



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Politécnica Superior de Alcoy

Diseño y estudio técnico de un sistema estructural modular
para anclaje de placas solares.

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Mecánica

AUTOR/A: Mantas Biosca, Óscar

Tutor/a: Reig Pérez, Miguel Jorge

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022

Resumen

El TFG tiene como objetivo el diseño y cálculo de un sistema de anclaje y montaje de placas solares preparado para poder ser válido para distintos modelos y dimensiones de placas solares y que permita su adaptación a distintos tipos de superficies de anclaje. Dicho equipo debe responder a las exigencias de la normativa vigente relacionada, así como mantener la seguridad de la instalación en distintas condiciones climatológicas y de solicitaciones de cargas.

En el desarrollo del TFG vendrá determinada la solución técnica para el diseño estructural del conjunto, realizando el diseño de los componentes que lo forman, así como estableciendo el mínimo número de referencias para conformar el sistema modular. Por otra parte, se llevará a cabo el cálculo mecánico de los componentes para verificar los requisitos exigibles según la normativa vigente.

Finalmente, se realizará una propuesta de proceso de fabricación de los componentes, y un cálculo de costes y presupuesto.

Palabras Clave

Anclaje; placas; solares; sistema; modular

Abstract

The objective of the TFG is the design and calculation of an anchoring and mounting system for solar panels prepared to be valid for different models and dimensions of solar panels and to allow their adaptation to different types of anchoring surfaces. This equipment must respond to the requirements of the related regulations in force, as well as maintain the safety of the installation in different weather conditions and load stresses.

In the development of the TFG, the technical solution for the structural design of the set will be determined, carrying out the design of the components that make it up, as well as establishing the minimum number of references to make up the modular system. On the other hand, the mechanical calculation of the components will be carried out in order to verify the requirements according to the current regulations.

Finally, a proposal will be made for the manufacturing process of the components, as well as a cost and budget calculation.

Palabras Clave

Anchorage; panels; solar; system; modular

Resum

El TFG té com a objectiu el disseny i càlcul d'un sistema d'ancoratge i muntatge de plaques solars preparat per a poder ser vàlid per a diferents models i dimensions de plaques solars i que permeta la seua adaptació a diferents tipus de superfícies d'ancoratge. Aquest equip ha de respondre a les exigències de la normativa vigent relacionada, així com mantindre la seguretat de la instal·lació en diferents condicions climatològiques i de sol·licitacions de càrregues.

En el desenvolupament del TFG vindrà determinada la solució tècnica per al disseny estructural del conjunt, realitzant el disseny dels components que el formen, així com establint el mínim número de referència per a conformar el sistema modular. D'altra banda, es durà a terme el càlcul mecànic dels components per a verificar els requisits exigibles segons la normativa vigent.

Finalment, es realitzarà una proposta de procés de fabricació dels components, i un càlcul de costos i pressupost.

Paraules Clau

Ancoratge; plaques; solars; sistema; modular

Agradecimientos

Al profesorado y a la EPSA por sobreponerse a una pandemia y ser capaz de encontrar métodos alternativos para transmitir sus conocimientos, así como a familiares y amigos por el apoyo ofrecido en los momentos más difíciles.

TABLA DE CONTENIDOS

DOCUMENTO I:	ÍNDICE DE CONTENIDOS
DOCUMENTO II:	MEMORIA
DOCUMENTO III:	ANEXOS
DOCUMENTO IV:	PLANOS
DOCUMENTO V:	PLIEGO DE CONDICIONES
DOCUMENTO VI:	PRESUPUESTO Y ESTUDIO ECONÓMICO

ÍNDICE DOCUMENTO Nº2: MEMORIA

1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objeto del proyecto	1
1.2 Objetivos	1
1.3 Antecedentes	1
1.4 Alcance del proyecto	5
2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	5
3 CRITERIOS PREVIOS DE DISEÑO	6
3.1 Disposición de los paneles solares	6
3.2 Orientación de los paneles solares	7
3.3 Inclinação de los paneles solares	7
3.4 Panel solar fotovoltaico	8
3.5 Distancia mínima entre filas de módulos	9
3.6 Análisis de las superficies de montaje	11
3.6.1 Estructuras lastradas sobre suelo	11
3.6.2 Estructuras fijas sobre suelo	12
3.6.3 Estructuras fijas sobre cubierta	13
4 SOLUCIÓN TÉCNICA ADOPTADA.....	17
4.1 Determinación de cargas y esfuerzos.....	17
4.2 Identificación de soluciones y diseño de piezas	19
4.3 Elementos comunes de anclaje	20
4.3.1 Panel solar fotovoltaico	20
4.3.2 Patas de soporte	21
4.3.3 Pinza intermedia	24
4.3.4 Pinza final	25
4.3.5 DIN 912-A2: Tornillo M8 30 mm.....	26
4.3.6 DIN 912-A2: Tornillo M8 20 mm.....	26
4.3.7 DIN 9021-A2: Arandela plana.....	27
4.3.8 DIN 127-A2: Arandela muelle Grower.....	27
4.3.9 DIN-934 A2: Tuerca hexagonal M8.....	27
4.3.10 Tuerca guía perforada rectangular.....	28
4.4 Elementos adicionales sobre cubierta chapa.....	28

4.4.1	<i>Perfil Solar Flat</i>	28
4.4.2	<i>DIN 7504-K A2: Tornillo Autotaladrante de cabeza hexagonal</i>	29
4.5	Elementos adicionales sobre cubierta chapa inclinada	30
4.5.1	<i>Salva greca</i>	30
4.6	Elementos adicionales sobre cubierta teja cerámica.....	31
4.6.1	<i>Salva teja</i>	31
4.7	Elementos adicionales sobre suelo	32
4.7.1	<i>Lastre hormigón</i>	32
4.8	Subensamblajes.....	33
4.8.1	<i>Soporte trasero</i>	33
4.8.2	<i>Soporte delantero</i>	34
4.8.3	<i>Ensamblaje patas de soporte a perfil Solar-Flat</i>	35
4.8.4	<i>Ensamblaje pinza intermedia a perfil Solar-Flat</i>	38
4.8.5	<i>Ensamblaje pinza final a perfil Solar-Flat</i>	40
4.9	Solución según la superficie	42
4.9.1	<i>Instalación sobre cubierta chapa inclinada</i>	42
4.9.2	<i>Instalación sobre cubierta de teja cerámica</i>	44
4.9.3	<i>Instalación sobre suelo mediante lastre hormigón</i>	46
4.10	Análisis de materiales constructivos	47
4.11	Propuesta de procesos de fabricación.....	48
4.11.1	<i>Proceso de fabricación de las patas de soporte</i>	48
4.11.2	<i>Proceso de fabricación del lastre de hormigón</i>	48
5	CONCLUSIONES	49
6	BIBLIOGRAFÍA	50

ÍNDICE FIGURAS DOCUMENTO Nº2: MEMORIA

- <i>Figura 1: Planta fotovoltaica flotante embalse de Sierra Brava. Fuente: Acciona.....</i>	<i>3</i>
- <i>Figura 2: Estructura de anclaje metálica móvil.....</i>	<i>4</i>
- <i>Figura 3: Modulo solar fotovoltaico JAM72S20-450/MR</i>	<i>9</i>
- <i>Figura 4: Croquis para el cálculo de distancia entre módulos. Fuente: Monsolar.....</i>	<i>10</i>
- <i>Figura 5: Estructura lastrada. Fuente: Solarbloc.es</i>	<i>12</i>
- <i>Figura 6: Estructura fija 2V-5H. Fuente: Suntechnics Energías Renovables S.L.</i>	<i>13</i>
- <i>Figura 7: Cubierta chapa metálica grecada.....</i>	<i>14</i>
- <i>Figura 8: Cubierta panel sándwich.....</i>	<i>14</i>
- <i>Figura 9: Cubierta teja cerámica mixta.....</i>	<i>15</i>
- <i>Figura 10: Cubierta Deck</i>	<i>16</i>
- <i>Figura 13: Acción del peso propio del panel sobre la estructura.....</i>	<i>19</i>
- <i>Figura 14: Acción del viento a succión sobre la estructura.....</i>	<i>19</i>
- <i>Figura 15: Acción de la carga de nieve sobre la estructura</i>	<i>19</i>
- <i>Figura 16: Diseño Módulo Fotovoltaico 450 W JA Solar.....</i>	<i>21</i>
- <i>Figura 17: Diseño Pata Trasera de soporte 20°</i>	<i>22</i>
- <i>Figura 18: Diseño pata delantera de soporte 20°</i>	<i>23</i>
- <i>Figura 19: Dimensiones Inclinación 20°</i>	<i>23</i>
- <i>Figura 20: Dimensiones inclinación 25°</i>	<i>24</i>
- <i>Figura 21: Dimensiones inclinación 30°</i>	<i>24</i>
- <i>Figura 23: Diseño pinza intermedia.....</i>	<i>25</i>
- <i>Figura 24: Diseño pinza final.....</i>	<i>26</i>
- <i>Figura 25: Diseño tuerca guía perforada rectangular DIN.....</i>	<i>28</i>
- <i>Figura 22: Diseño de perfil estándar 74x25 mm Solar-Flat</i>	<i>29</i>
- <i>Figura 29: Diseño salva greca</i>	<i>30</i>
- <i>Figura 28: Diseño salva teja</i>	<i>31</i>
- <i>Figura 26: Diseño lastre hormigón.....</i>	<i>32</i>
- <i>Figura 30: Ensamblaje Pata Trasera de soporte</i>	<i>34</i>
- <i>Figura 31: Ensamblaje Pata delantera de soporte</i>	<i>35</i>
- <i>Figura 32: Ensamblaje Pata trasera de soporte a perfil Solar-Flat.....</i>	<i>36</i>
- <i>Figura 33: Ensamblaje Pata delantera de soporte a perfil Solar-Flat</i>	<i>37</i>
- <i>Figura 34: Vista Lateral Ensamblaje Patas de Soporte 20° a perfil Solar-Flat</i>	<i>37</i>
- <i>Figura 35: Ensamblaje Anclaje Placa a Perfil Solar-Flat.....</i>	<i>38</i>
- <i>Figura 36: Ensamblaje pinza intermedia a perfil Solar Flat</i>	<i>39</i>
- <i>Figura 37: Detalle ensamblaje pinza intermedia a perfil Solar Flat</i>	<i>40</i>
- <i>Figura 38: Ensamblaje pinza final a perfil Solar Flat.....</i>	<i>41</i>

- <i>Figura 39: Detalle ensamblaje pinza final a perfil Solar Flat</i>	42
- <i>Figura 40: Anclaje Placas solares cubierta chapa metálica</i>	43
- <i>Figura 41: Detalle anclaje perfil a cubierta de chapa</i>	43
- <i>Figura 42: Anclaje Placas solares cubierta panel sándwich</i>	44
- <i>Figura 43: Detalle anclaje perfil a cubierta panel de sándwich</i>	44
- <i>Figura 44: Anclaje Placas solares cubierta teja cerámica</i>	45
- <i>Figura 45: Detalle anclaje perfil a cubierta de teja cerámica</i>	45
- <i>Figura 46: Anclaje placas solares a lastre de hormigón</i>	46
- <i>Figura 47: Detalle anclaje pinzas a lastre de hormigón</i>	47

