucesivas franjas horizontales y extracción de tierras.
- 4) Refinado de fondos y laterales a mano, con extracción de las tierras.
- 5) Carga a camión de los materiales excavados.

- **Condiciones de terminación**

El fondo de la excavación quedará nivelado, limpio y ligeramente apisonado.

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

El volumen teórico ejecutado se medirá según las especificaciones de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros y sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados, ni el relleno necesario para reconstruir la sección teórica por defectos imputables al Contratista. Se medirá la excavación una vez realizada y antes de que sobre ella se efectúe ningún tipo de relleno. Si el Contratista cerrase la excavación antes de conformada la medición, se entenderá que se aviene a lo que unilateralmente determine el director de la ejecución de la obra.

- **Conservación y mantenimiento**

Las excavaciones quedarán protegidas frente a filtraciones y acciones de erosión o desmoronamiento por parte de las aguas de escorrentía. Se tomarán las medidas oportunas para asegurar que sus características geométricas permanecen inamovibles. En caso de realizarse cualquier tipo de entibación, mientras se efectúe la consolidación definitiva de las paredes y fondo de las excavaciones se conservarán las entibaciones empleadas, que sólo podrán quitarse totalmente tras la comprobación previa del director de la ejecución de la obra y, en la forma y plazos que éste dictamine.

3.4. Cimentaciones

La zapata aislada rígida de cimentación de hormigón armado HA-30/B/20/IIb fabricado en central con aditivo hidrófugo, hormigón previo de limpieza HL-250/B/20 y armaduras con barras de acero corrugado UNE-EN 10080 B 400S de cuantía aproximada de 30 kg/m³, estará constituida a su vez por los pernos de anclaje que irán atornillados a la placa base.

Todo este conjunto cumplirá con las siguientes normativas:

- **Zapata de hormigón armado y hormigón de limpieza.**

- Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).
- CTE Documento Básico SE-C Seguridad Estructural: Cimientos.
- CTE DB-HS Salubridad.

- UNE-EN 10080:2006. Acero para el armado del hormigón. Acero soldable para armaduras de hormigón armado. Generalidades.
- **Pernos y placa de anclaje**
- CTE DB SE-A Seguridad estructural.
- UNE-EN 1090-2. Ejecución de estructuras de acero y aluminio. Parte 2: Requisitos técnicos para la ejecución.
- Instrucción de Acero Estructural (EAE).
- UNE-EN 10080:2006. Acero para el armado del hormigón. Acero soldable para armaduras de hormigón armado. Generalidades.

En relación con la zapata de hormigón armado, para garantizar la compatibilidad entre sus distintos elementos y sistemas constructivos que forman la unidad de obra se seleccionará el cemento adecuado para la fabricación del hormigón, así como su dosificación y permeabilidad y el espesor de recubrimiento de las armaduras. Todo ello dependiendo de la agresividad del terreno o la presencia de agua con sustancias agresivas.

Así mismo, respectivamente al sistema de anclaje formado por los pernos y la placa base, para asegurar la compatibilidad de los mismos no se pondrá en contacto directo el acero con otros metales ni con yesos.

Los criterios de medición en Proyecto para los elementos de este conjunto serán:

- Para la zapata, la medición del volumen deberá corresponder con el volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, siguiendo la documentación gráfica respectiva a los planos de Proyecto.
- Para el hormigón de limpieza, la medición de la superficie en proyecto deberá ser la superficie medida sobre la superficie teórica de la excavación, según la documentación gráfica de Proyecto.
- Para los pernos y la placa base, la medición de las unidades de estos elementos deberán coincidir con el número de unidades previstas cumpliendo con la documentación gráfica respectiva a los planos de Proyecto.

Además, se deberán cumplir las condiciones previas y posteriores a la ejecución de las unidades de obra respectivas a los distintos componentes. Estas condiciones serán:

HORMIGÓN DE LIMPIEZA

- **Condiciones previas a la ejecución**
- Condiciones del soporte

Se comprobará, visualmente o mediante pruebas que se crean oportunas, que el terreno de apoyo corresponde con las previsiones del Proyecto. El resultado de esta inspección en la cual estará definida la profundidad de la cimentación de cada uno de los apoyos de la obra, su forma y dimensiones; así mismo, el tipo y la consistencia del terreno, se incorporará a la documentación final de la obra.

Se deberá comprobar que el nivel de apoyo de la cimentación se ajusta al previsto y que la estratigrafía coincide con la estimada en el estudio geotécnico. Así mismo, se verificará que el terreno presente una resistencia y humedad similares a las supuestas en el estudio geotécnico y que no se detecten defectos en el mismo.

Tras estas comprobaciones se confirmará la existencia de los elementos enterrados para la instalación de puesta a tierra eléctrica de la instalación fotovoltaica, que el terreno presenta un plano de apoyo horizontal y una superficie limpia.

- Condiciones ambientales

Los trabajos de hormigonado tendrán que ser suspendidos cuando llueva con intensidad, nieve, exista viento excesivo, una temperatura ambiente superior a 40°C o se prevea que tras las 48 horas siguientes pueda descender la temperatura ambiente por debajo de los 0°C.

- Condiciones del contratista

En previsión de poder producirse cambios bruscos de las condiciones ambientales durante el hormigonado o posterior periodo de fraguado, no podrá comenzarse el hormigonado sin la autorización por escrito del director de la ejecución de la obra.

- **Condiciones de terminación**

La superficie del hormigón de limpieza deberá ser horizontal y plana.

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

La superficie teórica ejecutada se deberá medir según las especificaciones de Proyecto, excluyendo los incrementos por excesos de excavación no autorizados.

ZAPATA SUPERFICIAL AISLADA RÍGIDA DE HORMIGÓN ARMADO

- **Condiciones previas**

- Condiciones del soporte

Se deberá verificar la existencia de la capa de hormigón de limpieza, la cual tendrá que presentar un plano de apoyo horizontal y una superficie limpia.

- Condiciones ambientales

Al igual que en la colocación del hormigón de limpieza, los trabajos de hormigonado tendrán que ser suspendidos cuando llueva con intensidad, nieve, exista viento excesivo, una temperatura ambiente superior a 40°C o se prevea que tras las 48 horas siguientes pueda descender la temperatura ambiente por debajo de los 0°C.

- Condiciones del contratista

La condición del contratista corresponderá con la respectiva a la colocación del hormigón de limpieza, es decir, en previsión de poder producirse cambios bruscos de las condiciones ambientales durante el hormigonado o posterior periodo de fraguado, no podrá comenzarse el hormigonado sin la autorización por escrito del director de la ejecución de la obra.

- **Condiciones de terminación**

El conjunto de la zapata será rígido y transmitirá correctamente las cargas al terreno. Así mismo, la superficie quedará sin imperfecciones.

- **Conservación y mantenimiento**

Se protegerán y señalizarán las armaduras de espera.

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

El volumen teórico ejecutado se determinará según las especificaciones de Proyecto, excluyendo los incrementos por excesos de excavación no autorizados.

PLACA DE ANCLAJE CON PERNOS ATORNILLADOS

- **Condiciones previas**

- Condiciones del contratista

Presentará al director de la ejecución de la obra, de forma que obtenga su aprobación, el programa de montaje de los correspondientes elementos estructurales basado en las indicaciones del Proyecto.

- **Condiciones de terminación**

La placa se posicionará correctamente y el acabado superficial deberá ser el adecuado para realizar posteriormente el tratamiento de protección.

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

La medición de las unidades realmente empleadas cumplirá con las especificaciones de Proyecto.

Finalmente, cumpliendo con todas las condiciones técnicas para cada uno de los elementos mencionadas anteriormente, el proceso de ejecución de la cimentación junto a la colocación de las placas y los pernos de anclaje es el siguiente:

- 1) Replanteo del hormigón de limpieza.
- 2) Colocación de toques y/o formación de maestras.
- 3) Vertido y compactación del hormigón.
- 4) Coronación y enrase del hormigón.
- 5) Replanteo y trazado de las zapatas. Así mismo de los ejes de los pernos que posteriormente serán atornilladas a la placa base.
- 6) Colocación de separadores y fijación de las armaduras.
- 7) Colocación y fijación de los pernos de anclaje.
- 8) Vertido y compactación del hormigón.
- 9) Coronación y enrase de cimientos.
- 10) Curado del hormigón.
- 11) Limpieza y preparación de la superficie de apoyo del mortero de nivelación junto a la placa.
- 12) Colocación y fijación provisional de la placa a los pernos con tuercas y arandelas de M12.
- 13) Aplomado y nivelación.
- 14) Fijación definitiva de la placa atornillada a los pernos.
- 15) Relleno con mortero de nivelación.
- 16) Aplicación de la protección anticorrosiva.

3.5. Estructura

Para garantizar la compatibilidad entre los diferentes elementos, las zonas de soldadura existentes en toda la estructura no se pintarán. Así mismo, no se pondrá en contacto directo el acero con otros metales ni con yesos. Tampoco se empleará el acero galvanizado en las cubiertas que puedan tener contacto directo con productos ácidos, alcalinos o con metales que puedan formar pares galvánicos. Además, se evitará el contacto directo del acero no protegido con pasta

fresca de yeso, cemento o cal, madera de roble o castaño y aguas procedentes de contacto con elementos de cobre, a fin de prevenir la corrosión.

Las normativas que deberán seguir todos los elementos estructurales serán las siguientes:

- CTE DB SE-A Seguridad estructural: Acero.
- UNE-EN 1090-2. Ejecución de estructuras de acero y aluminio. Parte 2: Requisitos técnicos para la ejecución de estructuras de acero.
- Instrucción de Acero Estructural (EAE).
- UNE-EN 10219-1:2007. Perfiles huecos para construcción soldados, conformados en frío de acero no aleado y de grano fino. Parte 1: Condiciones técnicas de suministro.
- UNE-EN 10210-1:2007. Perfiles huecos para construcción, acabados en caliente, de acero no aleado y de grano fino. Parte 1: Condiciones técnicas de suministro.
- UNE-EN 10025-1:2006. Productos laminados en caliente de aceros para estructuras. Parte 1: Condiciones técnicas generales de suministro.
- UNE-EN 10162:2005. Perfiles de acero conformados en frío. Condiciones técnicas de suministro. Tolerancias dimensionales y de la sección transversal.
- UNE-EN ISO 4017:2015. Tornillos de cabeza hexagonal. Productos de clases A y B.
- UNE-EN ISO 4032:2013. Tuercas hexagonales normales, tipo 1. Productos de clases A y B.
- UNE-EN ISO 7093-1:2000. Arandelas planas. Serie ancha. Parte 1: Producto de clase A.
- UNE-EN ISO 6947:2011. Soldaduras. Posiciones de trabajo. Definición de los ángulos de pendiente y de rotación.

Así mismo, la medición del peso nominal de los componentes y de la superficie de la chapa de cubierta deberá cumplir con la documentación gráfica de Proyecto.

Previa y posteriormente a la ejecución del montaje de cada uno de los elementos de la estructura, se deberán verificar las siguientes condiciones:

- **Condiciones previas**

- Condiciones del soporte para la chapa de cubierta

El soporte de las correas permitirá la unión soldada de la chapa con el mismo y su dimensionamiento garantizará la estabilidad, con flecha mínima, del conjunto.

- Condiciones ambientales

Los trabajos de soldadura no se efectuarán cuando la temperatura sea inferior a 0°C. Así mismo, los trabajos de colocación de la chapa se suspenderán cuando llueva, nieve o la velocidad del viento sea superior a 50 km/h.

- Condiciones del contratista

Deberá presentar el programa de montaje de la estructura al director de la ejecución de la obra de forma que consiga su aprobación, el cual estará basado en las indicaciones del Proyecto. Además, de aportar la documentación que acredite que los soldadores que intervengan en su ejecución estén certificados por un organismo acreditado.

- **Condición de terminación**

Se deberán transmitir correctamente las cargas a la estructura y el acabado superficial de la misma deberá ser el adecuado para el posterior tratamiento de protección. Las condiciones de

estanqueidad y el mantenimiento de la integridad de la cobertura de la chapa de cubierta serán necesarias frente a la acción del viento y la libre dilatación de todos los elementos metálicos.

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

El peso de las unidades realmente establecidas se obtendrá mediante el valor del peso obtenido en una báscula oficial de las unidades llegadas a obra siguiendo las especificaciones de Proyecto. Así mismo, la superficie de la chapa de cubierta ejecutada se medirá en verdadera magnitud según las especificaciones de Proyecto.

Tras verificar que se cumplen para el montaje de la estructura todos los términos anteriores, se podrá realizar el proceso de ejecución en el siguiente orden:

- 1) Limpieza y preparación del plano de apoyo del pilar respectivo a la placa base.
- 2) Replanteo y marcado de los ejes del pilar.
- 3) Colocación y fijación provisional del pilar.
- 4) Aplomado y nivelación.
- 5) Ejecución de las uniones soldadas del pilar a la placa base en posición PB.
- 6) Limpieza y preparación de la placa de unión.
- 7) Replanteo y marcado de los ejes respectivos al perfil de la viga.
- 8) Colocación y fijación provisional de la viga con la placa de unión.
- 9) Aplomado y nivelación.
- 10) Ejecución de las uniones soldadas de la viga a la placa de unión posición PG.
- 11) Limpieza y preparación de los planos de apoyo respectivos al pilar en los que irán atornilladas las chapas de unión, soldadas cada una de ellas a sus respectivas vigas.
- 12) Replanteo y marcado de los lados de las chapas y de sus ejes sobre el plano de apoyo.
- 13) Colocación y fijación provisional del conjunto de las placas soldadas a las vigas.
- 14) Nivelación y aplomado.
- 15) Ejecución de las uniones atornilladas con tornillos de M16 y sus respectivas tuercas y arandelas.
- 16) Limpieza y preparación de los planos de apoyo de las barras respectivos al pilar y a las vigas.
- 17) Replanteo y marcado de los ejes correspondientes al perfil de las barras.
- 18) Colocación y fijación provisional de las barras.
- 19) Aplomado y nivelación.
- 20) Ejecución de las uniones soldadas de las barras con sus respectivas vigas y el pilar central en posición PA.
- 21) Replanteo de las correas sobre las vigas.
- 22) Colocación de las correas sobre las vigas.
- 23) Aplomado y nivelación definitivos.
- 24) Ejecución de las uniones atornilladas de las correas con las vigas con tornillos de M10 y sus respectivas tuercas y arandelas.
- 25) Replanteo de las chapas por faldón.
- 26) Preparación y colocación de las chapas.
- 27) Ejecución de perímetro.
- 28) Fijación por soldadura de las chapas a las correas en posición PC.

- **Conservación y mantenimiento**

Se evitará la actuación sobre los elementos de acciones mecánicas no previstas en los cálculos.

3.6. Instalación fotovoltaica

De forma que se garantice la compatibilidad entre los distintos componentes se evitará colocar en serie módulos con diferentes rendimientos.

Así mismo para asegurar la correcta instalación de los sistemas fotovoltaicos, se cumplirán las siguientes normativas:

- CTE DB-HS Salubridad.
- REBT. Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

El número de unidades que se instalarán serán las previstas según la documentación gráfica de Proyecto.

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

El número de unidades realmente establecidas se medirá según las especificaciones de Proyecto.

- **Condiciones previas**

Las condiciones previas que se deberán cumplir para la instalación de los diferentes equipos de las instalaciones fotovoltaicas serán las siguientes:

- Condiciones del soporte

Se comprobará que la situación y la ubicación de los componentes corresponde con la de Proyecto, que existe espacio suficiente para su instalación y que la superficie de colocación de los mismos está completamente terminada.

- Condiciones del contratista

Las instalaciones eléctricas de baja tensión se ejecutarán por instaladores autorizados para el ejercicio de la actividad en baja tensión.

- **Condiciones de terminación**

Posteriormente a la ejecución de la instalación de los equipos fotovoltaicos, se deberá verificar el siguiente término:

- La fijación de los elementos será la adecuada para garantizar su estabilidad y la instalación de los componentes deberá poder revisarse con facilidad.

- **Conservación y mantenimiento**

Así mismo, respecto a la conservación y mantenimiento de los componentes se deberán proteger frente a la humedad y al contacto con materiales agresivos.

Como se ha determinado, todos estos términos se verificarán previa y posteriormente a la ejecución de la instalación de los equipos fotovoltaicos elaborada de la siguiente manera:

- 1) Colocación y fijación de los módulos fotovoltaicos sobre la chapa a una distancia de 0,658 m del borde contiguo respectivo al ancho de la cubierta y de 0,804 m del borde contiguo respectivo al largo de la misma.
- 2) Conexión y comprobación de su correcto funcionamiento.
- 3) Montaje de los inversores fotovoltaicos.
- 4) Fijación y colocación de los inversores en los distintos pilares.
- 5) Conexión y comprobación de su correcto funcionamiento.
- 6) Replanteo de los puntos de recarga.
- 7) Colocación de las estaciones de recarga de vehículos eléctricos en los pilares de la estructura.

- 8) Conexión de los puntos de recarga.

4. CONTROL DE CALIDAD Y ENSAYOS

4.1. Garantía de calidad (Marcado CE)

Los productos de construcción, conforme al Reglamento (UE) 305/2011, deberán presentar el marcado CE colocado por el fabricante o distribuidor de manera que se garantice la precisión de las prestaciones declaradas. Cumpliendo de esta manera cada elemento con alguno de los requisitos básicos para los productos de construcción descritos a continuación:

- Resistencia mecánica y estabilidad.
- Seguridad en caso de incendio.
- Higiene, salud y medio ambiente.
- Seguridad y accesibilidad de utilización.
- Protección contra el ruido.
- Ahorro energético y aislamiento térmico.
- Utilización sostenible de los recursos naturales.

Así mismo, siguiendo las especificaciones técnicas de los componentes los requisitos establecidos en las normas europeas normalizadas que también determinan el sistema de evaluación y la verificación de la constancia de las prestaciones de los distintos productos [14].

4.2. Ensayos

Todos los ensayos a realizar deberán cumplir con la documentación del Plan de control de calidad de proyecto a parte, respectivo para la puesta en obra del presente proyecto de diseño. Así mismo, cada uno de ellos tendrá incluido en su proceso de ejecución el desplazamiento a obra, la toma de muestras, la realización de los ensayos y la redacción del informe de los resultados de los mismos.

4.2.1. Cimentaciones

ENSAYOS DE MORTERO FRESCO

Se realizará un ensayo de una muestra de mortero fresco que deberá presentar un peso inferior a 50 kg, tomada en obra, en laboratorio acreditado en el área técnica correspondiente según la norma UNE-EN 1015-2:1999, de forma que se determinen las características de consistencia y densidad aparente siguiendo las normativas UNE-EN 1015-3:2000 y UNE-EN 1015-6:1999 respectivamente.

ENSAYOS DE CEMENTO

Así mismo, se tomará una muestra en obra de cemento para la realización de los diferentes ensayos de manera que se obtengan las características correspondientes al tiempo de fraguado, la estabilidad de volumen, la resistencia a flexotracción y compresión, la pérdida por calcinación y el contenido de residuo insoluble, de cloruros y de sulfatos en la muestra.

Las normativas que deberán cumplir dichos ensayos serán las siguientes:

- *Ensayo para determinar el tiempo de fraguado.* UNE-EN 196-3:2017. Métodos de ensayo de cementos. Parte 3: Determinación del tiempo de fraguado y de la estabilidad de volumen.

- *Ensayo para determinar la estabilidad de volumen por el método de Le Chatelier.* UNE-EN 196-3:2017. Métodos de ensayo de cementos. Parte 3: Determinación del tiempo de fraguado y de la estabilidad de volumen.
- *Ensayo para determinar la resistencia a flexotracción y a compresión.* UNE-EN 196-1:2018. Métodos de ensayo de cementos. Parte 1: Determinación de resistencias.
- *Ensayo para determinar la pérdida por calcinación.* UNE-EN 196-2:2014. Métodos de ensayo de cementos. Parte 2: Análisis químico de cementos.
- *Ensayo para determinar el residuo insoluble.* UNE-EN 196-2:2014. Métodos de ensayo de cementos. Parte 2: Análisis químico de cementos.
- *Ensayo para determinar el contenido de cloruros.* UNE-EN 196-2:2014. Métodos de ensayo de cementos. Parte 2: Análisis químico de cementos.
- *Ensayo para determinar el contenido de sulfatos.* UNE-EN 196-2:2014. Métodos de ensayo de cementos. Parte 2: Análisis químico de cementos.

ENSAYOS DE BARRAS CORRUGADAS DE ACERO

Se realizarán diversos ensayos sobre una muestra de un conjunto de barras corrugadas de acero de un mismo lote de forma que se compruebe su sección media equivalente, sus características geométricas y la presencia o ausencia de grietas frente al doblado y desdoblado de la barra.

Dichos ensayos se ejecutarán según las normas:

- UNE-EN ISO 15630-1:2019. Métodos de ensayo. Parte 1: Barras, alambres y alambros para hormigón armado.
- UNE-EN 10080:2006. Acero para el armado del hormigón. Acero soldable para armaduras de hormigón armado. Generalidades.
- Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).

ENSAYOS DE HORMIGÓN

Se elaborarán ensayos sobre una muestra de hormigón para la comprobación de su consistencia y resistencia característica a compresión del hormigón endurecido.

- *Ensayo para determinar la consistencia del hormigón fresco mediante el método de asentamiento del cono de Abrams.* UNE-EN 12350-2:2020. Ensayos de hormigón fresco. Parte 2: Ensayo de asentamiento.
- *Ensayo para determinar la resistencia a compresión del hormigón mediante control estadístico con fabricación y curado de seis probetas cilíndricas de 15x30 cm del mismo lote.* UNE-EN 12390-2:2020. Ensayos de hormigón endurecido. Parte 2: Fabricación y curado de probetas para ensayos de resistencia.
- *Ensayo para determinar la resistencia del hormigón con refrentado y rotura a compresión.* UNE-EN 12390-3:2020. Ensayos de hormigón endurecido. Parte 3: Determinación de la resistencia a compresión de probetas.
- Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).

4.2.2. Estructura

ENSAYOS DE APTITUD AL SOLDEO DE LOS PERFILES LAMINADOS

Se efectuarán ensayos para la comprobación de la aptitud al soldeo de una muestra soldada de perfil laminado con el fin de determinar si se produce una disminución de la carga total máxima de rotura y comprobar el doblado simple de la probeta en la zona de afección del calor (HAZ).

ENSAYOS DESTRUCTIVOS DE LOS PERFILES LAMINADOS

A partir de una muestra de perfil laminado se realizarán ensayos destructivos que definan las características del límite elástico aparente, la resistencia a tracción, el módulo de elasticidad, el alargamiento y estricción; así como, la geometría de la sección y la desviación de la masa en los perfiles.

- *Ensayo a tracción para determinar el límite elástico aparente, la resistencia a tracción, el módulo de elasticidad, el alargamiento y la estricción de una muestra de perfil laminado.* UNE-EN ISO 6892-1:2020. Materiales metálicos. Ensayo de tracción. Parte 1: Método de ensayo a temperatura ambiente.
- *Ensayo de comprobación de la geometría de la sección y desviación de la masa de una muestra de perfil laminado.*

ENSAYO DEL RECUBRIMIENTO DE LOS PERFILES LAMINADOS

Sobre una muestra de perfil laminado se efectuará el siguiente ensayo según la respectiva normativa:

- *Ensayo para determinar el espesor del recubrimiento de una muestra de perfil laminado en estructura metálica.* UNE-EN ISO 2808:2020. Pinturas y barnices. Determinación del espesor de película.

ENSAYO NO DESTRUCTIVO DE SOLDADURAS

Se emplearán líquidos penetrantes para la comprobación del estado de las uniones soldadas de forma que no se detecten defectos en su superficie.

- *Ensayo no destructivo sobre una unión soldada, mediante líquidos penetrantes.* UNE-EN ISO 3452-1:2013. Ensayos no destructivos. Ensayo por líquidos penetrantes. Parte 1: Principios generales.

INSPECCIÓN VISUAL SOBRE UNIONES SOLDADAS

Según la norma UNE-EN ISO 17637:2017 se elaborará un ensayo no destructivo de las uniones soldadas por fusión mediante el examen visual de las mismas.

5. PRUEBAS DE SERVICIO

PRUEBA DE SERVICIO DE CUBIERTA

Se realizará una prueba de servicio mediante riego para la comprobación de la estanqueidad de la cubierta inclinada con cobertura de zinc, según la normativa DRC 05/09. Pruebas de servicio de la estanqueidad de cubiertas. Incluyéndose en su ejecución el desplazamiento a obra, la realización de la prueba y el informe del resultado de la prueba realizada. Todo ello según el Plan de control de calidad establecido en el proyecto de especificación a parte para la puesta en obra del presente proyecto de diseño.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



PRESUPUESTO

MARQUESINA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RECARGA
DE VEHÍCULOS EN ALFAFAR

PRESUPUESTO PARCIAL

CAPÍTULO Nº 1 DEMOLICIONES

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
DMF020	Demolición de sección de firme de aglomerado asfáltico de 25 cm de espesor medio, con martillo neumático, y carga mecánica sobre camión o contenedor. Incluye: Replanteo de la superficie a demoler. Demolición del elemento. Fragmentación de los escombros en piezas manejables. Retirada y acopio de escombros. Limpieza de los restos de obra. Carga mecánica de escombros sobre camión o contenedor. Medición en obra y condiciones de abono: Se medirá la superficie realmente demolida según especificaciones de Proyecto.	m ²	18,72	8,59 €	160,80 €
				TOTAL	160,80€

CAPÍTULO Nº 2 ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
ADE010	Excavación de pozos para cimentaciones en suelo de arena densa, con medios mecánicos, retirada de los materiales excavados y carga a camión. El precio no incluye el transporte de los materiales excavados. Incluye: Replanteo general y fijación de los puntos y niveles de referencia. Colocación de las camillas en esquinas y extremos de las alineaciones. Excavación en sucesivas franjas horizontales y extracción de tierras. Refinado de fondos y laterales a mano. Carga a camión de los materiales excavados. Medición en obra y condiciones de abono: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros y sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados, ni el relleno necesario para reconstruir la sección teórica por defectos imputables al Contratista.	m ³	9,5472	11,84 €	113,04 €
ADT010	Transporte de tierras con camión de 8 t de los productos procedentes de la excavación de cualquier tipo de terreno dentro de la obra, a una distancia menor de 0,5 km. El precio incluye el tiempo de espera en obra durante las operaciones de carga, el viaje de ida, la descarga y el viaje de vuelta, pero no incluye la carga en obra. Criterio de valoración económica: El precio incluye el tiempo de espera en obra durante las operaciones de carga, el viaje de ida, la descarga y el viaje de vuelta, pero no incluye la carga en obra. Medición en obra y condiciones de abono: Se medirá, incluyendo el esponjamiento, el volumen de tierras realmente transportado según especificaciones de Proyecto.	m ³	9,5472	1,16 €	11,08 €
				TOTAL	124,12€

CAPÍTULO Nº 3 CIMENTACIONES

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CRL010	Capa de hormigón de limpieza y nivelado de fondos de cimentación, de 10 cm de espesor, de hormigón HL-250/B/20, fabricado en central y vertido desde camión, en el fondo de la excavación previamente realizada. Incluye: Replanteo. Colocación de toques y/o formación de maestras. Vertido y compactación del hormigón. Coronación y enrase del hormigón. Medición en obra y condiciones de abono: Se medirá la superficie teórica ejecutada según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados.	m ²	18,72	8,47 €	158,56 €
CSZ010	Zapata de cimentación de hormigón armado, realizada con hormigón HA-30/B/20/IIb fabricado en central, y vertido desde camión, y acero UNE-EN 10080 B 400 S, con una cuantía aproximada de 30 kg/m ³ . Incluso alambre de atar y separadores. El precio incluye la elaboración de la ferralla (corte, doblado y conformado de elementos) en taller industrial y el montaje en el lugar definitivo de su colocación en obra, pero no incluye el encofrado. Incluye: Replanteo y trazado de las zapatas y de las placas base que se apoyen en las mismas. Colocación de separadores y fijación de las armaduras. Vertido y compactación del hormigón. Coronación y enrase de cimientos. Curado del hormigón. Medición en obra y condiciones de abono: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados.	m ³	9,36	150,85 €	1.411,96€
				TOTAL	1.570,51€

CAPÍTULO Nº 4 ESTRUCTURA

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
EAS006	Placa de anclaje de acero UNE-EN 10025 S275JR en perfil plano, con taladro central, de 400x400 mm y espesor 10 mm, y montaje sobre 4 pernos de acero corrugado UNE-EN 10080 B 400 S de 16 mm de diámetro y 48 cm de longitud total, embutidos en el hormigón fresco, y atornillados con arandelas, tuerca y contratuerca una vez endurecido el hormigón del cimiento. Incluso mortero autonivelante expansivo para relleno del espacio resultante entre el hormigón endurecido y la placa y protección anticorrosiva aplicada a las tuercas y extremos de los pernos. El precio incluye los cortes, los despuntes, las pletinas, las piezas especiales y los elementos auxiliares de montaje. Incluye: Limpieza y preparación de la superficie de apoyo. Replanteo y marcado de los ejes. Colocación y fijación provisional de la placa. Aplomado y nivelación. Relleno con mortero. Aplicación de la protección anticorrosiva.	Ud.	13	68,53 €	890,89 €

EAS010	<p>Acero UNE-EN 10210-1 S275J0H, en pilares formados por piezas simples de perfiles huecos acabados en caliente de las series redondo, cuadrado o rectangular, acabado galvanizado en caliente, colocado con uniones soldadas en obra, a una altura de hasta 3 m. El precio incluye las soldaduras, los cortes, los despuntes, las piezas especiales, las placas de arranque y de transición de pilar inferior a superior, los casquillos y los elementos auxiliares de montaje. Incluye: Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo y marcado de los ejes. Colocación y fijación provisional del pilar. Aplomado y nivelación. Ejecución de las uniones soldadas.</p>	kg	4231,5	3,52 €	14.894,88 €
EAV010	<p>Acero UNE-EN 10025 S275JR, en vigas formadas por piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, HEB, HEA, HEM o UPN, acabado galvanizado en caliente, con uniones soldadas en obra, a una altura de más de 3 m. El precio incluye las soldaduras, los cortes, los despuntes, las piezas especiales, los casquillos y los elementos auxiliares de montaje. Incluye: Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo y marcado de los ejes. Colocación y fijación provisional de la viga. Aplomado y nivelación. Ejecución de las uniones soldadas.</p>	kg	8619	3,13 €	26.977,47 €
EAZ010	<p>Acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, placa de unión, en pieza simple de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, HEB, HEA, HEM y UPN, acabado galvanizado en caliente, conformando elementos de anclaje, trabajado en taller y fijado mecánicamente con tornillos de acero normalizados según UNE-EN ISO 4017, para refuerzo estructural colocado a una altura de más de 3 m. El precio incluye los cortes, los despuntes y los elementos auxiliares de montaje. Incluye: Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo y marcado de los ejes. Colocación y fijación provisional del elemento. Nivelación y aplomado. Ejecución de los taladros. Ejecución de las uniones atornilladas.</p>	kg	161,65	3,22 €	520,50 €
EAT030	<p>Acero UNE-EN 10162 S235JRC, en correas metálicas formadas por piezas simples de perfiles conformados en frío de las series omega, L, U, C o Z, acabado galvanizado, fijadas a las cerchas con uniones atornilladas en obra. El precio incluye los despuntes, las piezas especiales y los elementos auxiliares de montaje, pero no incluye la chapa o panel que actuará como cubierta. Incluye: Replanteo de las correas sobre las cerchas. Presentación de las correas sobre las cerchas. Aplomado y nivelación definitivos. Ejecución de las uniones atornilladas.</p>	kg	4008,96	2,87 €	11.505,72 €

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
EAS010	Acero UNE-EN 10219-1 S275J0H, en barras formadas por piezas simples de perfiles huecos conformados en frío de las series redondo, cuadrado o rectangular, acabado con imprimación antioxidante, colocado con uniones soldadas en obra, a una altura de más de 3 m. El precio incluye las soldaduras, los cortes, los despuntes, las piezas especiales y los elementos auxiliares de montaje. Incluye: Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo y marcado de los ejes. Colocación y fijación provisional del pilar. Aplomado y nivelación. Ejecución de las uniones soldadas.	kg	1345,064	2,31 €	3.107,10 €
QTA010	Cubierta inclinada de chapa perfilada de acero galvanizado, de 0,8 mm de espesor, con una pendiente mayor del 10%. Incluye: Replanteo de las chapas por faldón. Corte, preparación y colocación de las chapas. Ejecución de juntas y perímetro. Fijación de las chapas.	m ²	610,05	3,13 €	8.803,02 €
	Tornillo DIN-933 8.8 M16x50 cincado (Caja de 50 uds.)	Ud.	5	42,55 €	212,75 €
	Tuerca hexagonal DIN-934 M16 inoxidable (Caja de 100 uds.)	Ud.	4	57,87 €	231,48 €
	Arandela ala ancha DIN-9021 M16 inoxidable (Caja de 100 uds.)	Ud.	6	45,16 €	270,96 €
	Tornillo DIN-933 8.8 M10x35 cincado (Caja de 100 uds.)	Ud.	2	28,70 €	57,40 €
	Tuerca hexagonal DIN-934 M10 inoxidable (Caja de 250 uds.)	Ud.	1	49,32 €	49,32 €
	Arandela ala ancha DIN-9021 M10 inoxidable (Caja de 200 uds.)	Ud.	2	29,04 €	58,08 €
TOTAL					67.579,57€

CAPÍTULO Nº 5 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
IEF001	Panel Solar ERA ESPMC160. El precio incluye la mano de obra respectiva al instalador de paneles solares. Incluye: Colocación y fijación. Conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento.	Ud.	504	105,43€	53.136,72 €
IEF020	Inversor Red FRONIUS Symo 20.0-3-M. El precio incluye la mano de obra respectiva al oficial y ayudante electricista. Incluye: Montaje, fijación y nivelación. Conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento.	Ud.	12	2.776,5€	33.318,00 €
TOTAL					86.454,72€

CAPÍTULO Nº 6 RECARGA DE VEHÍCULOS

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
IEB010	Wallbox POLICHARGER IN-SC3F. El precio incluye la mano de obra respectiva al oficial y ayudante electricista. Incluye: Replanteo. Colocación de la estación de recarga de vehículos eléctricos. Conexionado.	Ud.	12	667,20€	8.006,40 €
				TOTAL	8.006,40€

CAPÍTULO Nº 7 CONTROL DE CALIDAD Y ENSAYOS

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
XAM010	Ensayo sobre una muestra de mortero fresco, con determinación de: consistencia y densidad aparente. Incluye: Desplazamiento a obra. Toma de muestras. Realización de ensayos. Redacción de informe de los resultados de los ensayos realizados.	Ud.	1	261,98€	261,98 €
XAT010	Ensayo sobre una muestra de cemento, con determinación de: tiempo de fraguado, estabilidad de volumen, resistencia a flexotracción y a compresión, pérdida por calcinación, residuo insoluble, contenido de cloruros, contenido de sulfatos. Incluye: Desplazamiento a obra. Toma de muestras. Realización de ensayos. Redacción de informe de los resultados de los ensayos realizados.	Ud.	1	405,42€	405,42 €
XEB010	Ensayo sobre una muestra de barras corrugadas de acero de un mismo lote, con determinación de: sección media equivalente, características geométricas del corrugado, doblado/desdoblado. Incluye: Desplazamiento a obra. Toma de muestras. Realización de ensayos. Redacción de informe de los resultados de los ensayos realizados.	Ud.	1	84,39€	84,39 €
XEH010	Ensayo sobre una muestra de hormigón con determinación de: consistencia del hormigón fresco mediante el método de asentamiento del cono de Abrams y resistencia característica a compresión del hormigón endurecido mediante control estadístico con fabricación de seis probetas, curado, refrentado y rotura a compresión. Incluye: Desplazamiento a obra. Toma de muestras. Realización de ensayos. Redacción de informe de los resultados de los ensayos realizados.	Ud.	1	91,80€	91,80 €
XMP020	Ensayo de aptitud al soldeo sobre una muestra soldada de perfil laminado, con determinación de: disminución de la carga total de rotura y doblado simple en la zona de afección del calor. Incluye: Desplazamiento a obra. Toma de muestras. Realización de ensayos. Redacción de informe de los resultados de los ensayos realizados.	Ud.	1	204,17€	204,17 €

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
XMP010	Ensayo destructivo sobre una muestra de perfil laminado, con determinación de: límite elástico aparente, resistencia a tracción, módulo de elasticidad, alargamiento y estricción; geometría de la sección y desviación de la masa. Incluye: Desplazamiento a obra. Toma de muestras. Realización de ensayos. Redacción de informe de los resultados de los ensayos realizados.	Ud.	1	265,78€	265,78 €
XMP030	Ensayo sobre una muestra de perfil laminado, con determinación del espesor del recubrimiento. Incluye: Desplazamiento a obra. Toma de muestras. Realización de ensayos. Redacción de informe de los resultados de los ensayos realizados.	Ud.	1	183,76€	183,76 €
XMS020	Ensayo no destructivo sobre una unión soldada, mediante, líquidos penetrantes. Incluye: Desplazamiento a obra. Realización del ensayo. Redacción de informe del resultado del ensayo realizado.	Ud.	1	25,50€	25,50 €
XMS010	Inspección visual sobre una unión soldada. Incluye: Desplazamiento a obra. Realización del ensayo. Redacción de informe del resultado del ensayo realizado.	Ud.	1	63,73€	63,73 €
				TOTAL	1.586,53€

CAPÍTULO Nº 8 PRUEBAS DE SERVICIO

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
XRQ010	Prueba de servicio para comprobar la estanqueidad de una cubierta inclinada mediante riego. Incluye: Desplazamiento a obra. Realización de la prueba. Redacción de informe del resultado de la prueba realizada. Criterio de medición en obra y condiciones de abono: Se medirá el número de pruebas realizadas por laboratorio acreditado según especificaciones de Proyecto.	Ud.	1	390,17€	390,17 €
				TOTAL	390,17€

Criterio de medición en obra del peso de los elementos y condiciones de abono: Se determinará, a partir del peso obtenido en báscula oficial de las unidades llegadas a obra, el peso de las unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

Criterio de medición en obra de las unidades de los elementos y condiciones de abono: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

Criterio de medición en obra de la superficie de los elementos y condiciones de abono: Se medirá, en verdadera magnitud, la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.

Criterio de medición en obra del número de ensayos y condiciones de abono: Se medirá el número de ensayos realizados por laboratorio acreditado según especificaciones de Proyecto.