ÍNDICE DOCUMENTO N°3: ANEXOS

ANEXO N°1: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	1
1.1 Inclinación de los paneles solares.....	1
1.2 Distancia mínima entre filas de módulos	1
1.3 Determinación de cargas y esfuerzos	3
1.3.1 Acciones permanentes.....	4
1.3.2 Acciones variables.....	4
1.4 Análisis de componentes	12
1.4.1 Simulación 1: Patas de soporte traseras.....	13
1.4.2 Simulación 2: Patas de soporte delanteras	17
1.4.3 Simulación 3: Estructura anclaje paneles solares	22
1.4.4 Lastre de hormigón	26
1.5 Determinación manual de reacciones sobre la estructura.....	27
1.5.1 Reacciones según carga Peso Propio	27
1.5.2 Reacciones según carga Peso Propio + Nieve	29
1.5.3 Reacciones según carga Viento Succión.....	30
1.5.4 Reacciones según carga Peso Propio + Nieve + Viento Succión.....	31
1.6 Proceso de selección de materiales.....	33
1.7 Propuesta de proceso de fabricación	34
1.7.1 Patas de soporte.....	34
1.7.2 Lastre de hormigón	35
ANEXO N°2: CATÁLOGOS ELEMENTOS COMERCIALES.....	38

ÍNDICE FIGURAS DOCUMENTO N°3: ANEXOS

- <i>Figura 1: Croquis para el cálculo de distancia entre módulos. Fuente: Monsolar</i>	2
- <i>Figura 2: Acción del peso propio sobre la estructura</i>	4
- <i>Figura 3: Descomposición de fuerzas debidas a la acción del viento</i>	5
- <i>Figura 4: Valor básico de la velocidad del viento</i>	6
- <i>Figura 5: Valores del coeficiente de exposición</i>	6
- <i>Figura 6: Valores del Coeficientes de presión</i>	8
- <i>Figura 7: Acción del viento a succión sobre la estructura</i>	9
- <i>Figura 8: Zonas climáticas de invierno. Figura E.2. CTE DB SE-AE</i>	10
- <i>Figura 9: Acción de la carga de nieve sobre la estructura</i>	12
- <i>Figura 10: Asignación material pata de soporte trasera</i>	13
- <i>Figura 11: Definición del entorno de simulación de la pata trasera</i>	14
- <i>Figura 12: Tensión máxima equivalente de Von Mises sobre pata de soporte trasera</i>	15
- <i>Figura 13: Deformación máxima pata de soporte trasera</i>	15
- <i>Figura 14: Error máximo pata de soporte trasera</i>	16
- <i>Figura 15: Coeficiente de seguridad pata de soporte trasera</i>	16
- <i>Figura 16: Asignación material pata de soporte delantera</i>	17
- <i>Figura 17: Definición del entorno de simulación de la pata de soporte delantera</i>	17
- <i>Figura 18: Tensión máxima equivalente de Von Mises sobre pata de soporte delantera</i>	18
- <i>Figura 19: Deformación máxima pata de soporte delantera</i>	19
- <i>Figura 20: Error máximo pata de soporte delantera</i>	19
- <i>Figura 21: Coeficiente de seguridad pata de soporte delantera</i>	20
- <i>Figura 22: Stress life curve Aluminum Alloy. software ANSYS Workbenck</i>	21
- <i>Figura 23: Coeficiente de seguridad a fatiga sobre pata de soporte trasera</i>	21
- <i>Figura 24: Coeficiente de seguridad a fatiga sobre pata de soporte delantera</i>	22
- <i>Figura 25: Entorno de simulación de la estructura de anclaje de placas solares</i>	23
- <i>Figura 26: Deformación máxima estructura de soporte</i>	24
- <i>Figura 27: Tensión máxima equivalente de Von Mises sobre la estructura de soporte</i>	24
- <i>Figura 28: Detalle Tensión máxima equivalente sobre la estructura de soporte</i>	25
- <i>Figura 29: Propiedades físicas del lastre hormigón. Software Solidworks</i>	27
- <i>Figura 30: Croquis Reacciones según carga Peso propio</i>	28
- <i>Figura 31: Croquis Reacciones según carga Peso propio + Nieve</i>	29
- <i>Figura 32: Croquis Reacciones según carga Viento Succión</i>	30
- <i>Figura 33: Cargas máximas admisibles según distancia entre correas</i>	31
- <i>Figura 34: Croquis Reacciones según carga Viento Succión</i>	32
- <i>Figura 35: Selección material patas de soporte. Fuente: ANSYS Granta EduPack</i>	34

-	<i>Figura 36: Distribución mecanizado patas de soporte.....</i>	<i>35</i>
-	<i>Figura 37: Molde fabricación lastre de hormigón plano</i>	<i>36</i>
-	<i>Figura 38: Despiece molde lastre de hormigón</i>	<i>36</i>
-	<i>Figura 39: Molde cerrado lastre hormigón.....</i>	<i>37</i>

INDICE TABLAS DOCUMENTO N°3: ANEXOS

- *Tabla 1: Inclinación de los paneles solares según la latitud y periodo..... 1*
- *Tabla 2: Distancias mínimas de separación entre filas de módulos..... 3*
- *Tabla 3: Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal (kN/m²). Tabla E.2. CTE SE-AE.. 10*
- *Tabla 4: Promedio sobrecarga de nieve por zona climática 11*
- *Tabla 5: Valores Interpolación lineal..... 11*
- *Tabla 6: Optimización del mallado de la pata de soporte trasera. 14*
- *Tabla 7: Optimización del mallado de la pata de soporte delantera..... 18*
- *Tabla 8: Asignación de materiales estructura anclaje placas solares 22*
- *Tabla 9: Optimización del mallado de la pata de soporte delantera..... 23*
- *Tabla 10: Reacciones debido al peso propio del panel 28*
- *Tabla 11: Reacciones debido al peso propio del panel + Carga Nieve 29*
- *Tabla 12: Reacciones debido a la acción del viento..... 30*
- *Tabla 12: Reacciones debido a la acción del viento..... 32*

ÍNDICE DOCUMENTO Nº4: PLANOS

- PLANO Nº1:** INSTALACIÓN SOBRE CUBIERTA PLANA.
- PLANO Nº2:** INSTALACIÓN SOBRE CUBIERTA INCLINADA.
- PLANO Nº3:** INSTALACIÓN SOBRE LASTRE DE HORMIGÓN.
- PLANO Nº4:** INSTALACIÓN COPLANAR MEDIANTE SALVAGRECA.
- PLANO Nº5:** INSTALACIÓN COPLANAR MEDIANTE SALVATEJA.
- PLANO Nº6:** ENSAMBLAJE PATA DE SOPORTE DELANTERA.
- PLANO Nº7:** ENSAMBLAJE PATA DE SOPORTE TRASERA.
- PLANO Nº8:** DIMENSIONES PATAS DE SOPORTE DELANTERA.
- PLANO Nº9:** DIMENSIONES PATAS DE SOPORTE TRASERA.
- PLANO Nº10:** DIMENSIONES PINZA INTERMEDIA.
- PLANO Nº11:** DIMENSIONES PINZA FINAL.
- PLANO Nº12:** DIMENSIONES PERFIL SOLAR-FLAT.
- PLANO Nº13:** DIMENSIONES LASTRE HORMIGÓN.
- PLANO Nº14:** MECANIZADO PATAS DE SOPORTE 20°.
- PLANO Nº15:** MECANIZADO PATAS DE SOPORTE 25°.
- PLANO Nº16:** MECANIZADO PATAS DE SOPORTE 30°.
- PLANO Nº17:** DIMENSIONES MOLDE LASTRE HORMIGÓN.
- PLANO Nº18:** EJEMPLO EMPLAZAMIENTO INSTALACIÓN 100 KW.

ÍNDICE DOCUMENTO N°5: PLIEGO DE CONDICIONES

1	OBJETO DEL PLIEGO	4
2	PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES	4
2.1	Reglamentos y disposiciones consideradas	4
2.2	Reglamentación elementos normalizados	5
2.3	Transporte y suministro	5
2.4	Acopio de materiales	5
2.5	Protecciones	6
3	PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS	6
3.1	Materiales.....	6
3.2	Procesos de fabricación	6
3.3	Comprobaciones Iniciales	6
3.4	Estructura de soporte	7
3.5	Instrucciones de montaje sobre cubierta de chapa.....	7
3.5.1	<i>PASO 1</i>	8
3.5.2	<i>PASO 2</i>	8
3.5.3	<i>PASO 3</i>	11
3.6	Manual de mantenimiento	12
4	PLIEGO DE CONDICIONES ECONÓMICAS	13

ÍNDICE FIGURAS DOCUMENTO Nº5:

PLIEGO DE CONDICIONES

- *Figura 1: Vista explosionada anclaje del perfil a cubierta existente 8*
- *Figura 2: Despiece subensamblaje pata de soporte trasera 10*
- *Figura 3: Despiece subensamblaje pata de soporte delantera..... 11*
- *Figura 4: Despiece ensamblaje placa solar a patas de soporte..... 12*

ÍNDICE DOCUMENTO N°6: PRESUPUESTO Y ESTUDIO ECONÓMICO

1	DEFINICIÓN DE ELEMENTOS.....	3
1.1	Listado de componentes sujeción unitaria	3
1.2	Coste unitario de elementos normalizados	3
1.3	Coste unitario de elementos diseñados	4
1.4	Presupuesto de ejecución material	4
2	EJEMPLO PRESUPUESTO INSTALACIÓN 100 KW SOBRE CUBIERTA	6
2.1	Presupuesto de ejecución material	7
2.2	Presupuesto de ingeniería de diseño	7
2.3	Presupuesto costes de montaje.....	7
2.4	Presupuesto base de licitación	8

ÍNDICE TABLAS DOCUMENTO Nº6: PRESUPUESTO Y ESTUDIO ECONÓMICO

- *Tabla 1: Tabla listado de componentes sujeción un panel solar 3*
- *Tabla 2: Coste unitario de elementos de sujeción estandarizados 4*
- *Tabla 3: Coste unitario de elementos de sujeción de elementos diseñados..... 4*
- *Tabla 4: Presupuesto de ejecución material para el anclaje y soporte de una placa solar 5*

DOCUMENTO Nº2: MEMORIA

ÍNDICE DOCUMENTO Nº2: MEMORIA

1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objeto del proyecto	1
1.2 Objetivos	1
1.3 Antecedentes	1
1.4 Alcance del proyecto	5
2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	5
3 CRITERIOS PREVIOS DE DISEÑO	6
3.1 Disposición de las paneles solares	6
3.2 Orientación de los paneles solares	7
3.3 Inclinación de los paneles solares	7
3.4 Panel solar fotovoltaico	8
3.5 Distancia mínima entre filas de módulos	9
3.6 Análisis de las superficies de montaje	11
3.6.1 Estructuras lastradas sobre suelo	11
3.6.2 Estructuras fijas sobre suelo	12
3.6.3 Estructuras fijas sobre cubierta	13
4 SOLUCIÓN TÉCNICA ADOPTADA.....	17
4.1 Determinación de cargas y esfuerzos.....	17
4.2 Identificación de soluciones y diseño de piezas	19
4.3 Elementos comunes de anclaje	20
4.3.1 Panel solar fotovoltaico	20
4.3.2 Patas de soporte	21
4.3.3 Pinza intermedia	24
4.3.4 Pinza final	25
4.3.5 DIN 912-A2: Tornillo M8 30 mm.....	26
4.3.6 DIN 912-A2: Tornillo M8 20 mm.....	26
4.3.7 DIN 9021-A2: Arandela plana.....	27
4.3.8 DIN 127-A2: Arandela muelle Grower.....	27
4.3.9 DIN-934 A2: Tuerca hexagonal M8.....	27
4.3.10 Tuerca guía perforada rectangular.....	28
4.4 Elementos adicionales sobre cubierta chapa.....	28

4.4.1	<i>Perfil Solar Flat</i>	28
4.4.2	<i>DIN 7504-K A2: Tornillo Autotaladrante de cabeza hexagonal</i>	29
4.5	Elementos adicionales sobre cubierta chapa inclinada	30
4.5.1	<i>Salva greca</i>	30
4.6	Elementos adicionales sobre cubierta teja cerámica.....	31
4.6.1	<i>Salva teja</i>	31
4.7	Elementos adicionales sobre suelo	32
4.7.1	<i>Lastre hormigón</i>	32
4.8	Subensamblajes.....	33
4.8.1	<i>Soporte trasero</i>	33
4.8.2	<i>Soporte delantero</i>	34
4.8.3	<i>Ensamblaje patas de soporte a perfil Solar-Flat</i>	35
4.8.4	<i>Ensamblaje pinza intermedia a perfil Solar-Flat</i>	38
4.8.5	<i>Ensamblaje pinza final a perfil Solar-Flat</i>	40
4.9	Solución según la superficie	42
4.9.1	<i>Instalación sobre cubierta chapa inclinada</i>	42
4.9.2	<i>Instalación sobre cubierta de teja cerámica</i>	44
4.9.3	<i>Instalación sobre suelo mediante lastre hormigón</i>	46
4.10	Análisis de materiales constructivos	47
4.11	Propuesta de procesos de fabricación.....	48
4.11.1	<i>Proceso de fabricación de las patas de soporte</i>	48
4.11.2	<i>Proceso de fabricación del lastre de hormigón</i>	48
5	CONCLUSIONES	49
6	BIBLIOGRAFÍA	50

ÍNDICE FIGURAS DOCUMENTO Nº2: MEMORIA

- <i>Figura 1: Planta fotovoltaica flotante embalse de Sierra Brava. Fuente: Acciona.....</i>	<i>3</i>
- <i>Figura 2: Estructura de anclaje metálica móvil.....</i>	<i>4</i>
- <i>Figura 3: Modulo solar fotovoltaico JAM72S20-450/MR</i>	<i>9</i>
- <i>Figura 4: Croquis para el cálculo de distancia entre módulos. Fuente: Monsolar.....</i>	<i>10</i>
- <i>Figura 5: Estructura lastrada. Fuente: Solarbloc.es</i>	<i>12</i>
- <i>Figura 6: Estructura fija 2V-5H. Fuente: Suntechnics Energías Renovables S.L.</i>	<i>13</i>
- <i>Figura 7: Cubierta chapa metálica grecada.....</i>	<i>14</i>
- <i>Figura 8: Cubierta panel sándwich.....</i>	<i>14</i>
- <i>Figura 9: Cubierta teja cerámica mixta.....</i>	<i>15</i>
- <i>Figura 10: Cubierta Deck</i>	<i>16</i>
- <i>Figura 13: Acción del peso propio del panel sobre la estructura.....</i>	<i>19</i>
- <i>Figura 14: Acción del viento a succión sobre la estructura.....</i>	<i>19</i>
- <i>Figura 15: Acción de la carga de nieve sobre la estructura</i>	<i>19</i>
- <i>Figura 16: Diseño Módulo Fotovoltaico 450 W JA Solar.....</i>	<i>21</i>
- <i>Figura 17: Diseño Pata Trasera de soporte 20°</i>	<i>22</i>
- <i>Figura 18: Diseño pata delantera de soporte 20°</i>	<i>23</i>
- <i>Figura 19: Dimensiones Inclinación 20°</i>	<i>23</i>
- <i>Figura 20: Dimensiones inclinación 25°</i>	<i>24</i>
- <i>Figura 21: Dimensiones inclinación 30°</i>	<i>24</i>
- <i>Figura 23: Diseño pinza intermedia.....</i>	<i>25</i>
- <i>Figura 24: Diseño pinza final.....</i>	<i>26</i>
- <i>Figura 25: Diseño tuerca guía perforada rectangular DIN.....</i>	<i>28</i>
- <i>Figura 22: Diseño de perfil estándar 74x25 mm Solar-Flat</i>	<i>29</i>
- <i>Figura 29: Diseño salva greca</i>	<i>30</i>
- <i>Figura 28: Diseño salva teja</i>	<i>31</i>
- <i>Figura 26: Diseño lastre hormigón.....</i>	<i>32</i>
- <i>Figura 30: Ensamblaje Pata Trasera de soporte</i>	<i>34</i>
- <i>Figura 31: Ensamblaje Pata delantera de soporte</i>	<i>35</i>
- <i>Figura 32: Ensamblaje Pata trasera de soporte a perfil Solar-Flat.....</i>	<i>36</i>
- <i>Figura 33: Ensamblaje Pata delantera de soporte a perfil Solar-Flat</i>	<i>37</i>
- <i>Figura 34: Vista Lateral Ensamblaje Patas de Soporte 20° a perfil Solar-Flat</i>	<i>37</i>
- <i>Figura 35: Ensamblaje Anclaje Placa a Perfil Solar-Flat.....</i>	<i>38</i>
- <i>Figura 36: Ensamblaje pinza intermedia a perfil Solar Flat</i>	<i>39</i>
- <i>Figura 37: Detalle ensamblaje pinza intermedia a perfil Solar Flat</i>	<i>40</i>
- <i>Figura 38: Ensamblaje pinza final a perfil Solar Flat.....</i>	<i>41</i>

- <i>Figura 39: Detalle ensamblaje pinza final a perfil Solar Flat</i>	42
- <i>Figura 40: Anclaje Placas solares cubierta chapa metálica</i>	43
- <i>Figura 41: Detalle anclaje perfil a cubierta de chapa</i>	43
- <i>Figura 42: Anclaje Placas solares cubierta panel sándwich</i>	44
- <i>Figura 43: Detalle anclaje perfil a cubierta panel de sándwich</i>	44
- <i>Figura 44: Anclaje Placas solares cubierta teja cerámica</i>	45
- <i>Figura 45: Detalle anclaje perfil a cubierta de teja cerámica</i>	45
- <i>Figura 46: Anclaje placas solares a lastre de hormigón</i>	46
- <i>Figura 47: Detalle anclaje pinzas a lastre de hormigón</i>	47

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Objeto del proyecto

El objeto del presente documento consiste en el diseño de un sistema modular para realizar el anclaje de placas solares que permita adaptarse a distintos tipos de superficies, así como a diferentes dimensiones de módulos solares fotovoltaicos. Facilitando y reduciendo los tiempos de montaje, así como adaptándose a las circunstancias de mercado.

A su vez, se buscará encontrar una solución técnica, para maximizar la producción solar fotovoltaica contribuyendo así a una mayor sostenibilidad energética, social y medioambiental debido a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (CO₂, NO_x, SO_x)

1.2 Objetivos

El principal objetivo del proyecto es encontrar un sistema totalmente modular que permita según la disposición y ensamblaje de las piezas, ser adaptado a cualquier tipo de superficie para maximizar en todo momento la radiación solar sobre las placas solares, y en consecuencia, garantizar un óptimo rendimiento de la instalación solar fotovoltaica.

El sistema estructural modular debe de ser capaz de reducir los tiempos de montaje sobre las superficies, empleando el menor número de componentes de fijación posibles. A su vez, debe de presentar una fiabilidad mínima de vida óptima operativa para poder ser competitiva en el mercado.

Una vez realizado el diseño de determinados componentes, se realizará un estudio de los materiales óptimos para su fabricación en función de su comportamiento frente a los agentes atmosféricos a los que se encontrará expuesto y las sollicitaciones de cargas establecidas.

Finalmente, se desarrollará un análisis de costes de la estructura de sujeción de los paneles solares fotovoltaicos.

1.3 Antecedentes

Históricamente, la industria de la energía solar fotovoltaica ha ido desarrollando diferentes técnicas y métodos de anclaje y soporte para la estructura de paneles solares fotovoltaicos, con la finalidad de mejorar el rendimiento de las celdas solares de cada una de las placas solares, así como para adaptarse a un mayor número de superficies y en

consecuencia aumentar su aplicación en la industria de la energía en términos de producción.

En 1838, Alexandre Edmond Becquerel, un joven francés de 19 años, descubrió que la corriente en uno de los electrodos de una pila electrolítica aumentaba cuando se veía expuesta a la radiación solar.

En 1873 Willoughby Smith, un ingeniero inglés, descubre el efecto fotovoltaico en sólidos, en este caso en el Selenio.

El efecto fotovoltaico está basado en la incidencia de un fotón producido por la radiación solar, sobre un electrón presente en la última capa de valencias de un átomo. Si la fuerza transmitida al electrón supera a la de la fuerza de atracción del núcleo, el electrón se desplaza originando un flujo de electrones a lo largo de todo el material.

Posteriormente, el profesor en la *King College* de Londres Gyrlls Adams junto con su alumno Richard Evans Day en 1877, crearon la primera célula fotovoltaica fabricada con selenio. En la que la producción de energía era muy limitada, pero en la que se determinaba la posibilidad de crear energía a partir de la luz solar a través de un medio sólido sin partes móviles.

Años más tarde, mientras *Gerald Person* realizaba una serie de experimentos para determinar las aplicaciones en electrónica del Silicio en 1953, desarrolló casi de manera fortuita la primera célula fotovoltaica fabricada en Silicio que resultaba ser mucho más eficiente que las de Selenio y permitía la generación suficiente de energía eléctrica como para aplicarse en ciertas prácticas.

Inicialmente el coste de una célula solar era muy elevado. No fue hasta finales del siglo XX, con la ayuda del desarrollo tecnológico se redujo el coste de forma significativa.

Desde entonces se han seguido realizando avances tecnológicos que han permitido desarrollar módulos solares mucho más eficientes y ligeros que han permitido reducir los costes.

Todo ello ligado a los diferentes acuerdos establecidos contra el cambio climático y la emisión de gases de efecto invernadero, han desencadenado un crecimiento exponencial en la industria energética fotovoltaica

Por ello, con la actual demanda, existe gran cantidad de superficies donde ubicar las instalaciones solares fotovoltaicas, adaptándolas a las necesidades del cliente y a diferentes condicionantes geográficos.

Las superficies sobre las que realizar una instalación solar podemos diferenciarlas básicamente en instalaciones realizadas sobre suelo y en instalaciones realizadas sobre

cubierta. Posteriormente se pueden clasificar en función del material constructivo de la cubierta y de la inclinación que presentan, entre otros.

Adicionalmente, y sobre todo a lo largo de los últimos años se está estudiando la viabilidad e instauración de un método que compatibilice la instalación de paneles solares fotovoltaicos sobre pantanos, lagos, embalses, etc.