PRESUPUESTO FINAL

CÁPITULO	DESCRIPCIÓN	IMPORTE
Nº1	Demoliciones	160,80€
Nº2	Acondicionamiento del terreno	124,12€
Nº3	Cimentaciones	1.570,51€
Nº4	Estructura	67.579,57€
Nº5	Instalación fotovoltaica	86.454,72€
Nº6	Recarga de vehículos	8.006,40€
Nº7	Control de calidad y ensayos	1.586,53€
Nº8	Pruebas de servicio	390,17€
TOTAL DEL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL		165.872,82€
	13% Gastos generales	21.563,47€
	6% Beneficio industrial	9.952,37€
TOTAL DEL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA		197.388,66€
	21% IVA	41.451,62€
TOTAL DEL PRESUPUESTO GENERAL		238.840,28€

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de **DOSCIENTOS TREINTA Y OCHO MIL OCHOCIENTOS CUARENTA EUROS CON VEINTI Y OCHO CÉNTIMOS.**

Los precios han sido obtenidos de la base de datos del software de CYPE y de precios de mercado de los productos propuestos por distintos proveedores. Sin embargo, en caso de realizar un pedido real, estos precios podrían ajustarse negociando con proveedores y subcontratas.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



PLANOS

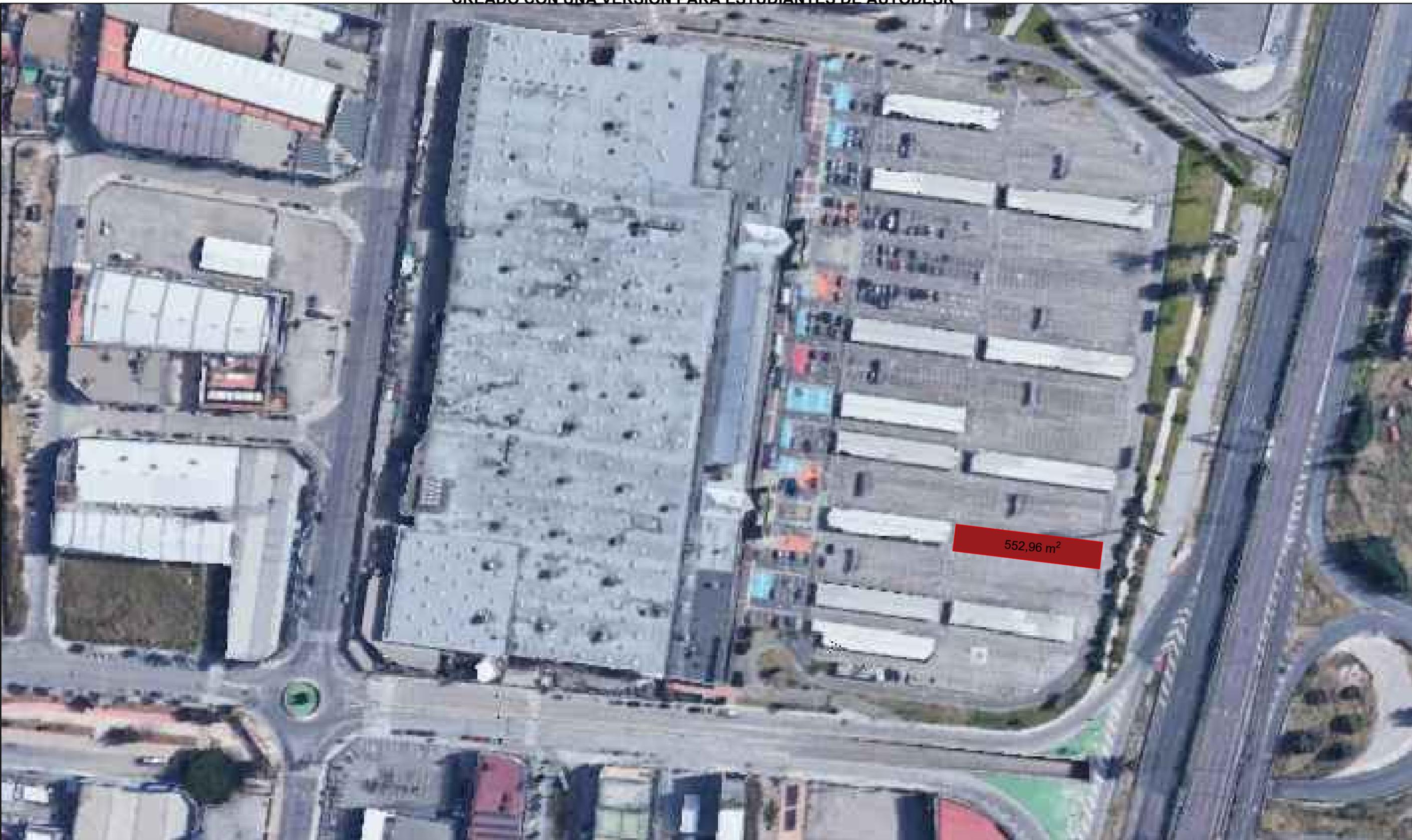
MARQUESINA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RECARGA
DE VEHÍCULOS EN ALFAFAR



CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

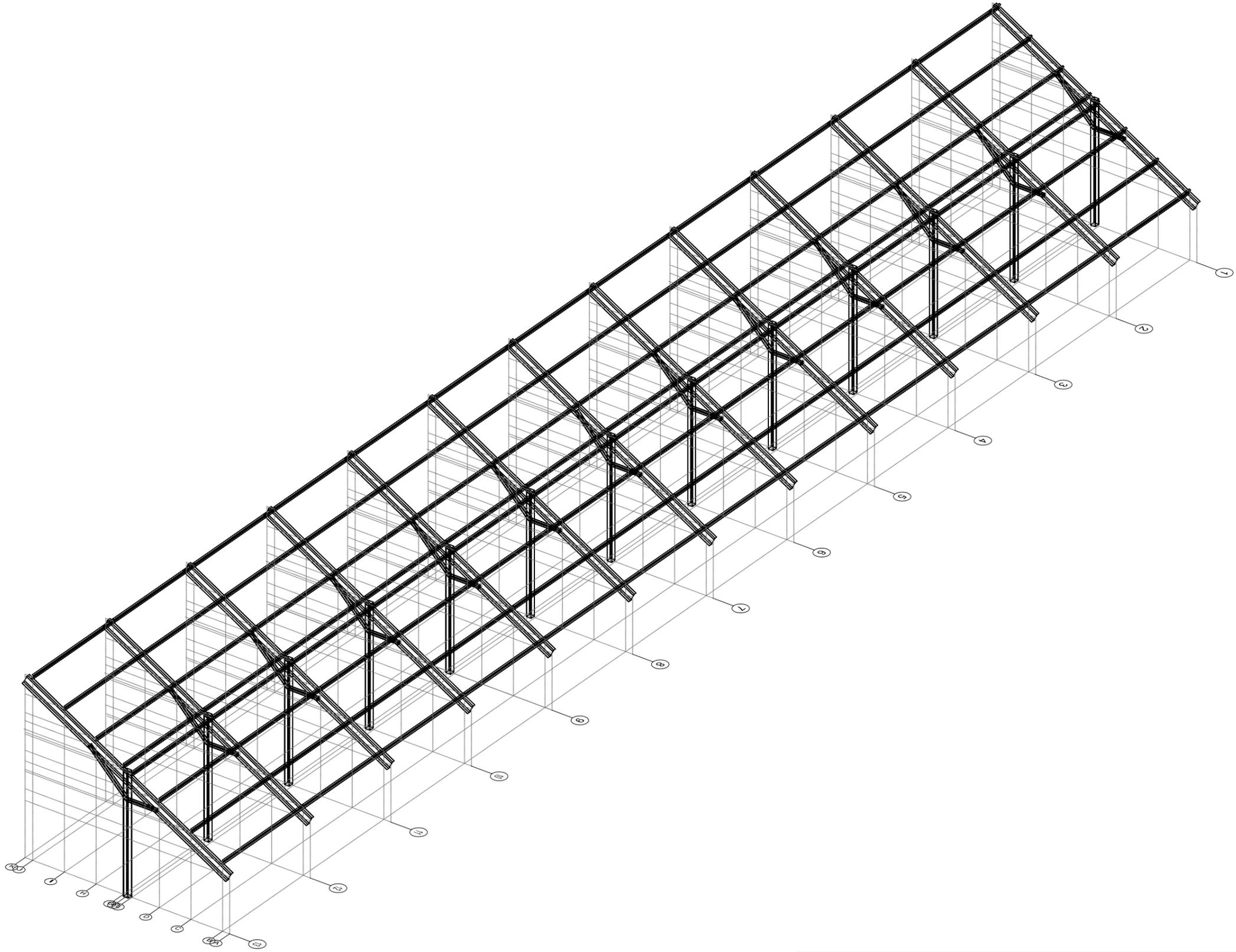
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	PROYECTO: MARQUESINA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RECARGA DE VEHÍCULOS EN ALFARAR	ESCALA: 1/10000	
	PLANO: SITUACIÓN	FECHA: Agosto 2021	Nº: 1.00
 Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño	AUTOR: LAURA SOFIA VERACOECHEA D'URSO	SUST.A: SUST.POR:	



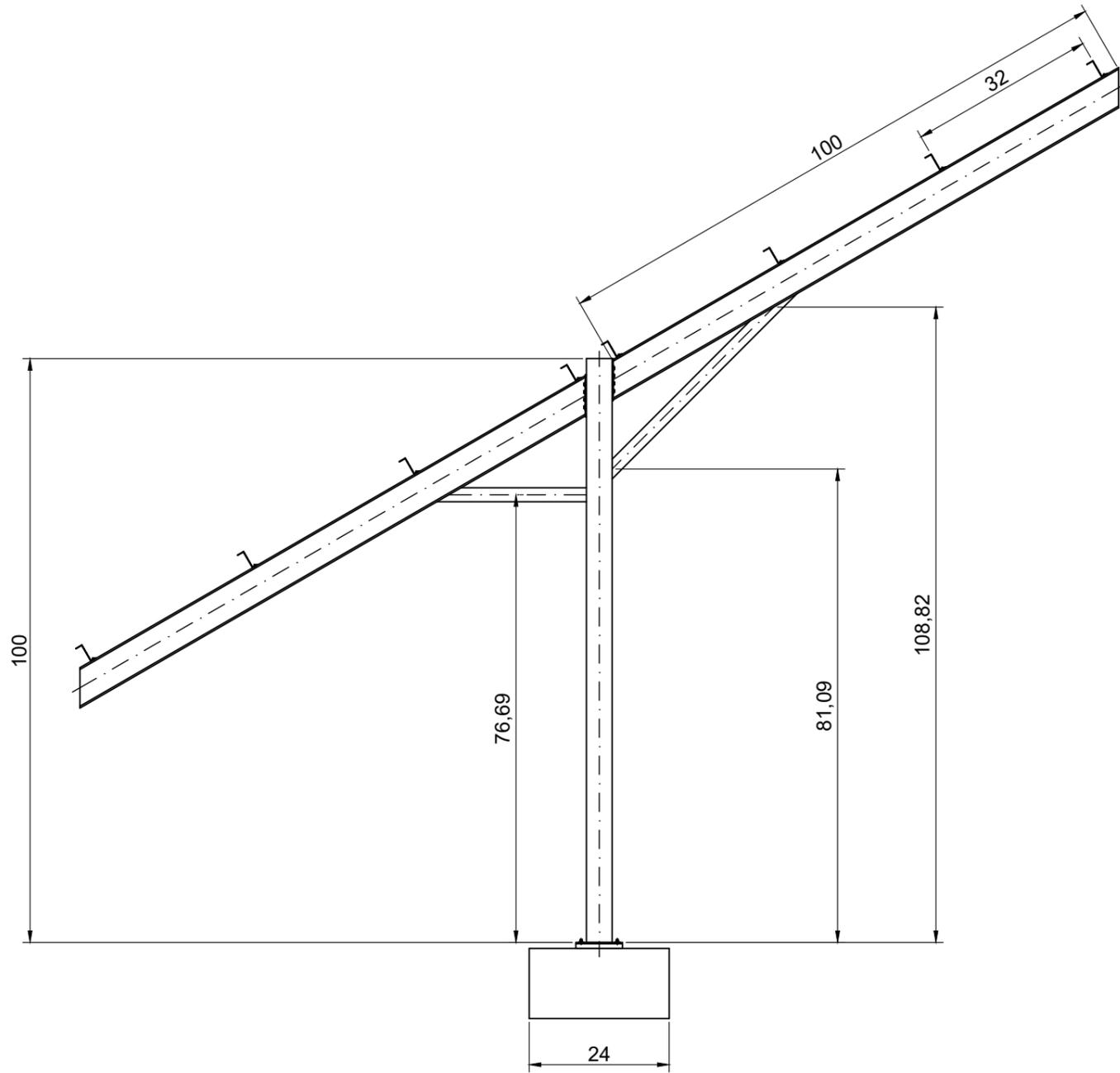
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

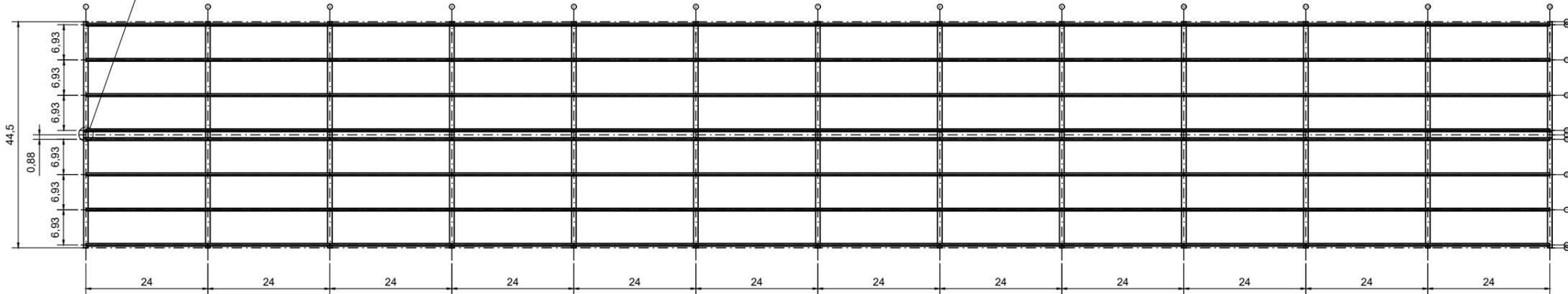
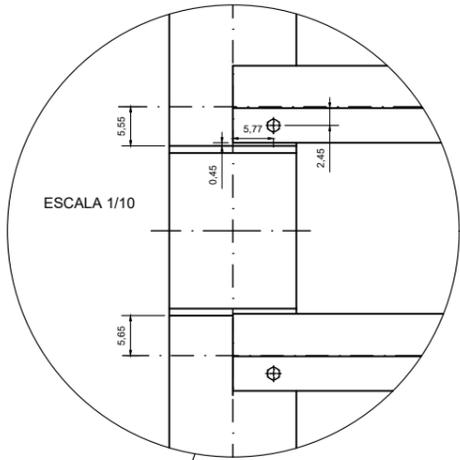
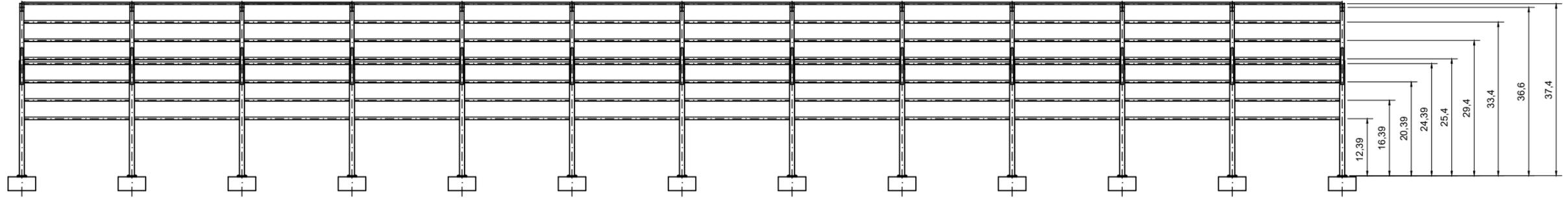
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  Escola Tècnica Superior de Ingenieria del Diseño	PROYECTO: MARQUESINA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RECARGA DE VEHÍCULOS EN ALFARAR	ESCALA: 1/2000	
	PLANO: EMPLAZAMIENTO	FECHA: Agosto 2021	Nº: 2.00
	AUTOR: LAURA SOFIA VERACOECHEA D'URSO	SUST.A:	
	SUST.POR:	SUST.POR:	



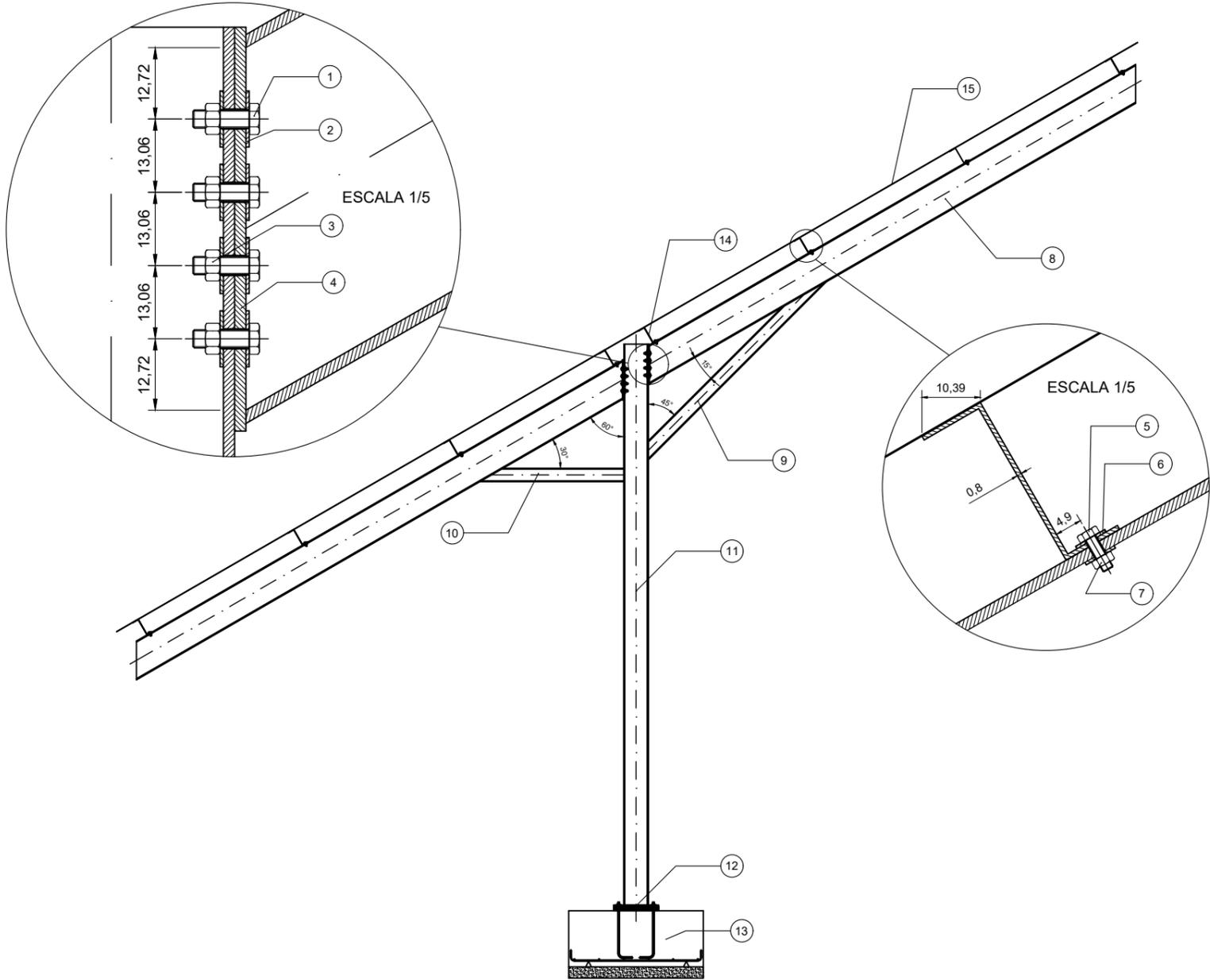
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño	PROYECTO: MARQUESINA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RECARGA DE VEHÍCULOS EN ALFAFAR		ESCALA:	
	PLANO: ESTRUCTURA EN 3D		Nº: 3.00	
	FECHA: Agosto 2021	AUTOR: LAURA SOFIA VERACOECHEA D'URSO		SUST.A:
			SUST.POR:	



 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	PROYECTO: MARQUESINA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RECARGA DE VEHÍCULOS EN ALFAFAR		ESCALA: 1/50
	PLANO: PÓRTICO DE LA ESTRUCTURA		N°: 4.00
 Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño	FECHA: Agosto 2021	SUST.A:	
	AUTOR: LAURA SOFIA VERACOECHEA D'URSO	SUST.POR:	



 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA Escola Tècnica Superior d'Ingenyeria del Disseny	PROYECTO: MARQUESINA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RECARGA DE VEHÍCULOS EN ALFAFAR		ESCALA: 1/200
	PLANO: DISTRIBUCIÓN DE PÓRTICOS Y FORJADO DE CUBIERTA		Nº: 5.00
	FECHA: Agosto 2021	AUTOR: LAURA SOFIA VERACOECHEA D'URSO	
			SUST.A: SUST.POR:



15	1	Chapa de cubierta plana 0,8 mm. Acero galvanizado	UNE 1090
14	8	Correa Tipo Z 160x60x53 mm S235 JRC	UNE 10162
13	1	Cimentación	
12	1	Anclaje del pilar metálico	
11	1	Pilar. Perfil hueco cuadrado 220x10 mm S275 J0H	UNE 10210
10	1	Barra diagonal inferior. Perfil hueco cuadrado 120x8 mm S275 J0H	UNE 10219
9	1	Barra diagonal superior. Perfil hueco cuadrado 120x8 mm S275 J0H	UNE 10219
8	2	Viga IPE 400 S275 JR	UNE 10025
7	16	Tuerca hexagonal M10 Acero inoxidable	DIN 934
6	16	Arandela ala ancha M10 Acero inoxidable	DIN 9021
5	8	Tornillo 8.8 M10 Acero cincado	DIN 933
4	2	Placa de unión S275 JR	UNE 10025
3	16	Tuerca hexagonal M16 Acero inoxidable	DIN 934
2	32	Arandela ala ancha M16 Acero inoxidable	DIN 9021
1	16	Tornillo 8.8 M16 Acero cincado	DIN 933
MARCA	Nº DE PIEZAS	DESCRIPCIÓN	NORMA
			ESCALA: 1/50

PROYECTO: MARQUESINA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RECARGA DE VEHÍCULOS EN ALFAFAR

PLANO: PÓRTICO. DETALLE DE UNIONES Y COMPONENTES

FECHA: Agosto 2021

Autor: LAURA SOFIA VERACOECHEA D'URSO

Nº:

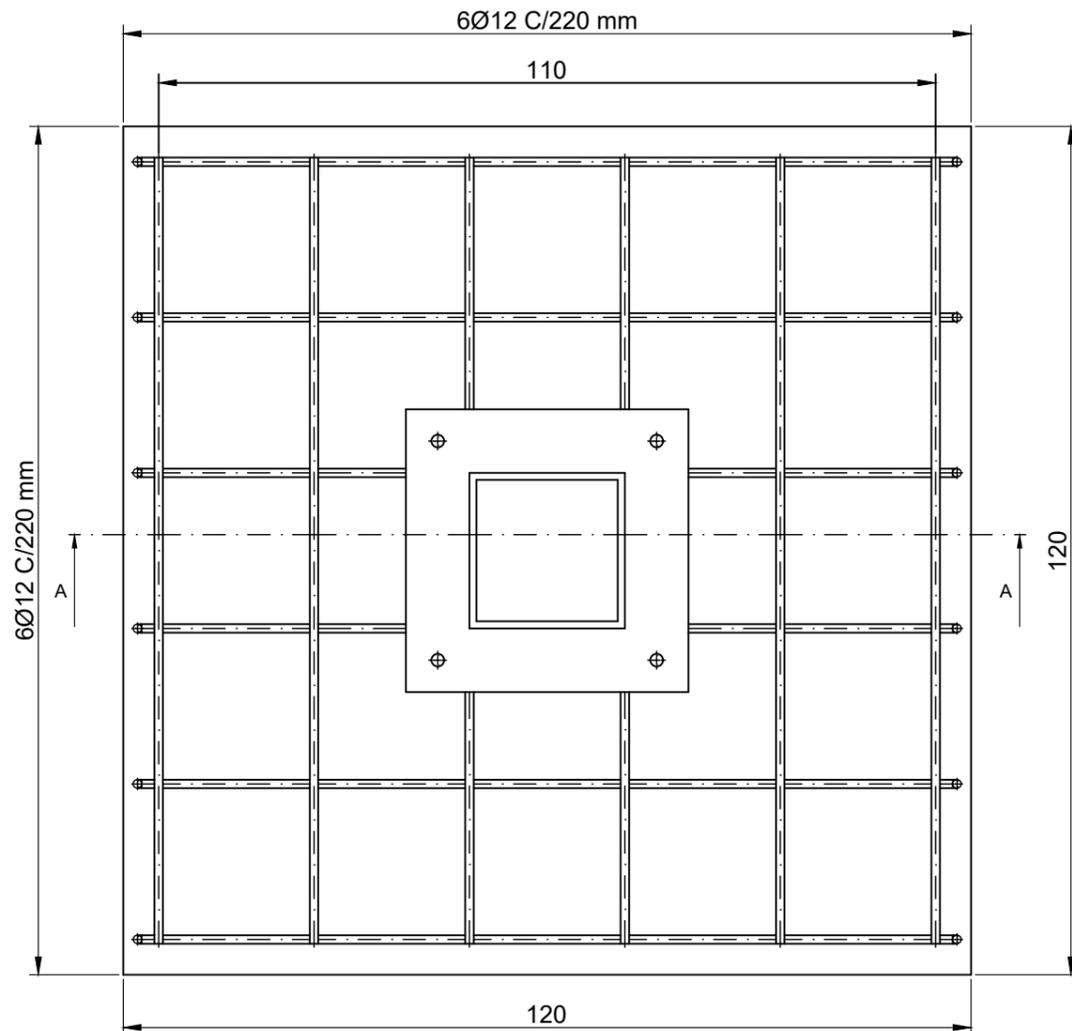
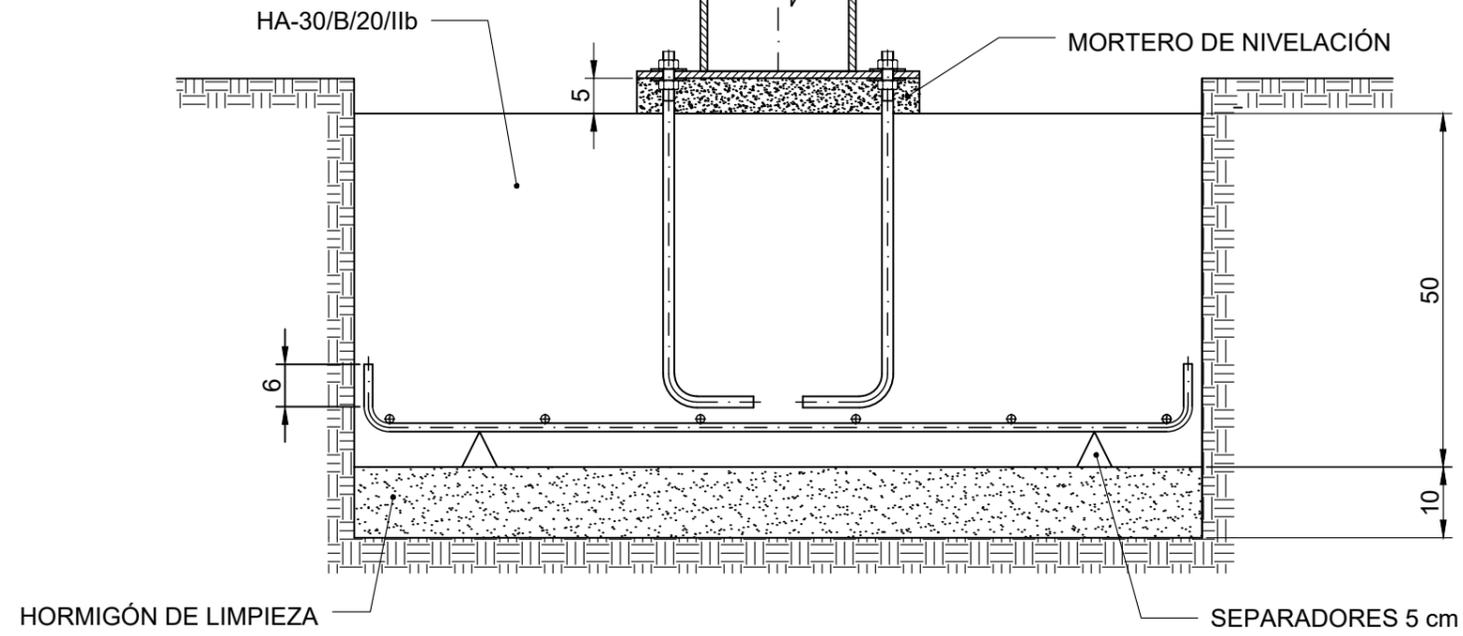
6.00

SUST.A:

SUST.POR:

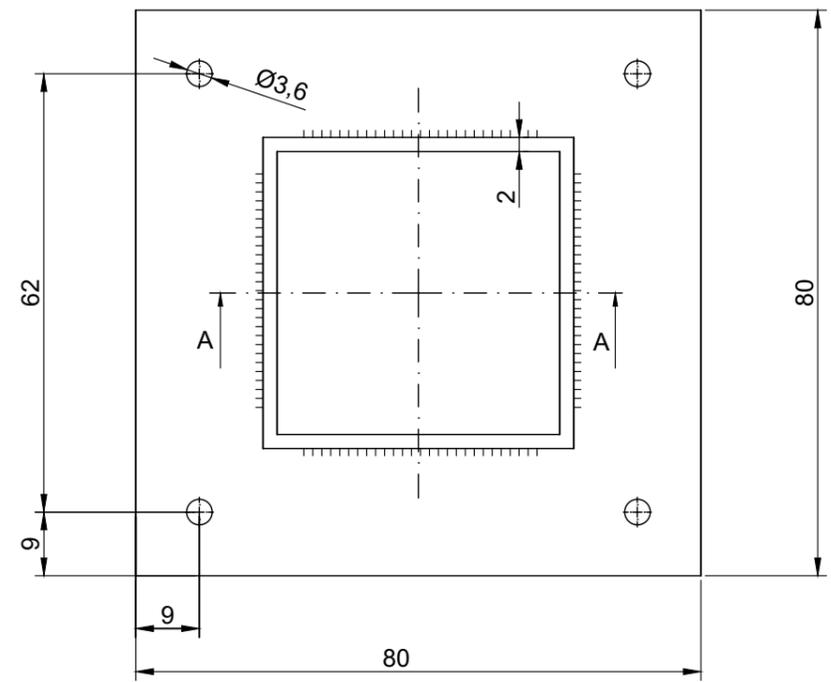
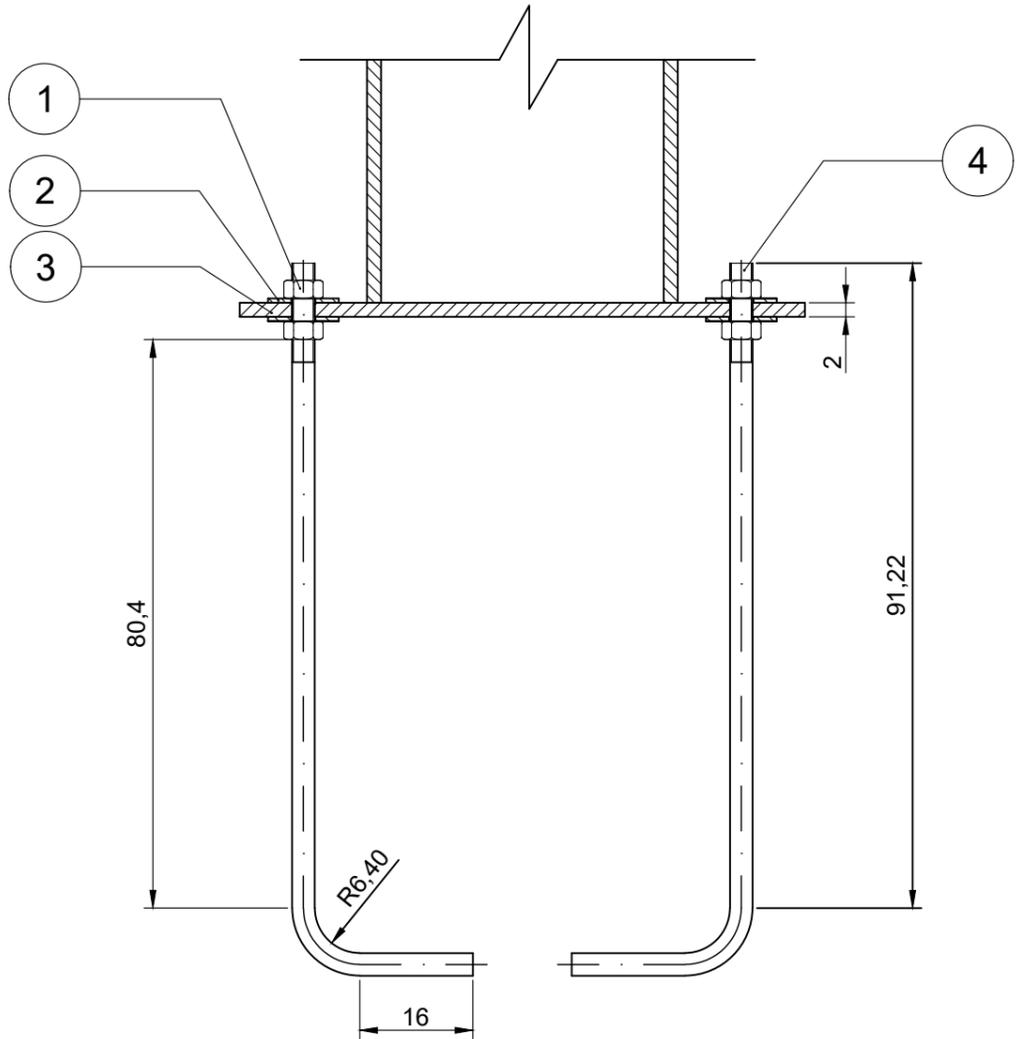


SECCIÓN A-A

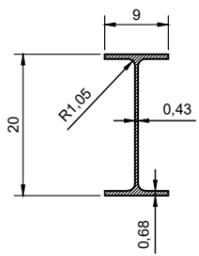


 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño	PROYECTO: MARQUESINA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RECARGA DE VEHÍCULOS EN ALFAFAR		ESCALA: 1/10
	PLANO: DETALLE CONSTRUCTIVO DE LA CIMENTACIÓN		N°: 7.00
	FECHA: Agosto 2021	AUTOR: LAURA SOFIA VERACOECHEA D'URSO	SUST.A: SUST.POR:

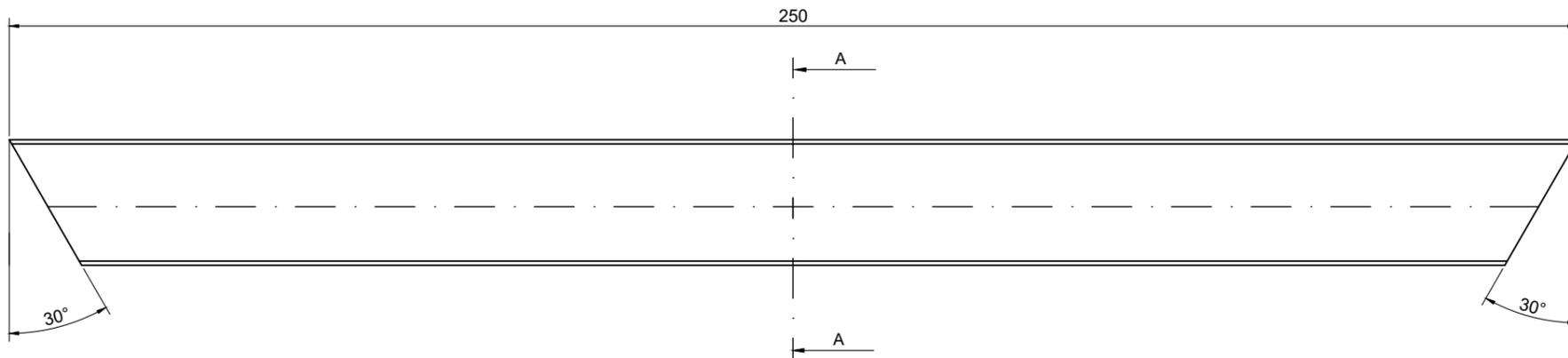
CORTE A-A



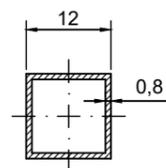
4	4	Perno B400S Ø16	UNE 10080
3	1	Placa de anclaje S275 JR	UNE 10025
2	8	Arandela ala ancha M16	DIN 9021
1	8	Tuerca hexagonal M16	DIN 934
MARCA	Nº DE PIEZAS	DESCRIPCIÓN	NORMA
			ESCALA: 1/5
PROYECTO: MARQUESINA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RECARGA DE VEHÍCULOS EN ALFAFAR			Nº: 8.00
PLANO: ANCLAJE DEL PILAR METÁLICO		FECHA: Agosto 2021	
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño		Autor: LAURA SOFIA VERACOECHEA D'URSO	SUST.A: SUST.POR:



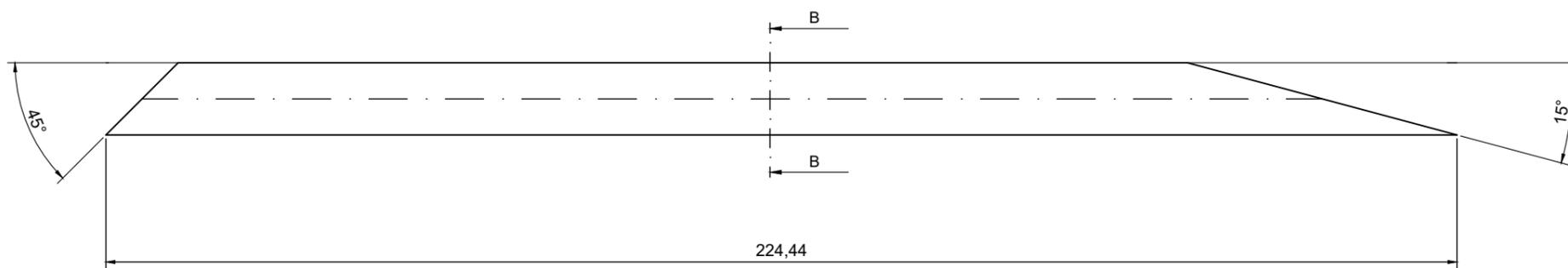
SECCIÓN A-A



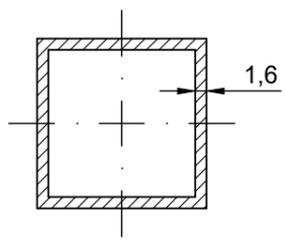
 	PROYECTO: MARQUESINA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RECARGA DE VEHÍCULOS EN ALFAFAR		ESCALA: 1/20
	PLANO: DETALLE CONSTRUCTIVO DE LA VIGA		Nº: 9.00
	FECHA: Agosto 2021	AUTOR: LAURA SOFIA VERACOECHEA D'URSO	
			SUST.A: SUST.POR:



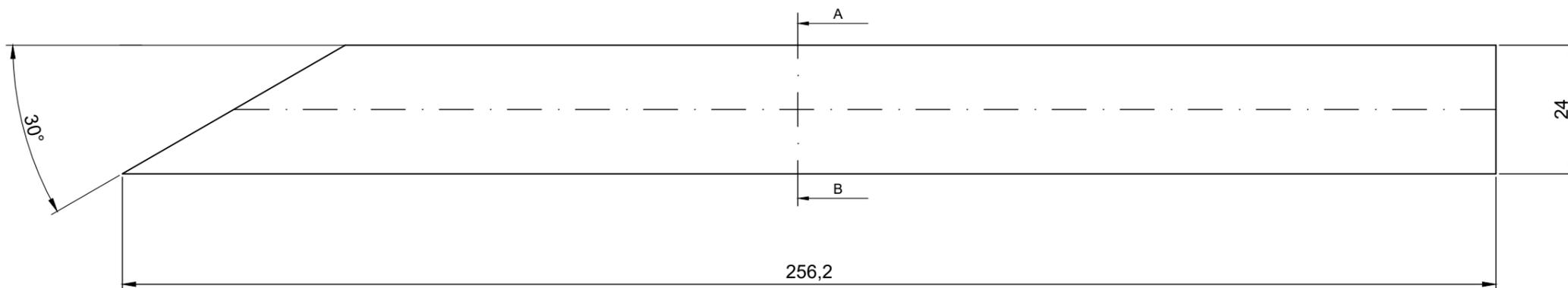
SECCIÓN B-B



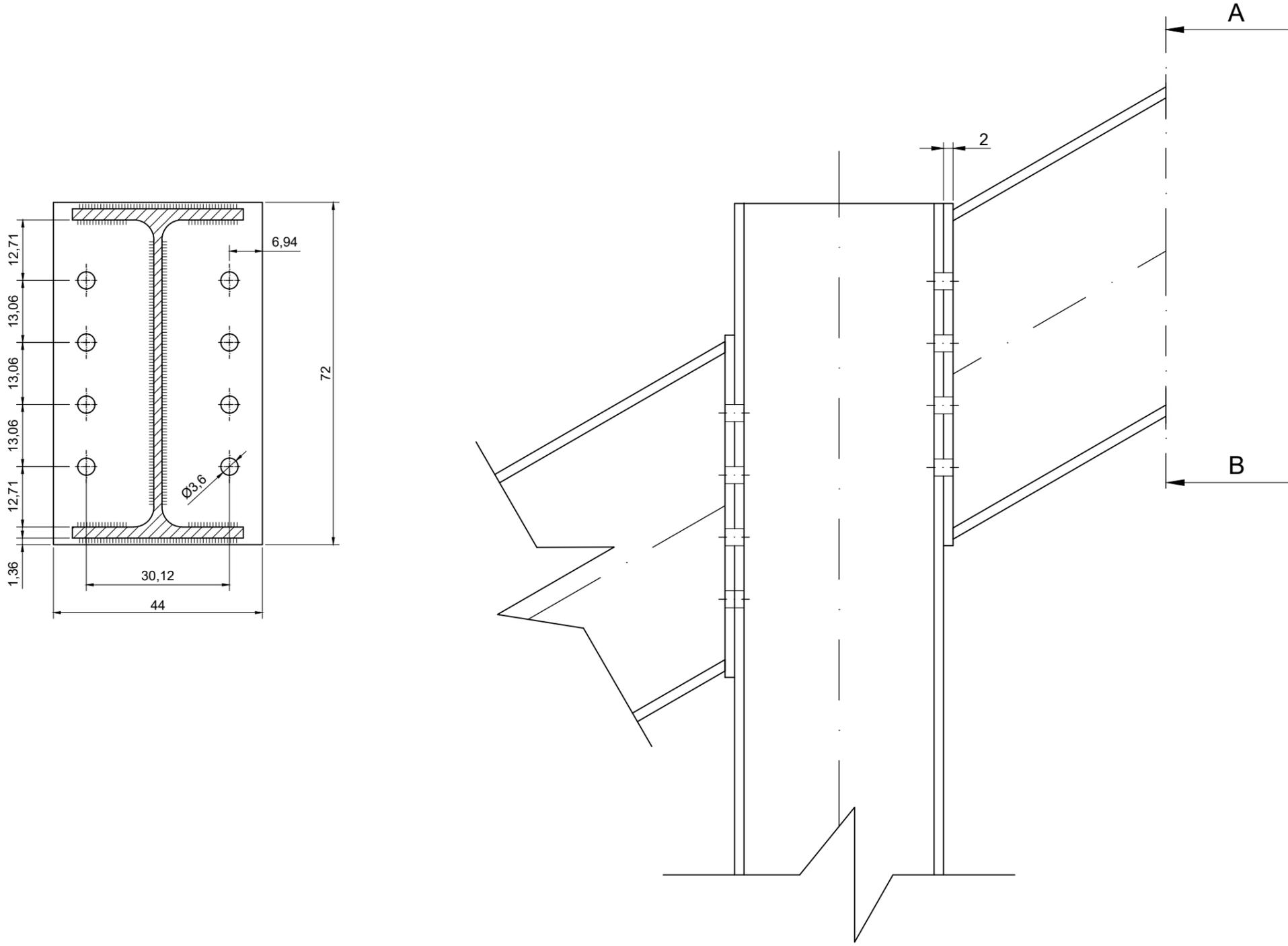
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño	PROYECTO: MARQUESINA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RECARGA DE VEHÍCULOS EN ALFAFAR		ESCALA: 1/10
	PLANO:		N°: 10.00
	DETALLE CONSTRUCTIVO DE LA BARRA DIAGONAL SUPERIOR		FECHA: Agosto 2021
	LAURA SOFIA VERACOECHEA D'URSO		AUTOR:
			SUST.A: SUST.POR:



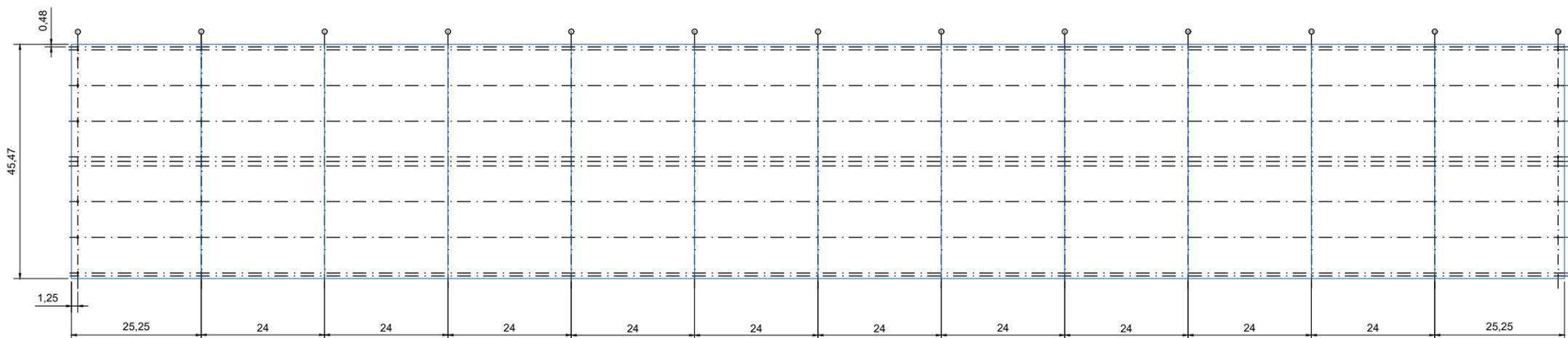
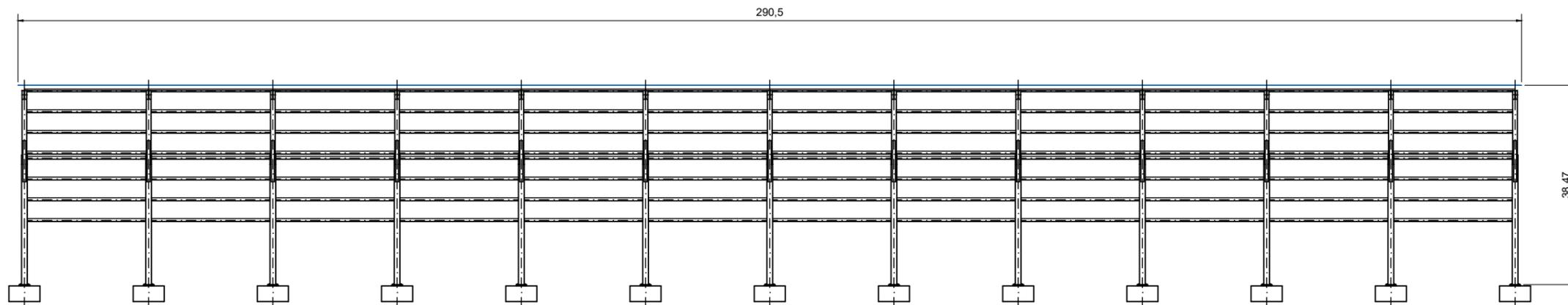
SECCIÓN A-B



 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  Escola Tècnica Superior de Ingenieria del Disseny	PROYECTO: MARQUESINA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RECARGA DE VEHÍCULOS EN ALFAFAR		ESCALA: 1/5
	PLANO:		N°:
	FECHA:	Agosto 2021	11.00
	AUTOR:	LAURA SOFIA VERACOECHEA D'URSO	SUST.A:
	DETALLE CONSTRUCTIVO DE LA BARRA DIAGONAL INFERIOR		SUST.POR:



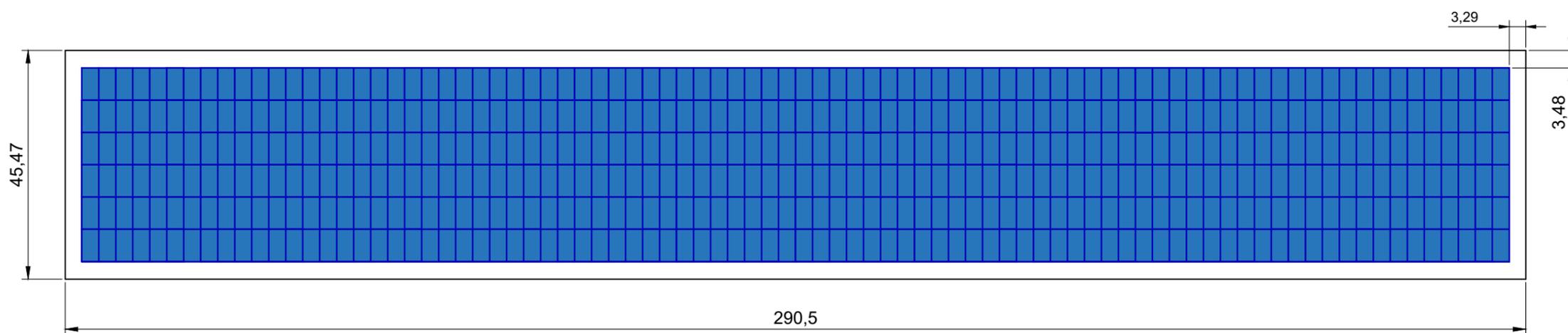
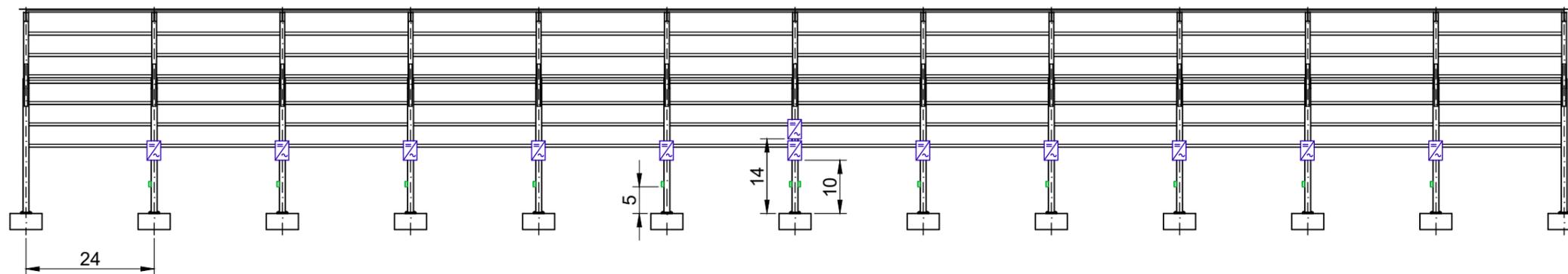
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	PROYECTO: MARQUESINA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RECARGA DE VEHÍCULOS EN ALFAFAR		ESCALA: 1/5
	PLANO:	FECHA: Agosto 2021	Nº: 12.00
DETALLE CONSTRUCTIVO DE LA PLACA DE UNIÓN PERFORADA		AUTOR: LAURA SOFIA VERACOECHEA D'URSO	
 Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño			SUST.POR:



LEYENDA

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Línea delimitadora de las superficies de chapa de cubierta

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño	PROYECTO: MARQUESINA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RECARGA DE VEHÍCULOS EN ALFAFAR	ESCALA: 1/200
	PLANO: COLOCACIÓN DE LA CHAPA DE CUBIERTA SOBRE EL FORJADO	FECHA: Agosto 2021
	AUTOR: LAURA SOFIA VERACOECHEA D'URSO	SUST.A:
		SUST.POR:



LEYENDA

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Módulo Fotovoltaico ERA ESPMC160
	Inversor Red FRONIUS SYMO 20.0-3-M
	Punto de recarga Wallbox POLICHARGER IN-SC3F

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño	PROYECTO: MARQUESINA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RECARGA DE VEHÍCULOS EN ALFAFAR		ESCALA: 1/200
	PLANO: DISPOSICIÓN DE LOS EQUIPOS FOTOVOLTAICOS SOBRE LA ESTRUCTURA		Nº: 14.00
	FECHA: Agosto 2021	AUTOR: LAURA SOFIA VERACOECHEA D'URSO	SUST.A: SUST.POR:



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



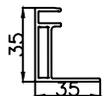
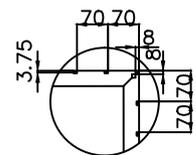
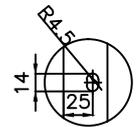
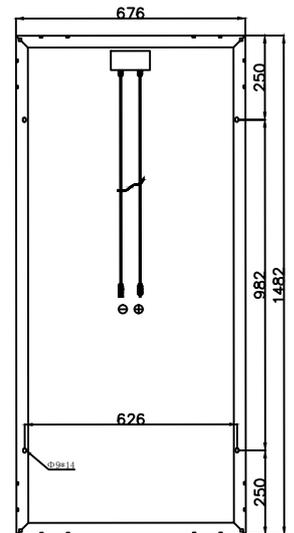
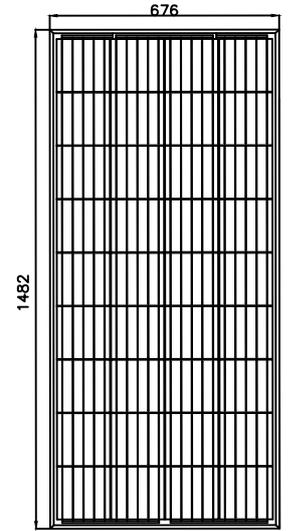
ANEXO A: FICHAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS DE LA INSTALACIÓN

**MARQUESINA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RECARGA
DE VEHÍCULOS EN ALFAFAR**

ESPMC160

Specifications

Size of module	1482x676x35mm
Cell Type	POLY CELL 156x156mm 5BB
Number of cells	36(4x9)
Maximum Power(Wp)	160W
Tolerance of Power(%)	+3%
Open circuit Voltage(Voc)	23.2V
Short circuit Current(Isc)	9.05A
Maximum Power Voltage(Vm)	18.85V
Maximum Power Current(I _m)	8.5A
Maximum Series Fuse	15A
Number of Diode	2
Cable type and Length	4mm ² ,90cm
Standard Test Conditions	1000W/M ² ,25 °C ,AM1.5
Maximum System Voltage	1000V/DC
Temperature-Coefficient Isc	+0.08558%/ °C
Temperature-Coefficient Uoc	-0.29506%/ °C
Temperature-Coefficient P _{mp}	-0.38001%/ °C
Normal Operating Cell Temperature	45 °C
Module efficiency	15.9%
Product Certificate	TUV(IEC 61215,IEC 61730),CE,ROHS
Company Certificate	ISO9001,ISO14001,ISO18001



PACKING

Container Size	Units/Pallet (PCS)	Weight/Pallet (KG)	Pallet Measurement (mm)	Units/Container (PCS)
20GP	26	310	1540x730x1100	520
40HQ	31	365	1540x730x1275	1364
	31	365	1540x730x1275	



ERA SOLAR and the ERA SOLAR logo are trademarks or registered trademarks of ERA SOLAR Corporation.

January 2019 ERA SOLAR Corporation. All rights reserved.Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.





FRONIUS SYMO

Máxima flexibilidad para las aplicaciones del futuro



Tecnología SnapInverter



Comunicación de datos integrada



Seguimiento inteligente GMPP



Smart Grid Ready



Diseño SuperFlex



Inyección cero



Con un rango de potencia nominal entre 3,0 y 20,0 kW, el Fronius Symo es el inversor trifásico sin transformador para todo tipo de instalaciones. Gracias a su flexible diseño, el Fronius Symo es perfecto para instalaciones en superficies irregulares o para tejados con varias orientaciones.

La conexión a Internet a través de WLAN o Ethernet y la facilidad de integración de componentes de otros fabricantes hacen del Fronius Symo uno de los inversores con mayor flexibilidad en comunicaciones en el mercado.

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 ($I_{dc\ máx. 1} / I_{dc\ máx. 2}^{1)}$		16,0 A			16,0 A / 16,0 A	
Máxima corriente de cortocircuito (MPP ₁ / MPP ₂ ¹⁾)		24,0 A			24,0 A / 24,0 A	
Rango de tensión de entrada CC ($U_{dc\ mín.} - U_{dc\ máx.}$)				150 - 1000 V		
Tensión de puesta en servicio ($U_{dc\ arranque}$)				200 V		
Rango de tensión MPP				150 - 800 V		
Número de entradas CC		3			2+2	
Máx. salida del generador FV ($P_{dc\ máx.}$)	6,0 kW _{pico}	7,4 kW _{pico}	9,0 kW _{pico}	6,0 kW _{pico}	7,4 kW _{pico}	9,0 kW _{pico}

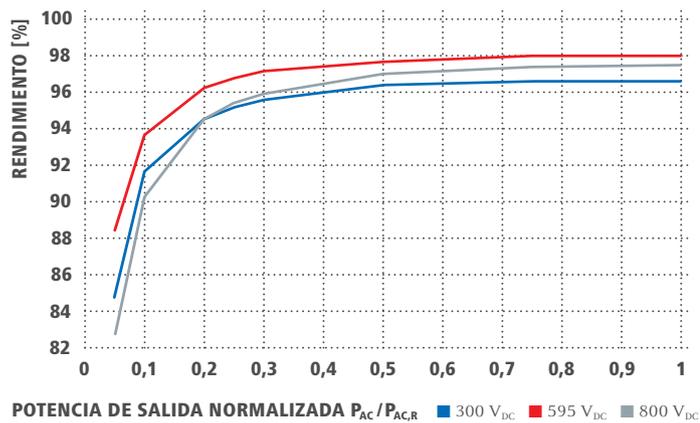
DATOS DE SALIDA	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
Potencia nominal CA ($P_{ac,r}$)	3.000 W	3.700 W	4.500 W	3.000 W	3.700 W	4.500 W
Máxima potencia de salida	3.000 VA	3.700 VA	4.500 VA	3.000 VA	3.700 VA	4.500 VA
Corriente de salida CA ($I_{ac\ nom.}$)	4,3 A	5,3 A	6,5 A	4,3 A	5,3 A	6,5 A
Acoplamiento 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 ($\cos \phi_{ac,r}$)		0,70 - 1 ind. / cap.			0,85 - 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			
Peso		16,0 kg			19,9 kg	
Tipo de protección				IP 65		
Clase de protección				1		
Categoría de sobretensión (CC / CA) ²⁾				2 / 3		
Consumo nocturno				< 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 ³⁾		
Tecnología de conexión principal	5 polos CA bornes roscados 2,5 - 16mm ²			5 polos CA bornes roscados 2,5 - 16mm ² ³⁾		
Certificados y cumplimiento de normas	ÖVE / 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, CER 06-190, G83/2, UNE 206007-1, SI 4777 ¹⁾ , CEI 0-21 ¹⁾ , NRS 097					

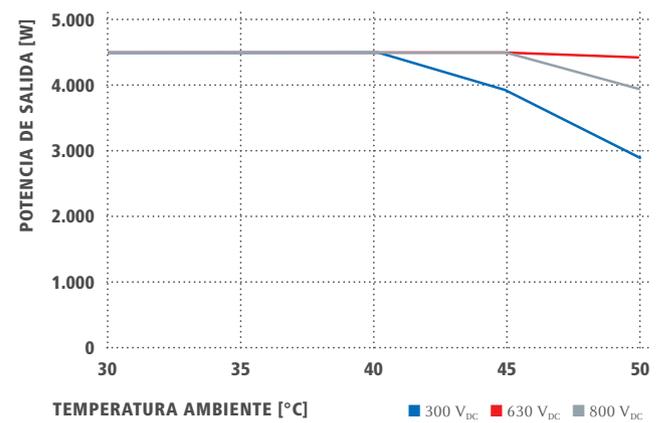
¹⁾ Esto se aplica a Fronius Symo 3.0-3-M, 3.7-3-M and 4.5-3-M. ²⁾ De acuerdo con IEC 62109-1.

³⁾ 16 mm² sin necesidad de terminales de conexión. Más información sobre la disponibilidad de inversores en su país en www.fronius.es.