Debido a que se dispone de elevadas superficies donde instalar gran cantidad de paneles sin ocupar espacios aprovechables para la agricultura u otros servicios.

Además, aporta una serie de factores que pueden resultar positivos, como reducir la exposición al sol, y en consecuencia la temperatura y evaporación del agua.

Sin embargo, todavía se mantiene en estudio la compatibilidad de estas instalaciones con los ecosistemas de denominadas superficies y entornos, y con la calidad del agua.

El Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) se encuentra estableciendo las bases para su implantación en diversas superficies de dominio público hidráulico del Estado. Aunque hasta la fecha tan solo se ha implantado una planta piloto en el embalse de Sierra Brava, en término municipal de Zorita (Cáceres) donde se están analizando la influencia de dichos factores.



Figura 1: Planta fotovoltaica flotante embalse de Sierra Brava. Fuente: Acciona

En cuanto a los materiales empleados para el soporte de los paneles solares fotovoltaicos podemos clasificarlos en estructuras metálicas y no metálicas.

Las estructuras metálicas empleadas para la sustentación y anclaje de las placas solares más habituales son de acero inoxidable o diversas aleaciones de aluminio inoxidable que presenten elevados valores de resistencia mecánica.

En contraposición, las estructuras no metálicas empleadas para la sujeción de las placas solares que se pueden encontrar en el mercado están fabricadas en hormigón generalmente, y se las conoce como estructuras lastradas.

En cuanto a la movilidad que presenta la estructura de anclaje de los paneles solares, se pueden clasificar en estructuras fijas o móviles, siendo las estructuras fijas las más habituales en el sector fotovoltaico.

Las estructuras móviles generalmente incorporan articulaciones y/o ejes de giro, además de la tecnología necesaria para seguir en todo momento la radiación solar, modificando el ángulo de exposición de este y maximizando la radiación sobre el panel y en consecuencia aumentando el rendimiento energético del sistema y la producción de energía.

Por contraposición, se trata de estructuras con un coste muy elevado por la tecnología que incorpora para el seguidor solar, así como por los elevados tiempos de instalación y mantenimiento.



Figura 2: Estructura de anclaje metálica móvil.

En cuanto a las estructuras fijas de anclaje directamente sobre suelo podemos encontrar, estructuras metálicas hincadas directamente sobre el suelo y estructuras fabricadas en hormigón que sirven de soporte de las placas solares.

En cuanto a las instalaciones sobre cubiertas, podemos realizar una clasificación según la inclinación de esta y según el material en la que está fabricado. Pudiendo diferenciar entre cubiertas planas o con una pendiente de inclinación, y entre cubiertas fabricadas en chapa grecada, panel de sándwich, teja cerámica plana, curva, etc.

Una vez documentados todos los tipos de instalaciones solares fotovoltaicas es conveniente realizar un análisis de las inconveniencias que presentan cada uno de ellos.

Comenzando por las instalaciones fotovoltaicas flotantes. Tal y como se ha comentado previamente, es un ámbito de aplicación que todavía se encuentra en estudio su compatibilidad medio ambiental por lo menos a lo largo de todo el territorio nacional.

Para las estructuras móviles, aun presentando el mayor rendimiento energético en función del tipo de instalación, se determina que la ligera variación de energía anual en comparación con estructuras fijas se puede paliar con la instalación de algunos módulos solares fotovoltaicos adicionales y dotando al panel de la inclinación y orientación necesaria para que alcance su pico de producción durante el mayor periodo de tiempo posible. Reduciendo el coste de inversión en la estructura de anclaje.

Las estructuras metálicas ancladas sobre suelo, pese a garantizar un anclaje óptimo de los paneles solares y presentar un coste asumible, incrementa el coste total de ejecución de la estructura de anclaje debido al perforado o hincado de los postes de soporte.

Por todo ello, en la actualidad, las empresas instaladoras siguen una progresiva tendencia hacia instalaciones solares fotovoltaicas fijas y en la medida de lo posible evitando el perforado del terreno cuando se realicen sobre suelo.

Adicionalmente, para que la instalación logre extraer la mayor producción energética posible en función del tipo de cubierta, se deberá analizar dicha cubierta y dotar a los paneles de la estructura portante que sea capaz de garantizar el correcto anclaje y dote a estos de los parámetros que influyen directamente para optimizar su rendimiento productivo.

1.4 Alcance del proyecto

Para la ejecución del cálculo y diseño del sistema estructural modular, se ha determinado que el ámbito de aplicación se establezca a lo largo de todo el territorio nacional, con el fin de homogeneizar los cálculos y consideraciones reglamentarias. Además de establecer un análisis de costes totalmente realista con proveedores nacionales.

2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Para el diseño y desarrollo del presente proyecto se han considerado cada uno de los siguientes reglamentos:

- *UNE 157001/2014*, Criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico.

- *CTE-DB-SE-AE Seguridad Estructural - Acciones en la edificación*, en el que se establecen las acciones gravitatorias, nieve, viento, térmicas, geológicas, accidentales y dinámicas.
- PNE-EN 50331-1 “Sistemas fotovoltaicos en edificios. Parte 1: Requisitos de seguridad”.
- *Eurocódigo 1*, Acciones en las estructuras – Parte 1-3.
- *Eurocódigo 1*, Acciones en las estructuras – Parte 1-4.
- *Eurocódigo 3*, Diseño de estructuras metálicas
- *Eurocódigo 4*, Proyecto de estructuras mixtas de acero y hormigón
- *Eurocódigo 9*, Diseño de estructuras de aluminio. Parte 1-1: Reglas generales
- *UNE-EN ISO 3269:2020*, Elementos de Fijación
- *PCT-C-REV - julio 2011*, Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de energía solar fotovoltaica conectadas a Red por el IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía)

3 CRITERIOS PREVIOS DE DISEÑO

3.1 Disposición de las paneles solares

Uno de los principales puntos de análisis a la hora de configurar una instalación solar fotovoltaica es como deben disponerse los paneles solares sobre la estructura portante, pudiendo colocarse de forma horizontal o vertical sobre dada estructura.

En función de cómo se procede a disponer las placas solares se deberán configurar el resto de los criterios previos de diseño de un modo u otro.

Para realizar una selección del modo de disposición óptimo, se deben de considerar tanto parámetros técnicos como son las sombras o la acción del viento, como parámetros económicos.

En cuanto a los parámetros técnicos se debe considerar que las placas solares están formadas por una serie de celdas que generan energía eléctrica. Estas celdas se encuentran cableadas internamente en serie siguiendo el lado largo del panel. Es decir, si se dispone la placa de forma horizontal y se produce una sombra sobre la primera fila de celdas, tan solo se vería afectada la producción de dicha fila. Sin embargo, si se dispone el panel de forma vertical, y la primera fila se ve afectada por una sombra, esta afectaría a todas las series de celdas del panel.

Adicionalmente, la carga que ejerce el viento sobre el módulo solar fotovoltaico es función del área de exposición que presente. Es por ello, que un módulo en horizontal presenta una menor resistencia al flujo de viento y en consecuencia, la carga actuante sobre la estructura será menor, y por tanto el coste estructural para la correcta sujeción de placas solares también será menor.

3.2 Orientación de los paneles solares

Para realizar el diseño de una instalación solar fotovoltaica y asegurar su correcto funcionamiento, es muy importante decidir la orientación de los paneles solares ya que influirá directamente en la exposición que estos posean a la radiación solar durante el día, y en consecuencia a la radiación que sean capaces de captar sus células.

Según establece el IDAE *El Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía de España*, la orientación óptima del panel queda definida por el ángulo denominado azimut (α), que es el ángulo que forma la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del módulo y el meridiano del lugar.

Para hallar la orientación óptima de los paneles solares debe considerarse la ubicación de estos, en este caso, los paneles captarán la mayor cantidad de radiación solar si se orientan al sur geográfico, donde $\alpha = 0^\circ$.

3.3 Inclinación de los paneles solares

Otro punto importante para el diseño de instalaciones solares fotovoltaicas es la inclinación que deben poseer los módulos sobre la normal para captar la mayor cantidad de radiación solar.

Al igual que para la orientación, el IDAE establece que la inclinación de los módulos queda definida según el ángulo de inclinación β , que es el ángulo que forma la superficie de los módulos con el plano horizontal.

El cálculo de la inclinación óptima de los paneles solares se obtiene considerando el periodo en el cual se empleará la instalación solar fotovoltaica, así como la latitud del emplazamiento donde quedaran instalados.

Según se establece en el apartado *Alcance del proyecto*, el ámbito de aplicación sobre el que se va a realizar el diseño de la estructura modular de anclaje determina un rango de latitudes entre los 36° que se encuentra el extremo sur de la península y 42° en el extremo norte.

Siguiendo los cálculos establecidos por el IDAE, se determina que las inclinaciones óptimas, donde se obtienen las menores pérdidas por inclinación de los módulos solares

fotovoltaicos a lo largo de toda la península sería de entre 26° y 32° tal y como se muestra en el *Anexo N°1: Cálculos justificativos*.

En consecuencia, según la superficie y la pendiente donde se vayan a instalar los módulos solares fotovoltaicos, se deberá ajustar para lograr dicha inclinación óptima donde se maximiza el rendimiento de la instalación.

A efectos de cálculo, podemos adoptar un ángulo promedio de inclinación de 20° sumado a la pendiente de la cubierta para alcanzar esa inclinación óptima. Dado que generalmente las instalaciones solares fotovoltaicas se realizan sobre superficies que presentan un desnivel o inclinación propiamente.

3.4 Panel solar fotovoltaico

Los paneles solares fotovoltaicos a lo largo del tiempo se han ido desarrollando con el fin de mejorar el rendimiento energético y así la producción de energía.

En la actualidad, podemos encontrar una gran oferta de paneles solares con diferentes dimensiones, así como diferentes potencias pico capaces de producir dicho panel solar.

La potencia pico en un panel solar fotovoltaico, es la mayor potencia que es capaz de generar bajo unas condiciones estándar de medida: Temperatura a 20°C, Irradiancia recibida 1000 W/m², Masa de aire de 1.5.

A su vez, las dimensiones de los diferentes paneles solares que podemos encontrar en el mercado dependen principalmente de cuantas células incorporan, lo que se traduce en mayor superficie de panel y mayor potencia pico.

A nivel general la mayoría de los paneles solares fotovoltaicos instalados en la actualidad poseen un elevado rango de células fotovoltaicas, lo que se traduce en unas dimensiones de 1 metro de ancho y que varían entre los 2 y 1,60 metros de largo. En cuanto al espesor del panel, la mayoría de los paneles solares poseen un grosor de unos 35-40 cm.

A efectos de solicitaciones de cargas, se va a seleccionar el panel más grande puesto que la superficie que ocupa es mayor. En concreto se ha seleccionado el modelo de panel solar de la marca *JA Solar* de 450 W, con unas dimensiones de 2102 x 1040 x 35 mm, dado que es uno de los paneles solares más empleados por la industria actualmente debido a sus células monocristalinas de alto rendimiento.



Figura 3: Modulo solar fotovoltaico JAM72S20-450/MR

3.5 Distancia mínima entre filas de módulos

Una de las mayores problemáticas a la hora de realizar una instalación solar fotovoltaica, es la de determinar correctamente la separación entre filas de módulos para que entre estos no se generen sombras.