CURVA DE RENDIMIENTO FRONIUS SYMO 4.5-3-S



REDUCCIÓN DE TEMPERATURA FRONIUS SYMO 4.5-3-S



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)

RENDIMIENTO	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
Máximo rendimiento	98,0 %					
Rendimiento europeo (η _{EU})	96,2 %	96,7 %	97,0 %	96,5 %	96,9 %	97,2 %
Rendimiento de adaptación MPP	> 99,9 %					

EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD	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
Medición del aislamiento CC	Sí					
Comportamiento de sobrecarga	Desplazamiento del punto de trabajo, limitación de potencia					
Seccionador CC	Sí					
Protección contra polaridad inversa	Sí					

INTERFACES	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
WLAN / Ethernet LAN	Fronius Solar.web, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON)					
6 inputs y 4 inputs/outputs digitales	Interface receptor del control de onda					
USB (Conector A) ¹⁾	Datalogging, actualización de inversores vía USB					
2 conectores RJ 45 (RS422) ¹⁾	Fronius Solar Net					
Salida de aviso ¹⁾	Gestión de la energía (salida de relé libre de potencial)					
Datalogger and Webserver	Incluido					
Input externo ¹⁾	Interface S0-Meter / Input para la protección contra sobretensión					
RS485	Modbus RTU SunSpec o conexión del contador					

¹⁾También disponible en la versión light.

DATOS TÉCNICOS FRONIUS SYMO (5.0-3-M, 6.0-3-M, 7.0-3-M, 8.2-3-M)

DATOS DE ENTRADA	SYMO 5.0-3-M	SYMO 6.0-3-M	SYMO 7.0-3-M	SYMO 8.2-3-M
Número de seguidores MPP	2			
Máx. corriente de entrada ($I_{dc\ máx. 1} / I_{dc\ máx. 2}$)	16,0 A / 16,0 A			
Máxima corriente de cortocircuito (MPP ₁ / MPP ₂ ¹⁾)	24,0 A / 24,0 A			
Rango de tensión de entrada CC ($U_{dc\ mín.} - U_{dc\ máx.}$)	150 - 1000 V			
Tensión de puesta en servicio ($U_{dc\ arranque}$)	200 V			
Rango de tensión MPP	150 - 800 V			
Número de entradas CC	2+2			
Máx. salida del generador FV ($P_{dc\ máx.}$)	10,0 kW _{pico}	12,0 kW _{pico}	14,0 kW _{pico}	16,4 kW _{pico}

DATOS DE SALIDA	SYMO 5.0-3-M	SYMO 6.0-3-M	SYMO 7.0-3-M	SYMO 8.2-3-M
Potencia nominal CA ($P_{ac,r}$)	5.000 W	6.000 W	7.000 W	8.200 W
Máxima potencia de salida	5.000 VA	6.000 VA	7.000 VA	8.200 VA
Corriente de salida CA ($I_{ac\ nom.}$)	7,2 A	8,7 A	10,1 A	11,8 A
Acoplamiento 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 ($\cos \phi_{ac,r}$)	0,85 - 1 ind. / cap.			

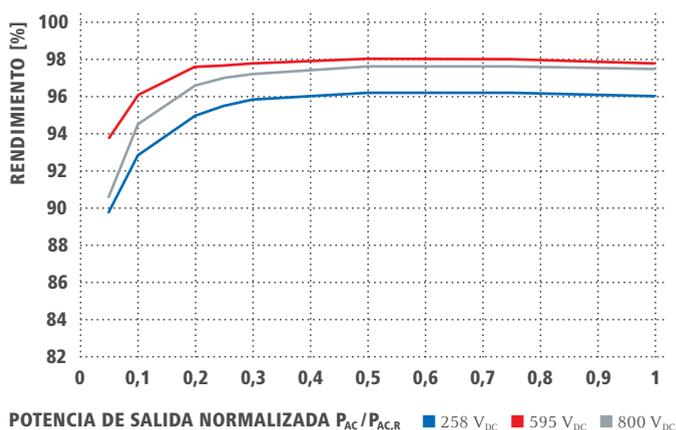
DATOS GENERALES	SYMO 5.0-3-M	SYMO 6.0-3-M	SYMO 7.0-3-M	SYMO 8.2-3-M
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)	645 x 431 x 204 mm			
Peso	19,9 kg			21,9 kg
Tipo de protección	IP 65			
Clase de protección	1			
Categoría de sobretensión (CC / CA) ¹⁾	2 / 3			
Consumo nocturno	< 1 W			
Concepto de inversor	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	4 x CC+ y 4 x CC bornes roscados 2,5 - 16mm ² ²⁾			
Tecnología de conexión principal	5 polos CA bornes roscados 2,5 - 16mm ² ²⁾			
Certificados y cumplimiento de normas	ÖVE / 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, CER 06-190, G83/2, UNE 206007-1, SI 4777, CEI 0-21, NRS 097			

¹⁾ De acuerdo con IEC 62109-1.

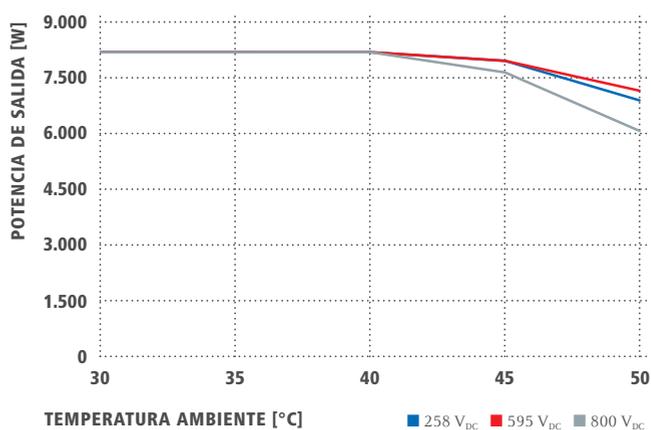
²⁾ 16 mm² sin necesidad de terminales de conexión.

Más información sobre la disponibilidad de inversores en su país en www.fronius.es.

CURVA DE RENDIMIENTO FRONIUS SYMO 8.2-3-M



REDUCCIÓN DE TEMPERATURA FRONIUS SYMO 8.2-3-M



DATOS TÉCNICOS FRONIUS SYMO (5.0-3-M, 6.0-3-M, 7.0-3-M, 8.2-3-M)

RENDIMIENTO	SYMO 5.0-3-M	SYMO 6.0-3-M	SYMO 7.0-3-M	SYMO 8.2-3-M
Máximo rendimiento	98,0 %			
Rendimiento europeo (η_{EU})	97,3 %	97,5 %	97,6 %	97,7 %
Rendimiento de adaptación MPP	> 99,9 %			

EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD	SYMO 5.0-3-M	SYMO 6.0-3-M	SYMO 7.0-3-M	SYMO 8.2-3-M
Medición del aislamiento CC	Sí			
Comportamiento de sobrecarga	Desplazamiento del punto de trabajo, limitación de potencia			
Seccionador CC	Sí			
Protección contra polaridad inversa	Sí			

INTERFACES	SYMO 5.0-3-M	SYMO 6.0-3-M	SYMO 7.0-3-M	SYMO 8.2-3-M
WLAN / Ethernet LAN	Fronius Solar.web, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON)			
6 inputs y 4 inputs/outputs digitales	Interface receptor del control de onda			
USB (Conector A) ¹⁾	Datalogging, actualización de inversores vía USB			
2 conectores RJ 45 (RS422) ¹⁾	Fronius Solar Net			
Salida de aviso ¹⁾	Gestión de la energía (salida de relé libre de potencial)			
Datalogger and Webserver	Incluido			
Input externo ¹⁾	Interface S0-Meter / Input para la protección contra sobretensión			
RS485	Modbus RTU SunSpec o conexión del contador			

¹⁾ También disponible en la versión light.

DATOS TÉCNICOS FRONIUS SYMO (10.0-3-M, 12.5-3-M, 15.0-3-M, 17.5-3-M, 20.0-3-M)

DATOS DE ENTRADA	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Número de seguidores MPP	2				
Máx. corriente de entrada ($I_{dc\ máx. 1} / I_{dc\ máx. 2}$)	27,0 A / 16,5 A ¹⁾		33,0 A / 27,0 A		
Máx. corriente de entrada total ($I_{dc\ máx. 1} + I_{dc\ máx. 2}$)	43,5 A		51,0 A		
Máxima corriente de cortocircuito (MPP ₁ / MPP ₂) ¹⁾	40,5 A / 24,8 A		49,5 A / 40,5 A		
Rango de tensión de entrada CC ($U_{dc\ mín.} - U_{dc\ máx.}$)	200 - 1000 V				
Tensión de puesta en servicio ($U_{dc\ arranque}$)	200 V				
Rango de tensión MPP	200 - 800 V				
Número de entradas CC	3+3				
Máx. salida del generador FV ($P_{dc\ máx.}$)	15,0 kW _{pico}	18,8 kW _{pico}	22,5 kW _{pico}	26,3 kW _{pico}	30,0 kW _{pico}

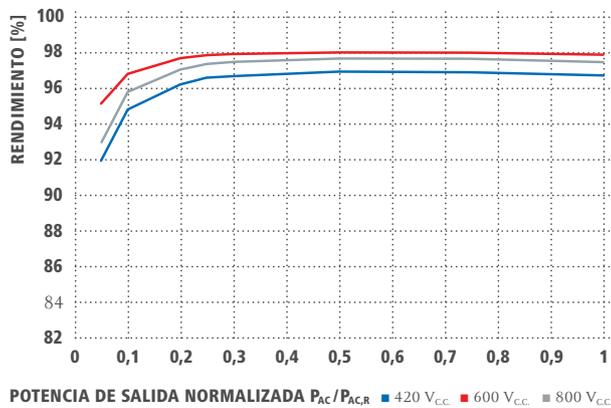
DATOS DE SALIDA	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Potencia nominal CA ($P_{ac,r}$)	10.000 W	12.500 W	15.000 W	17.500 W	20.000 W
Máxima potencia de salida	10.000 VA	12.500 VA	15.000 VA	17.500 VA	20.000 VA
Corriente de salida CA ($I_{ac\ nom.}$)	14,4 A	18,0 A	21,7 A	25,3 A	28,9 A
Acoplamiento 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	1,8 %	2,0 %	1,5 %	1,5 %	1,3 %
Factor de potencia ($\cos \phi_{ac,r}$)	0 - 1 ind. / cap.				

DATOS GENERALES	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)	725 x 510 x 225 mm				
Peso	34,8 kg		43,4 kg		
Tipo de protección	IP 66				
Clase de protección	1				
Categoría de sobretensión (CC / CA) ²⁾	2 / 3				
Consumo nocturno	< 1 W				
Concepto de inversor	Sin transformador				
Refrigeración	Refrigeración de aire regulada				
Instalación	Instalación interior y exterior				
Margen de temperatura ambiente	-40 - +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	6 x CC+ y 6 x CC bornes roscados 2,5 - 16 mm ²				
Tecnología de conexión principal	5 polos CA bornes roscados 2,5 - 16 mm ²				
Certificados y cumplimiento de normas	ÖVE / 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, CER 06-190, G83/2, UNE 206007-1, SI 4777, CEI 0-16, CEI 0-21, NRS 097				

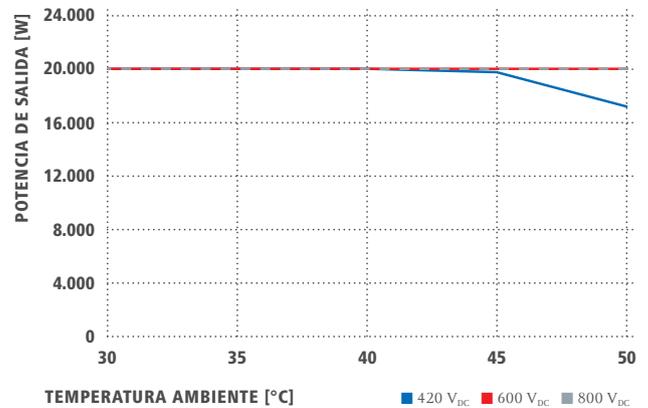
¹⁾ 14,0 A para tensiones < 420 V

²⁾ De acuerdo con IEC 62109-1. Carril DIN disponible para protección de sobretensiones de tipo 1+ 2 o tipo 2. Más información sobre la disponibilidad de inversores en su país en www.fronius.es.

CURVA DE RENDIMIENTO FRONIUS SYMO 20.0-3-M



REDUCCIÓN DE TEMPERATURA FRONIUS SYMO 20.0-3-M



DATOS TÉCNICOS FRONIUS SYMO (10.0-3-M, 12.5-3-M, 15.0-3-M, 17.5-3-M, 20.0-3-M)

RENDIMIENTO	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Máximo rendimiento		98,0 %		98,1 %	
Rendimiento europeo (η_{EU})	97,4 %	97,6 %	97,8 %	97,8 %	97,9 %
Rendimiento de adaptación MPP			> 99,9 %		

EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Medición del aislamiento CC			Si		
Comportamiento de sobrecarga		Desplazamiento del punto de trabajo, limitación de potencia			
Seccionador CC			Si		
Protección contra polaridad inversa			Si		

INTERFACES	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
WLAN / Ethernet LAN		Fronius Solar.web, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON)			
6 inputs y 4 inputs/outputs digitales		Interface receptor del control de onda			
USB (Conector A) ¹⁾		Datalogging, actualización de inversores vía USB			
2 conectores RJ 45 (RS422) ¹⁾		Fronius Solar Net			
Salida de aviso ¹⁾		Gestión de la energía (salida de relé libre de potencial)			
Datalogger and Webservice		Incluido			
Input externo ¹⁾		Interface SO-Meter / Input para la protección contra sobretensión			
RS485		Modbus RTU SunSpec o conexión del contador			

¹⁾ También disponible en la versión light.

Más información sobre la disponibilidad de inversores en su país en www.fronius.es.

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

TRES UNIDADES DE NEGOCIO, UNA MISMA PASIÓN: TECNOLOGÍA QUE ESTABLECE ESTÁNDARES.

Lo que en 1945 comenzó como una empresa unipersonal, en la actualidad marca los estándares tecnológicos en los sectores de tecnología de soldadura, energía fotovoltaica y carga de baterías. En la actualidad contamos en todo el mundo con 4.550 empleados y 1.241 patentes concedidas por desarrollos de productos, poniendo de manifiesto nuestro innovador espíritu. La expresión „desarrollo sostenible“ significa para nosotros fomentar aspectos sociales y relevantes para el medio ambiente, teniendo en cuenta los factores económicos. Nuestro objetivo siempre ha sido el mismo: ser líderes en innovación.

Para obtener información más detallada sobre todos los productos de Fronius y nuestros distribuidores y representantes en todo el mundo visite www.fronius.com v09 May 2018 ES

Fronius España S.L.U.
Parque Empresarial LA CARPETANIA
Miguel Faraday 2
28906 Getafe (Madrid)
España
Teléfono +34 91 649 60 40
pv-sales-spain@fronius.com
www.fronius.es

Fronius International GmbH
Froniusplatz 1
4600 Wels
Austria
Teléfono +43 7242 241-0
Fax +43 7242 241-953940
pv-sales@fronius.com
www.fronius.com

POLICHARGER IN-SC3F

La gama Policharger IN ha sido diseñada para adaptarse a las necesidades de carga de cualquier vehículo aprovechando al máximo la potencia disponible en la instalación. Diseñados y testados para una máxima durabilidad, los equipos Policharger permiten un óptimo funcionamiento tanto en interior como en exteriores.

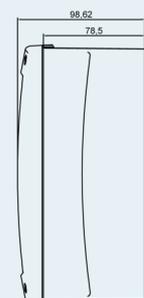
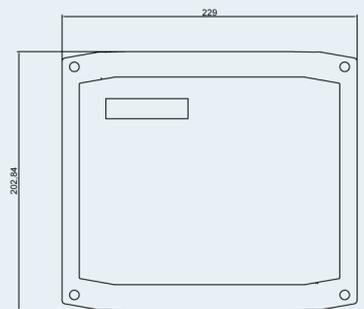
Todos los equipos de recarga Policharger permiten la selección de la potencia de carga exacta en cada momento con solo pulsar un botón. También permiten la regulación dinámica de potencia de carga para adaptarla a la disponibilidad de energía en cada momento.

Especificaciones generales

Modelo	Policharger IN-SC3F
Tipo de conector	Base Tipo 2 (IEC 62196)
Dimensiones exteriores	229x203x99 mm
Longitud del cable	-
Peso total	3 kg
Temperatura de funcionamiento	De -20 °C a 40 °C
Directivas de referencia	2014/35/EU, IEC61851-1, IEC61851-22, IEC62196-1
Marcado	CE

Especificaciones eléctricas

Potencia máxima	22 kW
Corriente máxima	32 A
Frecuencia nominal	50 Hz / 60 Hz
Voltaje de entrada	400 V AC \pm 10 %, 3P+N+PE
Corriente de carga	configurable de 6 A a 32 A
Grado de protección	IP54 / IK10





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ANEXO B: CÁLCULOS DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

**MARQUESINA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RECARGA
DE VEHÍCULOS EN ALFAFAR**

1. HORAS SOLARES PICO (HSP)

Las horas solares pico (HSP) diarias aproximadas en el mes de diciembre se determinan a partir de la suma de los datos de irradiancia media diaria directa por hora en este mes, según se indica en la Figura 8 de la Memoria, entre el valor de la irradiancia en condiciones estándares de medida.

$$HSP = \left(2827 \frac{Wh}{m^2}\right) / \left(1000 \frac{W}{m^2}\right) \cong 2,8 HSP \quad (43)$$

2. CONSUMO DE RECARGA

El consumo de recarga para cada uno de los vehículos será el producto de la capacidad de la batería del modelo de vehículo eléctrico por el porcentaje de recarga de la misma, siendo la batería del modelo seleccionado (Renault ZOE) de 50 kWh y el porcentaje de recarga que se ha estudiado de un 80%.

$$\text{Consumo} \left(\frac{kWh}{\text{recarga}} \right) = 50 \text{ kWh} \cdot 1 \cdot \frac{80}{100} = 40 \text{ kWh} \quad (44)$$

Aplicando un factor de pérdidas de eficiencia de un 20% que se pueden generar debido a diferentes causas como son las pérdidas en los componentes o por condiciones climáticas, se aproxima el consumo de recarga a un valor más real.

$$\text{Consumo}_{\text{diario}} \text{ (kWh)} = \frac{40 \text{ kWh}}{(1-0,2)} = 50 \text{ kWh} \quad (45)$$

3. POTENCIA INSTALADA

A partir del valor del consumo diario para cada una de las instalaciones que generaría la recarga de un vehículo eléctrico y de las horas solares pico diarias de la localización en el mes de diciembre, se obtiene la potencia mínima necesaria a instalar para el abastecimiento de dicho consumo.

$$\text{Potencia}_{\text{mínima}} \text{ (kWh)} = \frac{\text{Consumo}_{\text{diario}}}{HSP} = \frac{50 \text{ kWh}}{2,8 HSP} = 17,86 \text{ kW} \quad (46)$$

Así mismo conociendo el valor de la potencia eléctrica de cada panel determinado en las especificaciones técnicas del modelo, el número de paneles de en serie (N_s) y el número de ramas en paralelo (N_p) seleccionadas para cada uno de los conjuntos de entrada de los inversores, se determina la potencia real que llegará a cada uno de ellos que corresponderá con la potencia total que administrará el conjunto de todos los módulos para la recarga de una unidad de coche eléctrico. Dicho número de paneles en serie y ramas en paralelo se encuentra descrito en el apartado 6.3.2. Conexión de los paneles solares de la Memoria.

$$\text{Potencia}_{\text{panel}} = 160 \text{ W}; N_s = 19 \text{ paneles}; N_p = 3 \text{ ramas}$$

$$\text{Potencia}_{\text{por conjunto}} = 160 \text{ W} \cdot 19 \cdot 3 = 9120 \text{ W} = 9,12 \text{ kWp} \quad (47)$$

$$\text{Potencia}_{\text{total}} = 9,12 \text{ kWp} \cdot 2 = 18,24 \text{ kWp} \quad (48)$$

Debido a que la potencia total supera el valor de la potencia mínima a instalar para la recarga de un solo vehículo, la instalación podrá proveer la carga de coches con un porcentaje de recarga de hasta un 80 %.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ANEXO C: CÁLCULOS DE LA ESTRUCTURA

**MARQUESINA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RECARGA
DE VEHÍCULOS EN ALFAFAR**

1. INTRODUCCIÓN

El objeto del presente Anexo es la representación en detalle de todos los cálculos estructurales realizados, a partir de las especificaciones técnicas de los elementos, para el diseño apropiado de la estructura de manera que se garanticen todos los requerimientos establecidos en las normativas vigentes, asegurándose la estabilidad y la resistencia de la misma. Y con ello, evitando que se generen riesgos para las personas y que se altere la funcionalidad estructural.