Según establece el Pliego de Condiciones técnicas del IDEA, la distancia “d”, medida sobre la horizontal, entre unas filas de módulos obstáculo de altura “h”, que pueda producir sombras sobre la instalación deberá garantizar un mínimo de 4 horas de sol en torno al mediodía del solsticio de invierno. Esta distancia “d” será superior al valor obtenido por la expresión:

$$D = D1 + \frac{\text{sen}(\beta) \times L}{\tan(h_0)}$$

Donde:

- L : Longitud de la placa.
- β : Inclinación óptima de la placa respecto a la horizontal.
- h_0 : Altura solar.
- D : Distancia mínima para que no se proyecten sombras en el día más desfavorable del mes más desfavorable (21 de diciembre), a las 12 de la mañana. Sin embargo, algunos autores recomiendan ampliar esta distancia un 25% para evitar o reducir las sombras en diciembre y a primeros de enero durante las primeras y últimas horas del día.

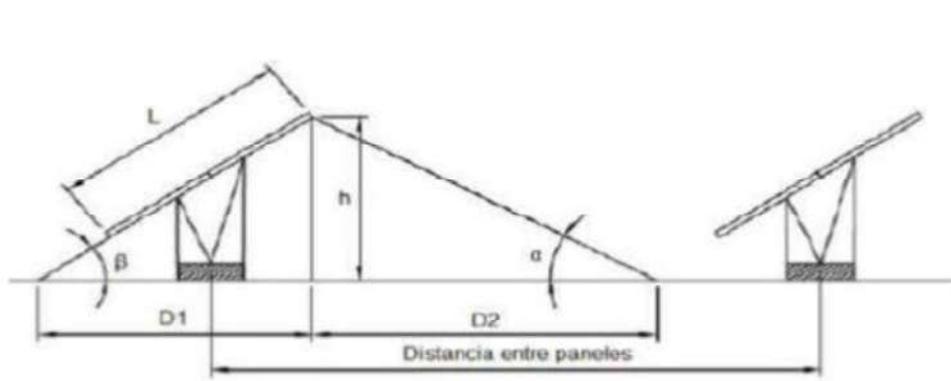


Figura 4: Croquis para el cálculo de distancia entre módulos. Fuente: Monsolar

La altura solar depende de la declinación solar y de la latitud del lugar y se determina según la siguiente fórmula:

$$h_0 = 90^\circ - (\theta - i) - \delta$$

Donde

- θ : Latitud del lugar.
- δ : Declinación solar (ángulo entre la línea Sol-Tierra y el plano ecuatorial celeste).
- i : Inclinación de la superficie.

La distancia mínima requerida de separación entre las filas de módulos en función de la latitud y del ángulo de inclinación del panel se puede comprobar en el apartado *Anexo N°1 Cálculos justificativos*.

3.6 Análisis de las superficies de montaje

Definidas las dimensiones del panel y el resto de las consideraciones expuestas, se debe de realizar un análisis de las diferentes superficies donde van a instalarse para poder garantizar un anclaje óptimo de la estructura.

Además, se debe cumplir con la normativa vigente anteriormente expuesta, así como maximizar la producción en cualquier circunstancia.

La función principal de la estructura de soporte será la de servir de soporte y fijación de los módulos solares fotovoltaicos, aportándole la inclinación y orientación óptimas, anteriormente descritas, para dotar a la instalación de las condiciones óptimas donde alcanzar su punto de mayor eficiencia energética.

3.6.1 Estructuras lastradas sobre suelo

Son aquellas en las que se garantiza el correcto funcionamiento mecánico a través de lastres que aseguran mediante el peso de este la sujeción de los paneles frente a la acción del viento, evitando así su desplazamiento y dotando a los módulos de la inclinación y orientación necesaria.

Su uso se limita a cubiertas planas o en instalaciones sobre suelo. Generalmente se encuentran fabricadas en hormigón debido a su elevado peso específico y respecto al resto de estructuras, presenta la ventaja de no tener que realizar perforaciones sobre las cubiertas evitando posteriores problemas de impermeabilización. O en el caso de instalaciones sobre suelo, reduce los costes de perforación e hincado en caso de superficies rocosas.

En contraposición, para instalaciones sobre cubiertas planas, se realiza una considerable sobrecarga a la estructura debido al elevado peso que presentan, debiendo de realizar un estudio previo de transmisión de cargas para comprobar que la cubierta se encuentra diseñada y ejecutada siguiendo la normativa establecida por el código técnico de edificación, en la que establece la sobrecarga mínima que debe guardarse.



Figura 5: Estructura lastrada. Fuente: Solarbloc.es

3.6.2 Estructuras fijas sobre suelo

Consisten en instalaciones que permiten la colocación de paneles solares fotovoltaicos encima de una determinada estructura. Para llevar a cabo dicha instalación, se requiere de un análisis previo de esfuerzos y tensiones a las que va a ser sometida por la acción de diferentes agentes meteorológicos, así como del tipo de superficie donde se ubicará la estructura de soporte para asegurar una operatividad mecánica óptima.

Las superficies que pueden albergar una instalación fotovoltaica con una estructura fija son múltiples. Se puede diferenciar entre tres grandes grupos.

El primero de ellos consta de instalaciones que se realizan directamente sobre el suelo. A este tipo de instalaciones, comúnmente se les suele denominar mediante el término “huerto solar”. Generalmente se trata de grandes instalaciones en las que toda la producción que se genera se vuelca a la red eléctrica de distribución para su posterior distribución y consumo.

En función de la compactación del terreno, así como de su composición, se emplean distintos componentes para confeccionar la estructura portante de los paneles solares fotovoltaicos.

La distribución en la que se encuentran los paneles puede variar desde una única fila hincada directamente sobre el suelo, hasta agrupaciones de varios paneles en una misma estructura portante. Dichas estructuras siguen una nomenclatura para distribución de los módulos en vertical (V) y en horizontal (H).



Figura 6: Estructura fija 2V-5H. Fuente: Suntechnics Energías Renovables S.L.

3.6.3 Estructuras fijas sobre cubierta

Por otra parte, debido a la creciente demanda para la realización de instalaciones solares fotovoltaicas sobre las cubiertas de naves industriales orientadas al autoconsumo de su producción, se han convertido en las superficies de instalación predominantes en el sector y entre las que podemos encontrar diferentes formas constructivas, así como tipos de cerramientos que condicionan el método de anclaje de la estructura portante de placas solares. Entre los tipos de cubiertas de naves industriales podemos encontrar:

❖ Chapa metálica Perfilada

La normativa sobre “*Chapas metálicas autoportantes para recubrimiento y revestimiento de cubiertas y fachadas, UNE-EN 14782:2006*”, establece unas dimensiones estándar de altura de nervio de 48 mm, un ancho útil 1000 mm, un espesor de 0,6 a 1,20 mm. perfilado en base de acero galvanizado y prelacado.

Para dada geometría, se debe de realizar la sujeción de la estructura portante para el anclaje de los módulos solares, que cumpla con la vida útil esperada según la garantía, y que soporte las sollicitaciones de cargas establecidas por la normativa.



Figura 7: Cubierta chapa metálica grecada

❖ Panel Sándwich

La gran mayoría de naves industriales de reciente construcción, realizan sus cubiertas en paneles de sándwich o paneles compuestos. En su interior, se encuentra formado por espumas rígidas de poliuretano (PUR) o poliisocianurato (PIR), protegido por dos chapas metálicas perfiladas, que ofrecen un elevado aislamiento térmico y ligereza notable.

Mecánicamente, el montaje de la estructura portante de los paneles solares sobre este tipo de cubiertas es muy similar al anterior, simplemente varía en la longitud de las fijaciones a emplear debido al grosor del aislante.

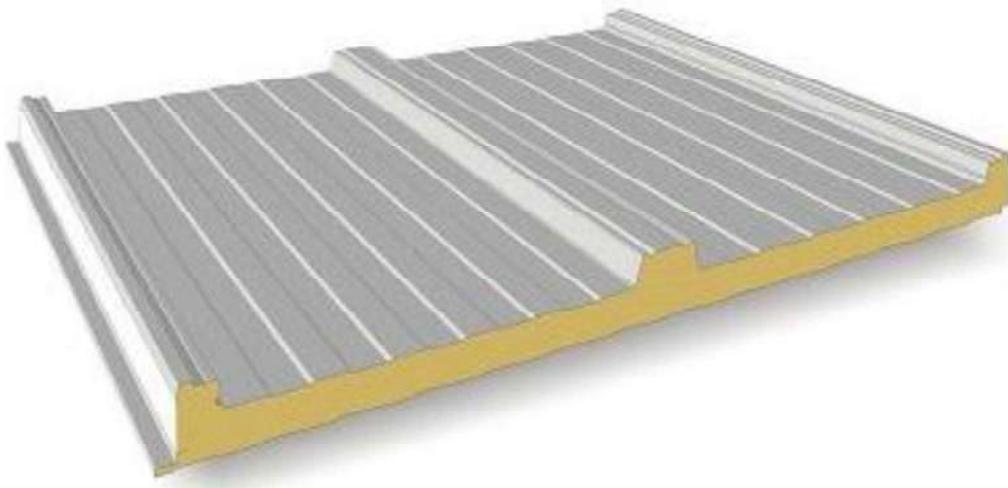


Figura 8: Cubierta panel sándwich

❖ Teja cerámica

Las tejas son elementos empleados para el cerramiento de cubiertas en pendiente con el fin de garantizar su estanqueidad. Están formadas por una masa a base de arcilla y fabricadas mediante un proceso de prensado o extrusión y posterior secado y cocción.

Debido al conjunto de materiales arcillosos que lo conforman presenta unas características que lo convierten en una de las opciones mayoritarias para realizar las cubiertas de edificios de viviendas.

Para llevar a cabo la sujeción de la estructura sobre este tipo de superficies, es necesario recurrir a elementos de fijación que nos permitan evitar perforar la teja debido a su fragilidad y posteriores problemas de sellado e impermeabilización.



Figura 9: Cubierta teja cerámica mixta

❖ Deck

El tipo de cubiertas Deck, están conformadas por una lámina metálica y un aislamiento térmico similar al de las cubiertas de panel de sándwich, pero además incorpora una capa de impermeabilizante como puede ser una lámina asfáltica o una lámina sintética de PVC, excelente para emplear en cubiertas que presenten una pendiente reducida (1-3%).

Debido a su función principal de aislamiento e impermeabilización, es recomendable no realizar perforaciones sobre ellas. En consecuencia, se emplean lastres o contrapesos que

garanticen una correcta fijación de los paneles solares, y garanticen el anclaje óptimo de la estructura frente a las diferentes cargas establecidas por el reglamento.