2. ACCIÓN PERMANENTE

Mediante las expresiones (49), (50) y (51) se obtienen las cargas de peso por m² de superficie para los distintos elementos de la cubierta de la estructura. A excepción de los tornillos que se trata de un peso estimado como se indica en la expresión (52).

$$Q_{P,panel} = (m_{panel} \cdot g \cdot 10^{-3})/A_{panel} = 0,11 \text{ kN/m}^2 \quad (49)$$

$$Q_{P,chapa} = \rho_{acero} \cdot g \cdot 10^{-3} \cdot e_{chapa} \cong 0,0616 \text{ kN/m}^2 \quad (50)$$

$$Q_{P,correa} = (p_{correa} \cdot e_{correa} \cdot g \cdot 10^{-3})/A_{correa} \cong 0,297 \text{ kN/m}^2 \quad (51)$$

$$Q_{P,tornillos} \cong 0,1 \text{ kN/m}^2 \quad (52)$$

Siendo g la aceleración de la gravedad terrestre y el resto de parámetros, los respectivos a los valores indicados en la tabla siguiente.

Datos de los elementos	Área (m ²)	Masa (kg)	Espesor (m)	Densidad (kg/m ³)	Peso (kg/m)
Panel	1	11,1	-	-	-
Chapa	-	-	0,0008	7850	-
Correa	0,001151	-	0,004	-	8,7

Tabla 20: Datos técnicos necesarios para el cálculo de peso por m² de cada elemento.

Cada una de las vigas en voladizo que componen los pórticos deben soportar la carga de aproximadamente un total de 21 paneles, 7 paneles por fila por un total de 3 filas. Por tanto, la carga total de peso de los paneles sobre cada viga tendrá el siguiente valor:

$$Q_{P,panel,t} = 0,11 \text{ kN/m}^2 \cdot 21 = 2,31 \text{ kN/m}^2 \quad (53)$$

Así mismo en cada viga se establecerán 4 correas metálicas. Por ello, en cada zona respectiva a los pórticos se presentará una carga de peso total de las correas de:

$$Q_{P,correa,t} = 0,297 \text{ kN/m}^2 \cdot 4 \cong 1,19 \text{ kN/m}^2 \quad (54)$$

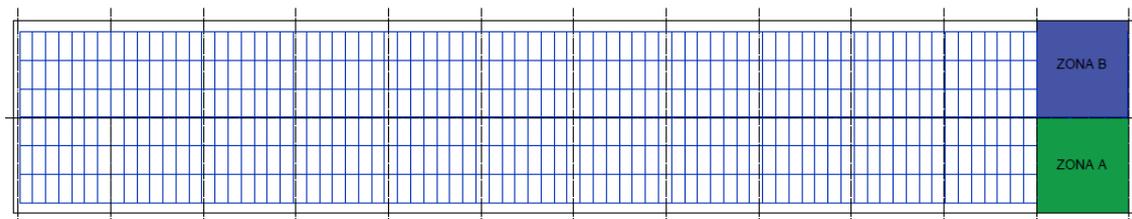


Figura 31. Repartición de cargas por zonas respectivas a cada viga de los pórticos. Fuente: Diseño propio con AutoCAD.

El cálculo de la carga distribuida permanente en los pórticos se establece a partir del producto las cargas de peso establecidas anteriormente por el ámbito de las cargas en las vigas de los pórticos de los extremos e intermedios.

$$q_P = (Q_{P,panel} + Q_{P,chapa} + Q_{P,correa} + Q_{P,tornillos}) \cdot \text{Ámbito} \quad (55)$$

En la siguiente tabla se representan los valores de carga distribuida permanente a partir de los resultados de las expresiones (50), (52), (53) y (54) y, así mismo, de los ámbitos de cargas en cada uno de los pórticos.

Carga distribuida permanente	Pórticos 1 y 13	Resto de pórticos
Ámbito	2,4 m	4,8 m
Carga permanente	8,78 kN/m	17,56 kN/m

Tabla 21: Cálculo de las cargas permanentes distribuidas según el ámbito de cargas de los pórticos.

3. ACCIÓN DEL VIENTO

La acción del viento se determina a partir de la ecuación (1) del apartado 8.3. Acciones de la Memoria en la cual se define como el producto de la presión dinámica del viento, el coeficiente de exposición y el coeficiente eólico de presión.

Ubicación del proyecto	Zona respecto a la velocidad básica del viento	Grado de aspereza del entorno
Alfajar, Valencia	A	IV

Tabla 22: Datos debidos a la ubicación del proyecto para el cálculo de la acción del viento.

Correspondiendo la ubicación del proyecto con la zona A de la Figura D.1 del DB SE-AE, como se establece en la Tabla 22, la presión dinámica del viento tiene el siguiente valor:

$$q_b = 0,42 \text{ kN/m}^2 \quad (56)$$

Así mismo al localizarse la estructura en una zona industrial el grado de aspereza del entorno es el que se define en esta misma tabla. Este determina, mediante la Tabla D.2 de la norma mencionada previamente, los parámetros necesarios para la obtención del valor del coeficiente de exposición. De esta manera debido a que la altura promedio de la estructura (z) es 5 metros:

$$F = k \cdot \ln\left(\frac{\max(z,Z)}{L}\right) \cong 0,62 \quad (57)$$

$$c_e = F \cdot (F + 7 \cdot k) \cong 1,34 \quad (58)$$

Los coeficientes de presión para cada zona de toda la superficie de cubierta de la marquesina se establecen en la Tabla D.10 Marquesinas a un agua con respecto a una inclinación de 30° y un factor de obstrucción nulo. Con estos valores, siguiendo la ecuación (1), se obtiene la carga de presión y succión del viento por m² para las zonas más significativas de la cubierta, zona A y B.

Cargas de viento por m ²	Presión (Q _{VP})	Succión (Q _{VS})
Zona A	1,235 kN/ m ²	-1,684 kN/ m ²

Tabla 23: Resultados de cargas de viento por m² en la Zona A de la cubierta.

Cargas de viento por m ²	Presión (Q _{VP})	Succión (Q _{VS})
Zona B	1,796 kN/ m ²	-2,133 kN/ m ²

Tabla 24: Resultados de cargas de viento por m² en la Zona B de la cubierta.

A partir de los valores hallados de las cargas de viento de presión y succión por m² para las distintas zonas y de los ámbitos de cargas de los pórticos, se calcularán las cargas distribuidas de estos tipos de vientos según las expresiones (59) y (60).

$$q_{VP} = Q_{VP} \cdot \text{Ámbito} \quad (59)$$

$$q_{VS} = Q_{VS} \cdot \text{Ámbito} \quad (60)$$

Como se determina en la siguiente tabla, los pórticos primero y último del conjunto estructural de la marquesina corresponden con la zona B expuesta a la acción del viento de la Tabla D.10 del DB SE-AE. Mientras que el resto de pórticos intermedios pertenecen a la zona A descrita en la norma.

Carga distribuida	Pórticos 1 y 13	Resto de pórticos
Ámbito	2,4 m	4,8 m
Zona correspondiente	B	A
Viento de presión	4,31 kN/m	5,93 kN/m

Tabla 25: Cálculo de cargas de viento de presión según las zonas y los ámbitos de carga de los pórticos.

Carga distribuida	Pórticos 1 y 13	Resto de pórticos
Ámbito	2,4 m	4,8 m
Zona correspondiente	B	A
Viento de succión	-5,12 kN/m	-8,08 kN/m

Tabla 26: Cálculo de cargas de viento de succión según las zonas y los ámbitos de carga de los pórticos.

4. ACCIÓN DE LA NIEVE

El cálculo de la acción de la nieve se determina a partir de la ecuación (2) del apartado 8.3. Acciones de la Memoria donde se define como el producto del coeficiente de forma de la cubierta (μ) y el valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal (s_k).

Mediante los datos establecidos en la siguiente tabla que corresponden con las especificaciones definidas en el Anejo E del DB SE-AE, se determina un valor de 0,2 kN/m² de la denominada s_k .

Ubicación del proyecto	Zona climática de invierno	Altitud (m)
Alfajar, Valencia	5	11

Tabla 27: Datos debidos a la ubicación del proyecto para el cálculo de la acción de la nieve.

A su vez presentando la cubierta una inclinación de 30°, el coeficiente de forma (μ) tiene un valor de 1. Por tanto, la carga de nieve por m² de superficie se establece como:

$$Q_N = 1 \cdot 0,2 \text{ kN/m}^2 = 0,2 \text{ kN/m}^2 \quad (61)$$

De esta forma a través de este resultado se calculan las distintas cargas distribuidas de nieve en los pórticos respecto a sus ámbitos:

$$q_N = Q_N \cdot \text{Ámbito} \quad (62)$$

Carga distribuida	Pórticos 1 y 13	Resto de pórticos
Ámbito	2,4 m	4,8 m
Nieve	0,48 kN/m	0,96 kN/m

Tabla 28: Cálculo de las cargas de nieve a partir de los ámbitos de carga de los pórticos.

5. ACCIÓN DEL SISMO

Ubicación	Aceleración sísmica básica (a_b/g)	Coefficiente de contribución (k)
Alfajar	0,07	1,0

Tabla 29: Datos sísmicos según la localización del proyecto.

La aceleración sísmica de cálculo se determina, según se indica en el Capítulo 2 de la normativa NCSE-02, de la siguiente forma:

$$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b \quad (63)$$

Siendo a_b la acción sísmica básica, ρ el coeficiente adimensional de riesgo que se relaciona con la importancia del terreno y S el coeficiente de amplificación del terreno.

La estructura de este proyecto presenta una importancia normal correspondiente con un valor del coeficiente adimensional de riesgo de 1. Así mismo ya que por su localización se estima que el suelo podría ser granular denso, el terreno se puede definir como tipo I con coeficiente de terreno (C) de valor 1 como se indica en la Tabla 2.1. del NCSE-02.

A partir de estos valores determinados y de las siguientes condiciones establecidas en la Figura 32, el coeficiente de amplificación del terreno (S) tiene un valor adimensional de 0,8 obteniéndose así una aceleración sísmica de cálculo (a_c) de 0,056g.

$$\begin{aligned} \text{Para } \rho \cdot a_b \leq 0,1 \text{ g} & \quad S = \frac{C}{1,25} \\ \text{Para } 0,1\text{g} < \rho \cdot a_b < 0,4 \text{ g} & \quad S = \frac{C}{1,25} + 3,33 \left(\rho \cdot \frac{a_b}{g} - 0,1 \right) \left(1 - \frac{C}{1,25} \right) \\ \text{Para } 0,4 \text{ g} \leq \rho \cdot a_b & \quad S = 1,0 \end{aligned}$$

Figura 32. Cálculo del coeficiente de amplificación del terreno (S). Fuente: NCSE-02.

De acuerdo con la ductilidad y el amortiguamiento que presente la estructura el espectro de respuesta elástica puede modificarse en función de estos parámetros. Así mismo, para el cálculo de la acción sísmica sobre la estructura se han estimado los siguientes valores de los mismos:

Amortiguamiento (Ω)	Ductilidad alta (μ)
4%	3

Tabla 30: Datos de amortiguamiento y ductilidad estimados de la estructura.

Siguiendo la normativa sismorresistente, a partir de dichos datos, se calcula el valor del coeficiente de respuesta mediante el factor de modificación del espectro en función del amortiguamiento (ν) y el coeficiente de comportamiento por ductilidad (μ) de la siguiente manera:

$$\nu = (5/\Omega)^{0,4} \cong 1,0934 \quad (64)$$

$$\beta = \nu/\mu \cong 0,365 \quad (65)$$

Para obtener el valor del espectro normalizado de respuesta elástica ($\alpha(T_n)$) se necesita determinar la rigidez de los soportes del pórtico, en este caso, del pilar central. Esta rigidez se calcula de la siguiente forma:

$$k = \frac{P}{f} = \frac{3 \cdot E \cdot I_y}{L^3} \cong 304,92 \text{ N/mm} \quad (66)$$

Siendo:

f : Flecha de deformación que se produce para una barra empotrada en uno de sus extremos.

P : Carga a la que se somete, es decir, la fuerza equivalente sísmica.

E : Módulo de elasticidad del material o módulo de Young.

I_y : Momento de inercia de la sección de la barra respecto al eje Y.

L : Longitud de la barra

El valor establecido con respecto a la expresión (66) se obtiene a través de los datos técnicos del módulo de elasticidad del acero en MPa, la inercia respecto al eje Y del perfil del pilar seleccionado y la longitud del pilar de 5 metros correspondiente con su altura.

Tras la obtención de la rigidez del pilar se calculará la frecuencia natural del sistema de la siguiente manera:

$$f_n = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{k}{m}} = 0,47 \text{ Hz} \quad (67)$$

Siendo m la masa en kilogramos de la carga permanente de peso de los componentes sobre el pórtico y k la rigidez resultante del sistema en unidades de $\text{N} \cdot \text{m}^{-1}$. La masa, a su vez, se calcula como el producto de todas las cargas de peso permanente por la superficie en m^2 en cada tramo de la marquesina dividido por la aceleración de la gravedad terrestre g .

$$m = \left((Q_{P,panel,t} + Q_{P,correa,t}) \cdot 2 + Q_{P,chapa} + Q_{P,tornillos} \right) \cdot A_{tramo} \cdot 10^3 / g \quad (68)$$

$$m = 35006,32 \text{ kg}$$

$$A_{tramo} = 4,8 \text{ m} \cdot 10 \text{ m} = 48 \text{ m}^2$$

A partir de la frecuencia se determina el período natural (T_n) que corresponde con la inversa de la frecuencia natural y mediante la función que se incluye a continuación se halla el valor del espectro normalizado de respuesta elástica ($\alpha(T_n)$).

$$\alpha(T_n) = \frac{k \cdot C}{T_n} = 0,47 \text{ s}^{-1}$$

En este caso k y C son los coeficientes de contribución y de terreno respectivamente.

Finalmente, con este resultado se establecen los valores del coeficiente sísmico adimensional y de la fuerza sísmica equivalente mediante las ecuaciones (3) y (4) definidas en el apartado 8.3. Acciones de la Memoria.

6. COMPROBACIONES

6.1. Bases de cálculo

- Estados Límite Últimos

Cumpliendo con la expresión (5) determinada en el apartado 8.4. Bases de cálculo de la Memoria y atendiendo con las especificaciones técnicas de catálogo establecidas para los perfiles laminados de cada uno de los elementos; se comprueba la resistencia de las vigas, los pilares y las barras rigidizadoras a los Estados Límite Últimos.

Esta verificación se realiza con respecto a los resultados de los esfuerzos de cálculo para cada uno de los componentes descritos en la Tabla 14 del apartado 8.5. Resultados del software de cálculo de la Memoria. Siendo los valores de tensión obtenidos:

Esfuerzos	Viga (Mayor momento)	Pilar (Mayor axil)	Barra rigidizadora diagonal (Mayor axil)
σ (MPa)	173,92	39,25	12,10
Acero	S275	S275	S275
f_{yd} (MPa)	261,91	261,91	261,91

Tabla 31: Tensiones máximas calculadas en los elementos del pórtico.

Así mismo se comprueba su resistencia debido a que el valor de la tensión a la que están sometidos es inferior a la resistencia de cálculo (f_{yd}) del acero empleado S275.

- Estados Límite de Servicio

Las deformaciones definidas en la Figura 29 y 30 del apartado 8.5. Resultados del software de cálculo de la Memoria deberán verificar la siguiente expresión:

$$f_{max} \leq L/300 = 11,33 \text{ mm} \quad (69)$$

Siendo f_{max} la flecha máxima de deformación y L la luz de la viga con respecto a su apoyo. Debido a que la barra rigidizadora funciona como un punto de apoyo para la viga ya que la une con el pilar, la luz que se establece es la longitud de la viga desde ese punto presentando un valor de 3,4 metros.

Así mismo, observando el resultado de la flecha máxima permitida se comprueba que los resultados conseguidos a través del software de SAP2000 cumplirían con los requisitos de los Estados Límites de Servicio.

6.2. Pandeo lateral del pilar

Siguiendo las condiciones de la Tabla 35.1.2.b del EAE, los perfiles tubulares acabados en caliente corresponden con la curva de pandeo **a** que se relaciona con un coeficiente de imperfección (α) de 0,21 según la Tabla 35.1.2.a de esta normativa.

Así mismo debido a que el pilar se encuentra empotrado en uno de sus extremos y libre en otro, a partir de la Tabla 70.4, se determina que el coeficiente β tendrá un valor adimensional igual a 2 con el cual se calculará la longitud de pandeo crítica del pilar:

$$L_{cr} = 2 \cdot L = 2 \cdot 0,22 \text{ m} = 0,44 \text{ m} = 440 \text{ mm} \quad (70)$$

Siendo L el canto del perfil del pilar correspondiente con la longitud de pandeo perpendicular al eje y .

Con este valor, los datos del módulo de elasticidad del acero y el momento de inercia respecto de eje y , se calcula el esfuerzo axil crítico elástico mediante la siguiente expresión:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000 \text{ MPa} \cdot 6050 \cdot 10^4 \text{ mm}^4}{(440 \text{ mm})^2} \cdot 10^{-3} \cong 647693 \text{ kN} \quad (71)$$

Finalmente, siguiendo los requerimientos para el cálculo del coeficiente de reducción χ se obtienen los siguientes valores:

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{8290 \text{ mm}^2 \cdot 275 \text{ MPa}}{647693 \cdot 10^3}} \cong 0,06 \quad (72)$$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (0,0593 - 0,2) + 0,0593^2] \cong 0,5 \quad (73)$$

$$\chi = \frac{1}{0,487 + \sqrt{0,487^2 - 0,0593^2}} \cong 1 \quad (74)$$

De esta forma según la expresión (14) del apartado 8.6.2. Pandeo lateral del pilar de la Memoria, se comprueba la resistencia del pilar a pandeo como se indica a continuación:

$$\frac{307,60 \cdot 10^3 \text{ N}}{8290 \text{ mm}^2 \cdot 1} + \frac{1,15 \cdot 10^6 \text{ Nmm}}{550 \cdot 10^3 \text{ mm}^3} \cong 39,2 \text{ MPa} \leq \frac{275 \text{ MPa}}{1,05} \quad (75)$$

6.3. Unión viga-pilar

Con respecto a los resultados de los esfuerzos de cálculos que se generan en la sección de la unión de la viga con el pilar establecidos en la Tabla 18 del apartado 8.5. Resultados del software de cálculo de la Memoria, se verificarán cada una de las comprobaciones para la unión indicadas en el apartado 8.6. Comprobaciones.

La comprobación de la resistencia de la unión al momento de diseño se verificará a partir de la función (15) del apartado 8.6.3.1. Unión viga-pilar de la Memoria de forma que se obtenga el siguiente resultado:

$$27,24 \text{ kNm} < M_{j,Rd} = F_{t,Rd,i} \cdot \sum d_i \cdot 2 = 121,07 \text{ kNm} \quad (76)$$

Siendo $F_{t,Rd,i}$ la resistencia a tracción de cada tornillo de valor 90,432 kN como se indica en la expresión (78) y d_i la distancia de cada tornillo al eje del ala inferior de la viga representada en la Figura 33. Los valores de las distancias para cada columna de tornillos según las especificaciones técnicas serán:

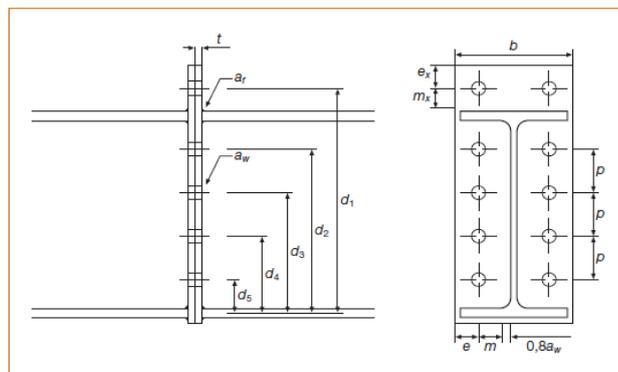


Figura 33. Distancias de los tornillos al perfil. Fuente: EAE.

d ₁ (mm)	d ₂ (mm)	d ₃ (mm)	d ₄ (mm)
69,41	134,71	200,01	265,31

Tabla 32: Datos de las distancias de los tornillos al perfil de la viga.

6.3.1. Tornillos

- Resistencia de los tornillos a cortante (Art. 58.6. EAE)

Los tornillos seleccionados para esta unión como se establece en el apartado 2.10. Tornillería del “**Pliogo de condiciones técnicas**”, son tornillos de métrica M16 y calidad 8.8. Estos tornillos, según las tablas 29.2.a y 58.7 de la Instrucción de Acero Estructural (EAE), presentan las siguientes características:

Diámetro (mm)	f _{yb} (MPa)	f _{ub} (MPa)	A _s (mm ²)
16	640	800	157

Tabla 33: Especificaciones técnicas de los tornillos de la unión viga-pilar.

Debido a que la unión estará formada por un número total de 8 tornillos y el número de planos de corte será de 1 unidad, siguiendo las expresiones (16) y (17) establecidas en el apartado 8.6.3.1. Tornillos de la Memoria se comprobará que:

$$F_{v,Ed} \leq 60,29 \text{ kN} \cdot 8 \text{ tornillos} = 482,32 \text{ kN} \quad (77)$$

Siendo $F_{v,Ed}$ el esfuerzo de cálculo a cortante al que están sometidos los tornillos que tiene un valor total de 403,84 kN correspondiente con la suma en valor absoluto del esfuerzo cortante en la unión y el axil de compresión del pilar.

- Resistencia a tracción de los tornillos (Art. 58.7. EAE)

Con los mismos datos representados en la Tabla 32, se verificará de la siguiente forma la resistencia a tracción de los tornillos a partir de las funciones (18) y (19) del apartado 8.6.3.1. Tornillos de la Memoria:

$$F_{t,Ed} \leq 90,432 \text{ kN} \cdot 8 \text{ tornillos} = 723,456 \text{ kN} \quad (78)$$

Siendo $F_{t,Ed}$ el esfuerzo a tracción de cálculo respectivo al axil de la viga en la sección de unión de valor 19,90 kN expresado en valor absoluto.

- Resistencia de los tornillos a la interacción cortante - tracción (Art. 58.7.1. EAE)

La resistencia de los tornillos a la interacción de los dos esfuerzos anteriores se comprueba siguiendo la expresión (20) del apartado 8.6.3.1. Tornillos de la Memoria:

$$\frac{403,84 \text{ kN}}{482,32 \text{ kN}} + \frac{19,90 \text{ kN}}{1,4 \cdot 723,456 \text{ kN}} \cong 0,86 \leq 1 \quad (79)$$

6.3.2. Chapa

- Resistencia de la chapa al desgarro (Art. 58.5. EAE)

Para el cálculo de la resistencia de la chapa al desgarro se necesita conocer el área neta sometida a tracción y a cortante como se indica en la expresión (21) del apartado 8.6.3.2. Chapa de la Memoria.

El área neta sometida a tracción será, siguiendo las dimensiones de la Figura 34, la siguiente:

$$A_{nt} = t \cdot \left(e_2 - \frac{d_0}{2} \right) = 10 \text{ mm} \cdot \left(34,7 - \frac{18}{2} \right) \text{ mm} = 257 \text{ mm}^2 \quad (80)$$

Siendo t el espesor de la chapa, e_2 la distancia desde el centro de un agujero al borde contiguo en dirección perpendicular al esfuerzo a transmitir y d_0 el diámetro del agujero. Así mismo el área neta sometida a cortante será:

$$A_{nv} = t \cdot (3 \cdot p_1 - 3 \cdot d_0) = 10 \text{ mm} \cdot (3 \cdot 65,3 - 3 \cdot 18) \text{ mm} = 1419 \text{ mm}^2 \quad (81)$$

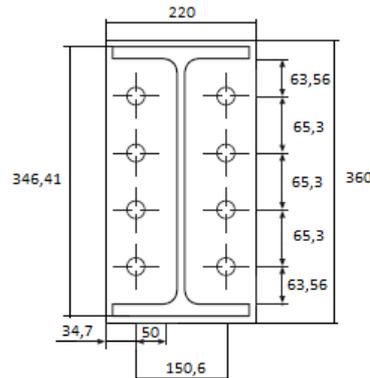


Figura 34. Disposiciones constructivas de los agujeros en la chapa. Fuente: Modificado con Paint.

Finalmente, a partir de las especificaciones técnicas de la chapa descritas en la tabla a continuación se determina la resistencia al desgarro de la misma.

Acero chapa	f_y (N/mm ²)	f_u (N/mm ²)	β_w
S275 JR	275	430	0,85

Tabla 34: Especificaciones técnicas del acero de la chapa.

La resistencia al desgarro de las dos columnas de tornillos es:

$$403,84 \text{ kN} < N_{ef,Rd,t} = 2 \cdot N_{ef,Rd} = 605,95 \text{ kN} \quad (82)$$

Siendo 403,84 kN (N_{Ed}) el valor de la suma en valor absoluto del esfuerzo cortante en la unión y el axil de compresión del pilar, correspondiente con el esfuerzo cortante total en los tornillos.

- Resistencia de la chapa por aplastamiento (Art. 58.6. EAE)

Seguendo las indicaciones del Art. 58.6. de la Instrucción de Acero Estructural EAE y a partir de las dimensiones de las disposiciones constructivas de los agujeros en la chapa establecidas en la Figura 34, se determinan los coeficientes α y β necesarios para el cálculo de la resistencia a aplastamiento de la chapa descrito mediante la función (23) del apartado 8.6.3.2. Chapa de la Memoria. Así mismo, verificándose su resistencia a partir del valor siguiente obtenido:

$$403,84 \text{ kN} < F_{b,Rd} = 137,6 \text{ kN} \cdot 8 \text{ tornillos} = 1100,8 \text{ kN} \quad (83)$$

Este valor de 403,84 kN corresponde con la definición descrita en el punto mencionado anteriormente.

- Resistencia a punzonamiento de una chapa (Art. 58.7. EAE)

Mediante la expresión (25) del apartado 8.6.3.2. Chapa de la Memoria y utilizando de los datos de las tablas 33 y 34, se verifica que:

$$t = 10 \text{ mm} > t_{\min} = 4,96 \text{ mm} \quad (84)$$

Con este resultado, no será necesario comprobar la resistencia a punzonamiento de la chapa.

6.4. Soldaduras

La verificación de la resistencia de todas las soldaduras de la estructura se realizará mediante la función (27) indicada en el apartado 8.6.3.3. Soldaduras de la Memoria. En concreto se efectuará este cálculo para las soldaduras de la unión viga-pilar y de la barra rigidizadora, ya que son las que se encuentran sometidas a los principales esfuerzos.

Debido a que las soldaduras unirán componentes de acero S275 para la determinación de la resistencia se utilizarán las características técnicas establecidas en la Tabla 34.

6.4.1. Unión viga-pilar

- Resistencia de los cordones del alma alrededor del perfil de la viga

Los cordones del alma presentarán unas dimensiones de espesor de garganta y longitud de 5 y 300 milímetros respectivamente. Con ello, se obtiene una resistencia de los dos cordones del alma de:

$$403,84 \text{ kN} < F_{w,Rd} \cdot 2 \text{ cordones} = 700,98 \text{ kN} \quad (85)$$

- Resistencia de los cordones de las alas alrededor del perfil de la viga

Los cordones inferiores de las alas tendrán unas dimensiones de 5 milímetros de espesor de garganta y 80,7 milímetros de longitud. Mientras que el cordón superior presentará el mismo espesor, pero 170 milímetros de longitud.

Por tanto, la resistencia conjunta de los dos cordones inferiores y del cordón superior será:

$$19,90 \text{ kN} < F_{w,Rd} = 387,17 \text{ kN} \quad (86)$$

Siendo el valor de 19,90 kN, el axil de la viga en la sección de la unión.

6.4.2. Barra rigidizadora

- Resistencia de los cordones de la unión de la barra con el pilar

Los cordones superiores e inferiores de la unión de la sección de la barra rigidizadora con el pilar deberán resistir al esfuerzo axil de compresión del pilar. Estos dos cordones tendrán las mismas dimensiones correspondientes con un espesor de garganta y una longitud de 5 y 110 milímetros respectivamente, obteniéndose en total una resistencia de:

$$307,60 \text{ kN} < F_{w,Rd} = 385,54 \text{ kN} \quad (87)$$

- Resistencia de los cordones de la unión de la barra con la viga

Los cordones laterales de la unión de la sección de la barra rigidizadora con la viga deberán resistir a los esfuerzos axil y cortante generados en esa zona de apoyo de la viga. Siendo dichos esfuerzos, los establecidos en la Tabla 14 del apartado 8.5. Resultados del software de cálculo de la Memoria.

De esta forma con las dimensiones de 5 y 110 milímetros descritas anteriormente, se verifica la resistencia de los cordones de la siguiente forma:

$$141,33 \text{ kN} < F_{w,Rd} = 385,54 \text{ kN} \quad (88)$$

Debido que en esta sección el esfuerzo axil es nulo solo se comprueba la resistencia de la soldadura al cortante de la viga.

6.5. Placa de anclaje y pernos

Como se indica en las especificaciones técnicas del apartado 2.1. Cimentaciones del “**Pliego de condiciones técnicas**” la zapata de cimentación será aislada rígida con hormigón HA-30/B/20/IIb el cual presenta las siguientes características técnicas:

f_{ck} (MPa)	γ_c	f_{cd} (MPa)
30	1,5	20

Tabla 35: Especificaciones técnicas del hormigón seleccionado.

Así mismo, las dimensiones de la placa base respecto a las especificaciones técnicas son:

a (mm)	b (mm)	t (mm)
400	400	10

Tabla 36: Dimensiones de la placa base.

- Resistencia de cálculo por rozamiento entre la placa base y el hormigón

Debido a que el mortero de nivelación empleado para este proyecto será de cemento y resinas sintéticas, el coeficiente de rozamiento entre la placa base y el hormigón adoptará un valor de 0,2. Así mismo siendo el axil de compresión del pilar el valor establecido en la Tabla 14, la resistencia por rozamiento que se determina según la expresión (28) es de:

$$F_{f,Rd} = 61,52 \text{ kN} \quad (89)$$

De esta forma, a partir de la función (29), se comprueba que dicha resistencia y la establecida a cortante para los pernos de anclaje es superior al esfuerzo cortante al que se somete el pilar.

$$0,38 \text{ kN} \leq 61,52 \text{ kN} + 50,96 \text{ kN} = 112,48 \text{ kN} \quad (90)$$

- Comprobación del espesor de la placa

La placa base de 10 milímetros de espesor y de acero S275 resiste un momento superior al máximo momento de sollicitación en la placa (M_{Ed}).

$$M_{Ed} = \frac{c^2 \cdot q}{2} \cdot 10^{-6} = 0,002 \text{ kNm} \leq M_{p,Rd} = \frac{t^2 \cdot f_{yd}}{4} \cdot 10^{-6} \cong 0,007 \text{ kNm} \quad (91)$$

Siendo:

$$q = f_{cd} (N/mm^2) \cdot 1 \text{ mm} \quad (92)$$

$$c \leq t \cdot \sqrt{\frac{f_{yd}}{3 \cdot f_{jd}}} = 12,36 \text{ mm} \quad (93)$$

- Resistencia a cortante de un perno de anclaje

A partir de los datos técnicos de los pernos de anclaje representados en la Tabla 37 mediante la expresión (31) del apartado 8.6.5. Placa de anclaje (base) y pernos de la Memoria, se obtiene una resistencia a cortante para un número total de 4 pernos de:

$$0,38 \text{ kN} < F_{vb,Rd} \cdot 4 \text{ pernos} = 90,6 \text{ kN} \quad (94)$$

La resistencia a cortante resultante presenta, así mismo, un valor superior al cortante al que está sometido el pilar.

Acero perno	f_{yk} (N/mm ²)	f_{ub} (N/mm ²)	D (mm)	As (mm ²)
B400S	400	440	16	201,06

Tabla 37: Especificaciones técnicas de los pernos de anclaje.

- Resistencia a compresión del hormigón

A partir de los datos de las tablas 35 y 36 se verifica que los valores de la resistencia a compresión del hormigón y el factor de concentración (k_j) de la expresión (32) y (33) respectivamente, sean correctos.

$$k_j = 3 < 5 \quad (95)$$

$$f_{jd} = 60 \text{ MPa} \leq 3,3 \cdot f_{cd} = 66 \text{ MPa} \quad (96)$$

6.6. Cimentación

La zapata, como se describe en el apartado 2.1. Cimentaciones del “**Pliego de condiciones técnicas**”, será una zapata aislada rígida cuadrada de dimensiones 1200x1200x500 mm de hormigón HA-30/B/20/IIb. Así mismo el terreno presentará una tensión admisible ($\sigma_{adm,t}$) de 0,2 MPa para suelos granulares densos, como se indica en la Tabla D.25 del Documento Básico SE-C Cimientos.

- Resistencia del terreno al hundimiento

En la cimentación de este proyecto debido a que el momento flector en el pilar es prácticamente nulo, la excentricidad de la carga (e) cumplirá con la siguiente expresión:

$$e = \frac{M}{N} \cong 0 < \frac{a}{6} = \frac{1200 \text{ mm}}{6} = 200 \text{ mm} \quad (97)$$

Por ello, la verificación de la resistencia del terreno al hundimiento se realizará siguiendo la expresión (34) del apartado 8.6.6. Cimentación de la Memoria.

$$\sigma_1 = \frac{N}{a \cdot b} + \frac{-M}{\left(\frac{a^2 \cdot b}{6}\right)} \cong 0,17 \text{ MPa} < 1,25 \cdot \sigma_{adm,t} = 0,25 \text{ MPa} \quad (98)$$

$$\sigma_0 = \frac{N}{a \cdot b} \cong 0,17 \text{ MPa} < \sigma_{adm,t} = 0,2 \text{ MPa} \quad (99)$$

Siendo N la suma de los esfuerzos de axil no mayorados en el pilar (N_p) de la Tabla 19 del apartado 8.5. Resultados del software de cálculo de la Memoria con el peso de la zapata (P_z) de dimensiones 1200x1200x500 mm y densidad del hormigón (ρ_H) de 25 kN/m³. Todo ello se determina en valor absoluto debido a que el peso y los axiles son de compresión y presentan valores negativos.

$$P_z = a \cdot b \cdot h \cdot \rho_H = (1200 \cdot 1200 \cdot 500) \cdot 10^{-9} \text{ m}^3 \cdot \frac{25 \text{ kN}}{\text{m}^3} = 18 \text{ kN} \quad (100)$$

$$N = |N_p| + |P_z| = 226,35 + 18 = 244,35 \text{ kN} \quad (101)$$

- Resistencia al deslizamiento del terreno

Debido a que los valores de los esfuerzos cortantes (Vd) no mayorados en los pilares son casi nulos, no es necesario la comprobación al deslizamiento del terreno.

- Resistencia al vuelco del terreno

Al igual que en el caso anterior estando sometidos los pilares a momentos flectores muy pequeños con respecto al valor de los axiles de compresión, la excentricidad será:

$$e = \frac{M}{N} \cong 0 < \frac{a}{4} = \frac{1200 \text{ mm}}{4} = 300 \text{ mm} \quad (102)$$

Así mismo, se verificará que el terreno resiste al vuelco.

- Resistencia estructural de la zapata

La comprobación (97) determina que la zapata estará totalmente comprimida. Por ello, la resistencia estructural de la misma se calculará cumpliendo con las funciones (38) y (40) descritas en el apartado 8.6.6. Cimentación de la Memoria.

$$T_{ad} = 98,512 \text{ kN} \quad (104)$$

$$T_{bd} = 98,512 \text{ kN} \quad (105)$$

Los valores de los esfuerzos de tracción en las armaduras T_{ad} y T_{bd} se determinan, así mismo, a través de los parámetros representados en la Figura 35 respecto de los esfuerzos mayorados en el pilar definidos en la Tabla 14 del apartado 8.5. Resultados del software de cálculo. Para su cálculo también se debe tener en cuenta las dimensiones de la zapata, el recubrimiento de las armaduras y las dimensiones del pilar.

Según las especificaciones técnicas, las dimensiones del perfil del pilar serán de 220x220 mm y el recubrimiento de las armaduras tendrá un valor de 50 mm, siendo el valor de d 450 mm correspondiente con la resta del canto de la zapata menos el recubrimiento.

$$R_{1d} = \frac{N_d}{2 \cdot a} (a + 3 \cdot e_d)$$

$$x_1 = \frac{a}{4} \left(\frac{a + 4 \cdot e_d}{a + 3 \cdot e_d} \right)$$

$$e_d = \frac{M_d}{N_d}$$

Figura 35. Parámetros para el cálculo de la resistencia estructural de la zapata. Fuente: Apuntes de Estructuras y Construcciones Industriales II (ETSID).

$$x_1 = \frac{1200 \text{ mm}}{4} \cdot \left(\frac{1200+3 \cdot 0}{1200+3 \cdot 0} \right) \text{ mm} = 300 \text{ mm} \quad (106)$$

$$R_{1d} = \frac{|-307,6 \text{ kN}|}{2 \cdot 1200 \text{ mm}} \cdot (1200 + 3 \cdot 0) \text{ mm} = 153,8 \text{ kN} \quad (107)$$

$$e_d = \frac{0 \text{ kNm}}{|-307,6 \text{ kN}|} = 0 \quad (108)$$

Siguiendo las expresiones (38) y (40) del apartado 8.6.6. Cimentación de la Memoria, las armaduras paralelas de cálculo para ambos lados de la zapata serán las siguientes:

$$A_{s,a} = A_{s,b} = \frac{98512 N}{\frac{400 MPa}{1,15}} = 283,22 mm^2 \quad (109)$$

Sin embargo, debido a que la armadura mínima necesaria para estas dimensiones de zapata presenta un valor de 600 mm² como se expresa en la función (113), se selecciona para las armaduras paralelas a ambos lados 6 barras corrugadas de diámetro 12 mm de acero B400S que cumplen con la cuantía geométrica mínima como se indica en la expresión (114).

$$A_{s,a} = A_{s,b} = 6 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cong 678,6 mm^2 \quad (110)$$

La separación de las barras de las armaduras se calcula como se muestra a continuación obteniéndose un valor de 22 cm para la misma.

$$s = \frac{(a-2 \cdot r)}{(n-1)} = \frac{(1200-2 \cdot 50)}{(6-1)} = 220 mm = 22 cm \quad (111)$$

Siendo r el recubrimiento de las armaduras, n el número de barras de cada armadura y a el ancho de la zapata. Esta misma expresión se utiliza respecto del largo de la zapata b que al presentar las mismas características de dimensiones, recubrimiento y número de barras; el valor de la separación de las barras será el mismo.

Las armaduras paralelas a ambos lados de barras corrugadas B400S de 6Ø12/22 cm cumplirán la resistencia estructural de la zapata de forma que:

$$T_{ad} = T_{bd} = 98,512 kN < 678,6 mm^2 \cdot \frac{400 MPa}{1,15} \cdot 10^{-3} = 236,035 kN \quad (112)$$

- Cuantías geométricas mínimas

Las cuantías geométricas mínimas (ρ) para las barras corrugadas B400S presentan un valor de 0,001. Por tanto, mediante conociendo el área de las armaduras y las dimensiones de las zapatas se comprueba respecto a las expresiones (41) y (42) que:

$$A_{s,min} = 0,001 \cdot 1200 mm \cdot 500 mm = 600 mm^2 \quad (113)$$

$$\rho = \frac{678,6 mm^2}{1200 mm \cdot 500 mm} = 0,001131 > 0,001 \quad (114)$$