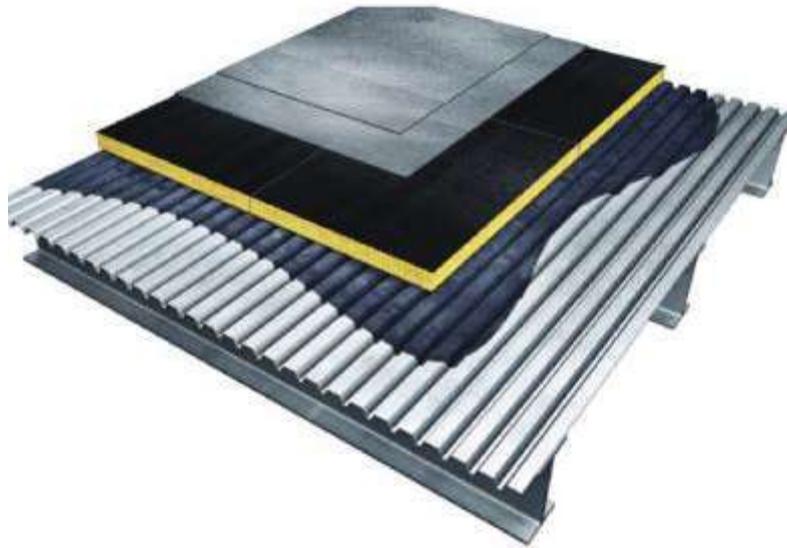


Figura 10: Cubierta Deck

4 SOLUCIÓN TÉCNICA ADOPTADA

4.1 Determinación de cargas y esfuerzos

Siguiendo las pautas y los distintos criterios establecidos por la normativa anteriormente identificada, se han determinado las acciones con carácter de obligatorio cumplimiento para garantizar la seguridad y su vez dotar a los paneles de los requisitos de diseño óptimos para alcanzar su punto de mayor rendimiento.

Las acciones consideradas que intervienen para el diseño y cálculo de la estructura modular de soporte de los paneles solares se pueden diferenciar en:

- Acciones Permanentes

Se trata de todas aquellas acciones que actúan de forma continuada y perenne en el tiempo. Como acción principal constante en magnitud y punto de aplicación se puede identificar el peso propio de la estructura, considerando el peso de todos los elementos que configuran el sistema modular de anclaje.

❖ Peso propio

El peso propio de toda la estructura se determinará en función de los volúmenes de las piezas y materiales empleados en cada una de las piezas, y resultará un factor variable en función de cada instalación.

- Acciones Variables

Por otra parte, se pueden identificar aquellas cargas que actúan de forma directa o indirecta sobre estructura en magnitud o en posición. En cuanto a las acciones variables, el Documento Básico SE-AE Acciones en la edificación determina que se deben considerar las siguientes acciones:

❖ Viento

Concluyendo que “la distribución y el valor de la presión que ejerce el viento sobre un edificio y las fuerzas resultantes dependen de la forma y de las dimensiones de la construcción, etc.”

La acción del viento se determinará por tanto en función de la orientación y el diseño de la estructura. En este caso, las placas solares se dispondrán totalmente orientadas al sur y presentarán generalmente una inclinación de 20° para cumplir con el ángulo de inclinación óptimo en función de la latitud del lugar.

En consecuencia, se puede determinar que la mayor presión ejercida por el viento será la procedente del norte generando una fuerza sobre los apoyos como se puede observar en el *Anexo N°1 Cálculos justificativos*.

La carga de viento resultante será la correspondiente a la superficie del panel en función del ángulo de inclinación. En consecuencia, cuanto mayor sea dicha inclinación, mayor resistencia se opondrá al paso del viento y mayor presión se ejercerá sobre el sistema de anclaje.

En conclusión, siguiendo la normativa vigente establecida por el CTE DB SE-AE y los cálculos realizados en el *Anexo N°1 Cálculos justificativo*, se determina que el viento perpendicular que incide sobre el panel desde la dirección norte aplica una carga de succión de 1540 N/m^2 , aplicando una presión perpendicular sobre la cara trasera del panel que deberá ser resistida por la estructura de anclaje.

❖ Nieve

Según se recoge en el Código técnico de la edificación, en su documento básico de seguridad estructural y acciones en la edificación, se determina que “la distribución y la intensidad de la carga de nieve sobre un edificio, o en particular sobre una cubierta, depende del clima del lugar, del tipo de precipitación, del relieve del entorno, de la forma del edificio o de la cubierta, de los efectos del viento, y de los intercambios térmicos en los paramentos exteriores. Asimismo, deben tenerse en cuenta las condiciones constructivas particulares que faciliten la acumulación de nieve.”

En el *Anexo N°1 Cálculos justificativos*, se determina que la carga debida a la sobrecarga de nieve sobre la estructura de anclaje de las placas solares es de **328 N/m^2** .

En resumen, las acciones que van a actuar sobre el sistema de anclaje de las placas solares, considerando los requisitos y parámetros de selección establecidos por los organismos competentes y la normativa vigente, son los que se muestran a continuación:

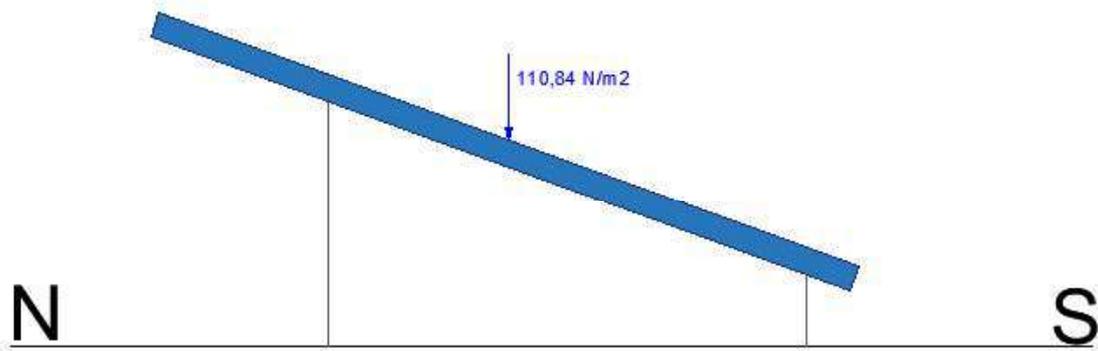


Figura 11: Acción del peso propio del panel sobre la estructura

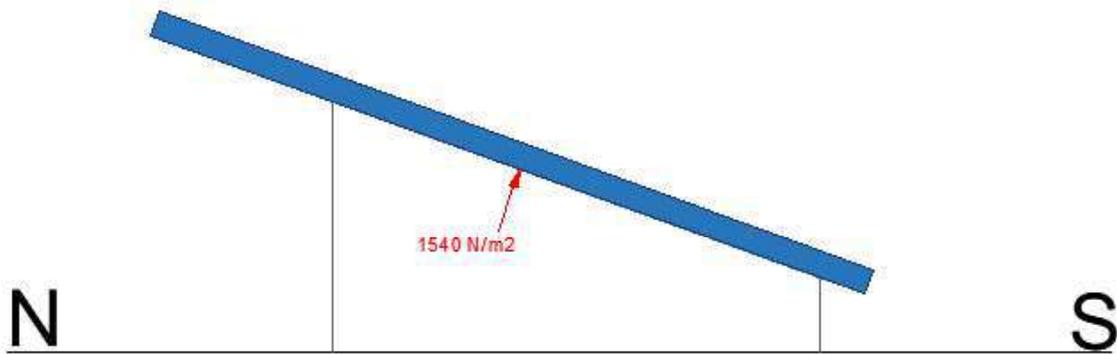


Figura 12: Acción del viento a succión sobre la estructura

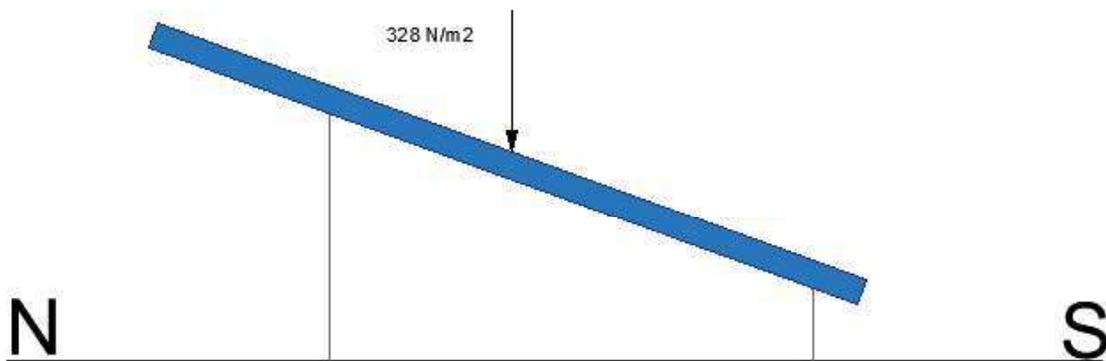


Figura 13: Acción de la carga de nieve sobre la estructura

4.2 Identificación de soluciones y diseño de piezas

Definidas las acciones que actúan sobre el sistema de anclaje de placas solares se va a proceder al diseño de cada uno de los componentes y a la simulación de la aplicación de

las sobrecargas producidas sobre la estructura para verificar su correcto funcionamiento. Considerando adicionalmente todos los requisitos de diseño preestablecidos.

La estructura tiene como principal objetivo, la fijación segura y soporte de los módulos solares fotovoltaicos, proporcionándoles la inclinación y orientación óptima requerida para una obtención de energía máxima.

Para alcanzar dicho objetivo, y tras analizar históricamente los diferentes modelos de estructuras empleadas, se ha optado por confeccionar una estructura modular basada en 4 patas de soporte en los extremos, que permiten dotar de diferentes inclinaciones en función del ángulo de inclinación de las patas y de la distancia entre ellas, para conseguir el ángulo de inclinación óptimo según la ubicación de la instalación.

Por ello se va a confeccionar un catálogo de elementos de anclaje de la estructura de soporte compatibles con todas las superficies de instalación de placas solares. Además, se van a aportar los elementos requeridos para la correcta sujeción de las placas solares en función de superficies concretas.

De este modo se va a confeccionar un listado de elementos para cada una de las soluciones técnicas adoptadas dependiendo de las superficies de instalación.

A continuación, se enumeran todos los componentes que, en función de la superficie de anclaje sobre la que se realizará la instalación se emplearan unos u otros de estos componentes.

4.3 Elementos comunes de anclaje

4.3.1 Panel solar fotovoltaico

Como anteriormente ya se ha comentado, existe una gran cantidad de módulos solares fotovoltaicos que ofrecen diferentes rangos de potencias de generación y que en consecuencia disponen de mayor número de células fotovoltaicas e incrementan su tamaño.

Las dimensiones de una placa solar fotovoltaica progresivamente han ido incrementándose hasta alcanzar una superficie de producción equivalente a 2 m^2 . Por ello, se han ido desarrollando diferentes estructuras que garanticen una correcta sujeción ante los diferentes agentes que pueden causar un colapso o rotura del panel o la estructura.

En este caso, para la simulación y verificación de la estructura antes los esfuerzos y cargas requeridos, tal y como se ha establecido en el *apartado 3.4*, se va a emplear el panel de la marca JA Solar de 450 W, con unas dimensiones de 2102 x 1040 x 35 35mm. Debido a que se trata de un módulo relativamente grande ya que presenta una superficie de producción superior a los 2 m^2 , y la acción de las cargas sobre él, resultarán más críticas que en el caso de un panel con menores dimensiones.

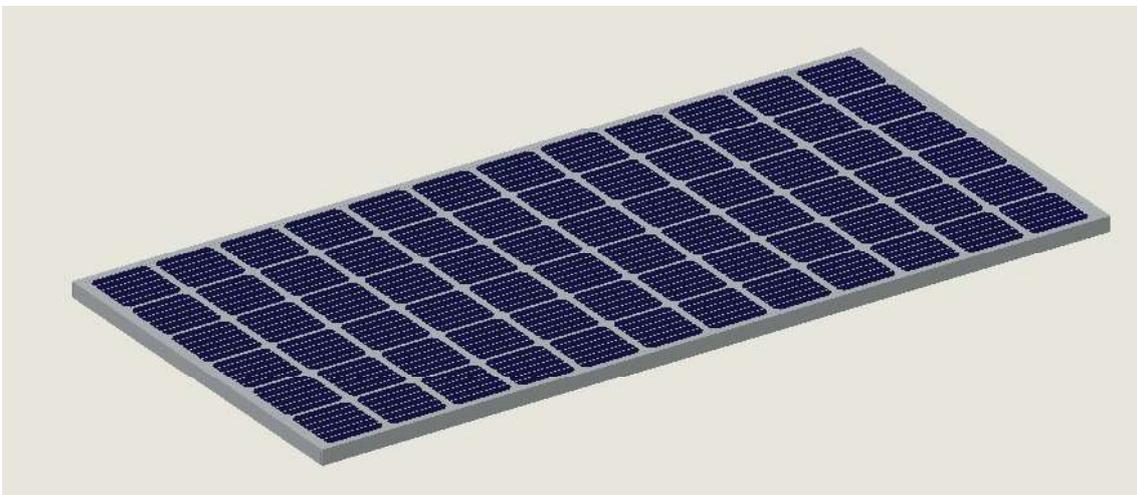


Figura 14: Diseño Módulo Fotovoltaico 450 W JA Solar

4.3.2 Patas de soporte

Las patas de soporte son el componente del sistema estructural de anclaje que permite dotar a la placa solar del ángulo y de la orientación necesaria para captar la mayor radiación solar y durante el mayor tiempo posible para lograr la máxima generación de energía de cada una de las células del panel.

A su vez, son las encargadas de proveer de la rigidez estructural necesaria para cumplir con las solicitaciones anteriormente enumeradas.

Están fabricadas en Aleación Aluminio 3105 H14 debido a las grandes propiedades mecánicas que presenta a la vez de una ligereza y coste por unidad de volumen considerablemente bajos.

En el *Anexo N°1 Cálculos justificativos*, se puede comprobar la respuesta que ofrece frente a las cargas determinadas previamente, así como la elección del material empleado.

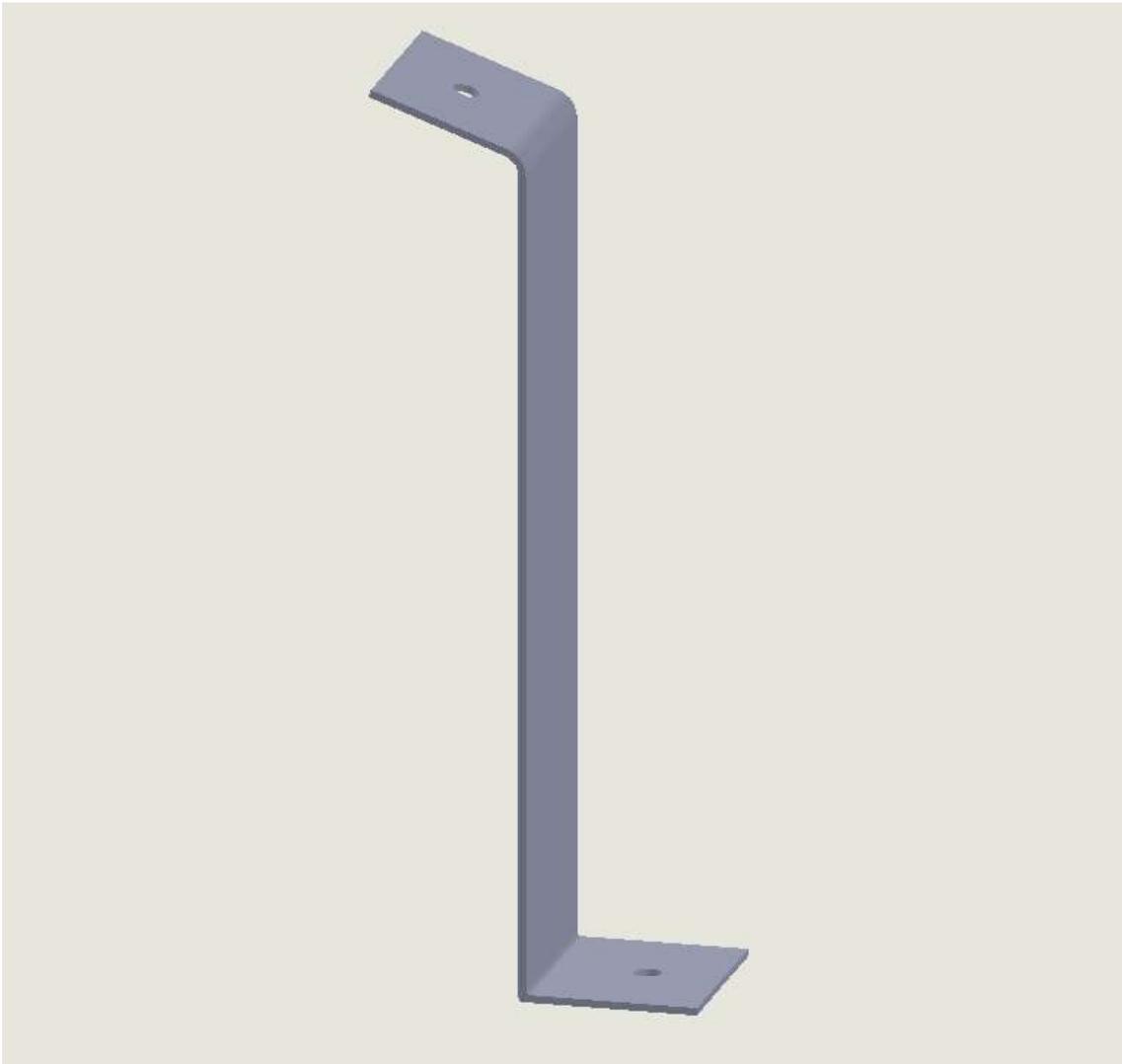


Figura 15: Diseño Pata Trasera de soporte 20°

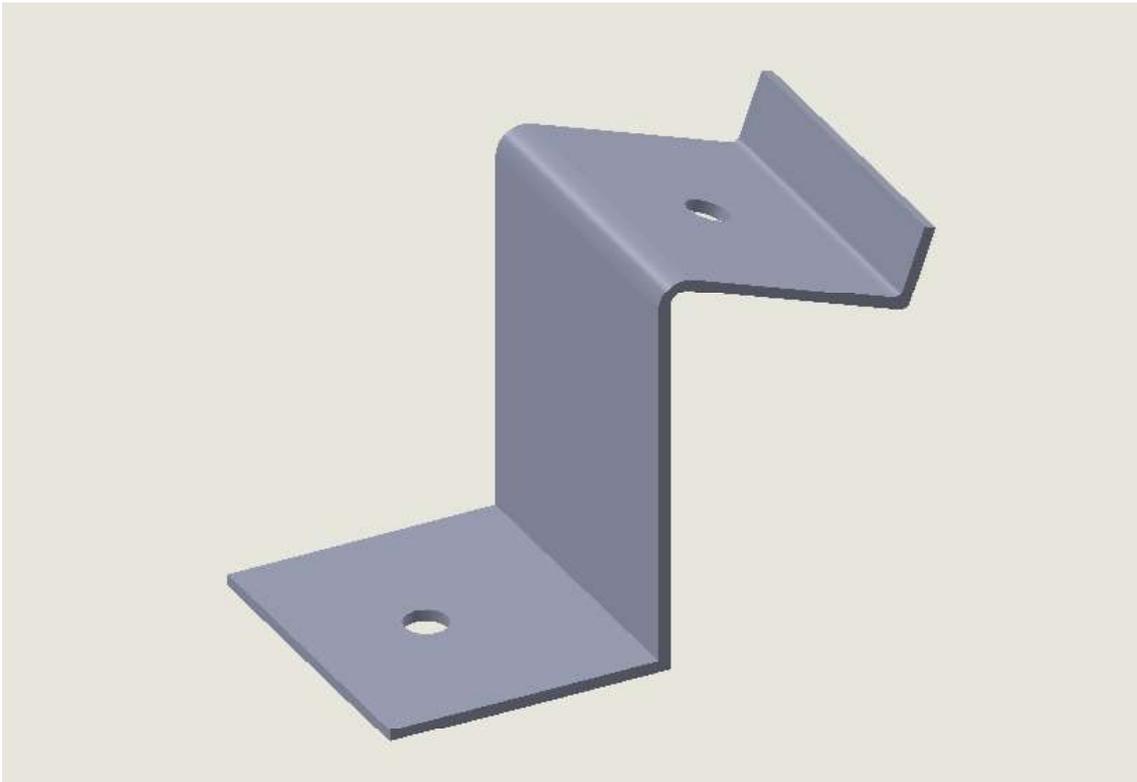


Figura 16: Diseño pata delantera de soporte 20°

El soporte de cada panel está formado por dos patas delanteras y dos patas traseras, las cuales en función del ángulo de plegado y la distancia en la que se coloquen las patas se pueden conseguir diferentes ángulos de inclinación, tal y como se muestra a continuación:

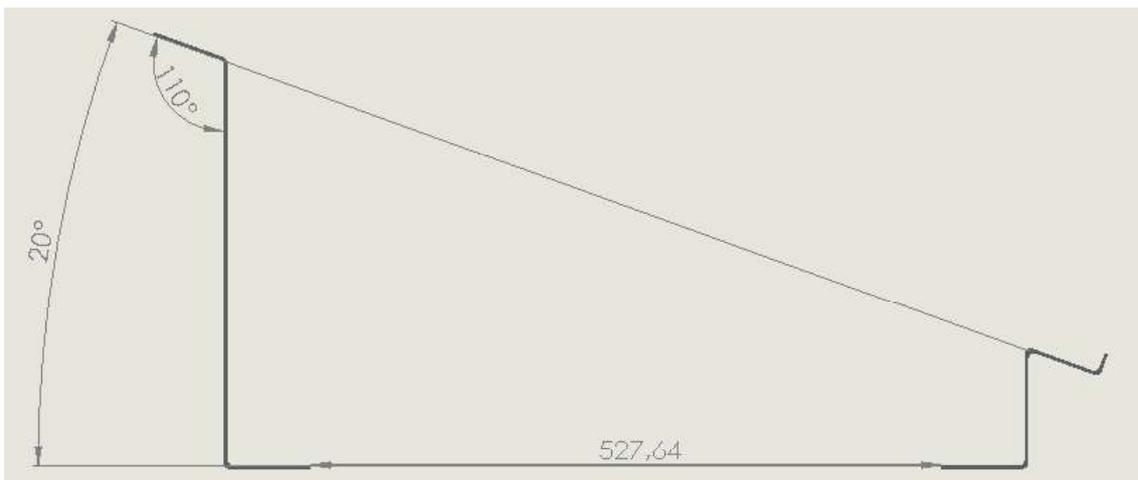


Figura 17: Dimensiones Inclinación 20°

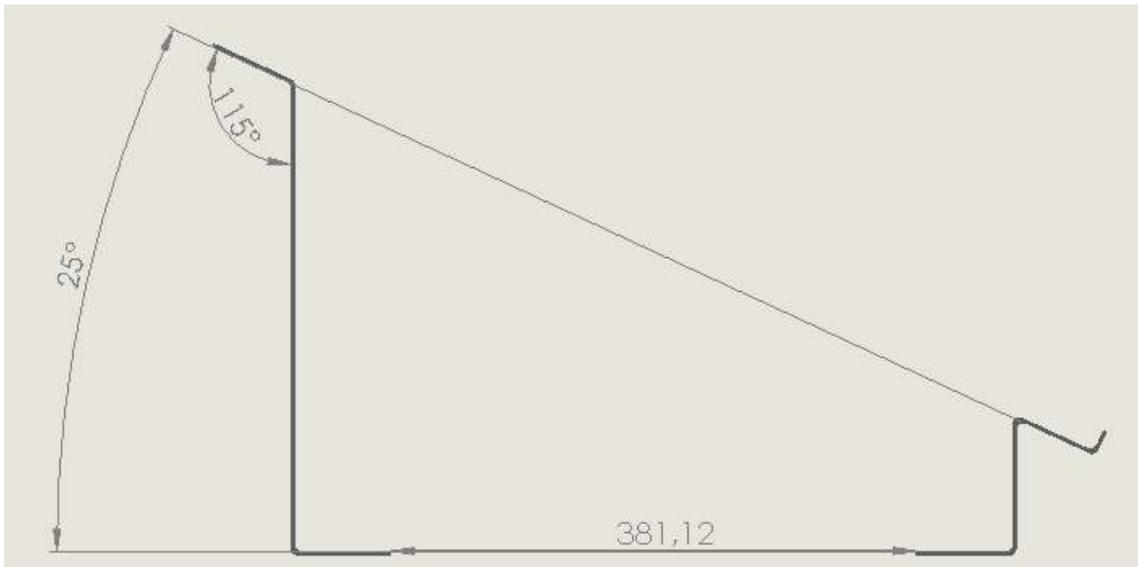


Figura 18: Dimensiones inclinación 25°

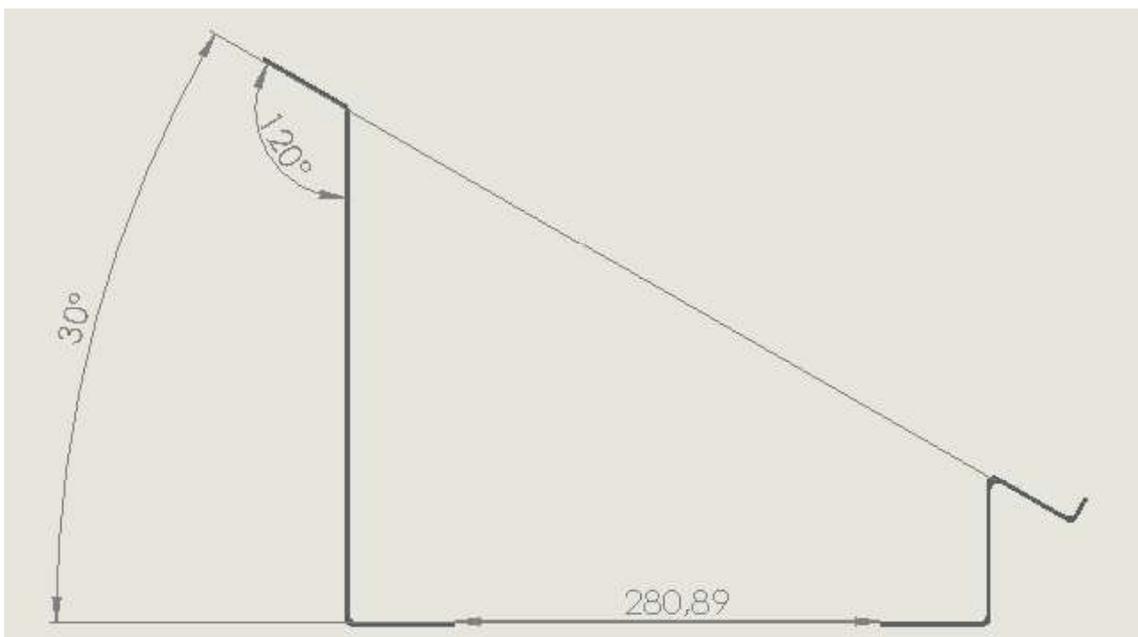


Figura 19: Dimensiones inclinación 30°

4.3.3 Pinza intermedia

La pinza intermedia es el elemento que asegura la sujeción entre los módulos solares fotovoltaicos a las patas de soporte. Aunque en otros modos de instalación, la pinza intermedia puede ser anclada directamente sobre el perfil, como es el caso de instalaciones coplanares en las que el ángulo de inclinación de la placa es idéntico a la pendiente de la cubierta.

En este caso el diseño de la pinza intermedia que se ha realizado permite la sujeción de todos los paneles solares fotovoltaicos que existen en el mercado, dado que el rango de

operación de la pinza permite el anclaje de paneles con un espesor de 30 a 50 mm mediante tornillería métrica M8.



Figura 20: Diseño pinza intermedia

4.3.4 Pinza final

Al igual que las pinzas intermedias, la función principal de las pinzas finales es la sujeción de las placas solares sobre la estructura de soporte o en su defecto sobre el carril del perfil de anclaje.

Las pinzas finales se encargan de la sujeción de los extremos de cada una de las hileras de módulos solares fotovoltaicos, asegurando toda la cadena de placas de esa hilera.

Del mismo modo que las pinzas intermedias, permiten un rango de sujeción de placas solares con un espesor de entre 30 y 50 mm mediante tornillería métrica M8.

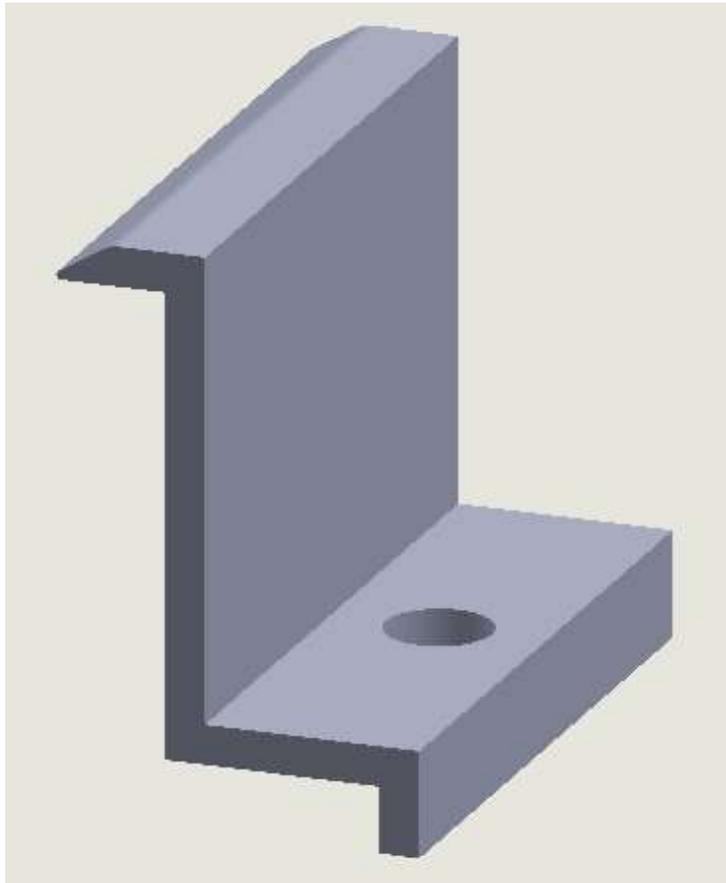


Figura 21: Diseño pinza final

4.3.5 DIN 912-A2: Tornillo M8 30 mm

Para establecer la sujeción entre de las pinzas intermedias y finales a las patas de soporte, se ha empleado un tornillo de rosca métrica M8 con cabeza Allen para garantizar una correcta unión mecánica. Además, posee un recubrimiento para protegerlo ante los agentes atmosféricos y de la corrosión.

La longitud del tornillo es la necesaria para asegurar la fijación de la pinza a la pata de soporte.

Sus especificaciones técnicas se pueden comprobar en el *Anexo 2: Catálogos de elementos comerciales*.

4.3.6 DIN 912-A2: Tornillo M8 20 mm

Para fijar las patas de soporte al carril del perfil, se ha empleado un tornillo de rosca métrica M8 con cabeza Allen para asegurar una unión mecánica óptima. Del mismo modo se requiere que posea de un recubrimiento para protegerlo ante los agentes atmosféricos y de la corrosión.

La longitud del tornillo es la necesaria para asegurar la fijación de las patas de soporte sobre el carril del perfil.

Las características técnicas se detallan en el *Anexo 2: Catálogos de elementos comerciales*.

4.3.7 DIN 9021-A2: Arandela plana

Se ha dispuesto de una arandela plana para el anclaje de las patas con las pinzas de sujeción de los paneles solares para repartir de forma homogénea la fuerza de apriete en toda su superficie.

Al igual que el resto de los elementos de fijación, están fabricados en acero inoxidable para no sufrir deterioros ni pérdidas de propiedades mecánicas causadas por la oxidación a corto y medio plazo.

En el *Anexo 2: Catálogos de elementos comerciales*, se muestran sus características técnicas.

4.3.8 DIN 127-A2: Arandela muelle Grower

Para reforzar la unión se ha considerado oportuno la instalación de una arandela de muelle Grower, debido a que, por su geometría y mayor espesor, evita que ambas caras roscadas se destensen y pierdan fuerza de apriete. Todo ello gracias al corte y desplazamiento que presentan que les proporciona mayor elasticidad.

Están fabricadas en acero y presentan un recubrimiento cincado para protegerlo de la oxidación.

En el *Anexo 2: Catálogos de elementos comerciales*, se muestran sus características técnicas.

4.3.9 DIN-934 A2: Tuerca hexagonal M8

Para el anclaje de las pinzas finales e intermedias a las patas de soporte mediante el tornillo M8 30 mm, se requiere de una tuerca hexagonal M8 que asegura una unión física desmontable.

Para asegurar la correcta sujeción de los elementos mediante el tornillo M8 y la tuerca hexagonal M8, tal y como se ha comentado, se van a emplear ambas arandelas para evitar que la unión atornillada ceda y se generen deformaciones fruto del recalado entre la tuerca y la superficie de la pata.

Sus especificaciones técnicas se pueden comprobar en el *Anexo 2: Catálogos de elementos comerciales*.

4.3.10 Tuerca guía perforada rectangular

Para realizar la fijación de las patas de soporte al carril del perfil Solar-Flat, se va a emplear una tuerca de carril de acero inoxidable, la cual mediante el tornillo de cabeza hexagonal M8 y la geometría del carril, se asegura una correcta fijación entre ambos elementos.

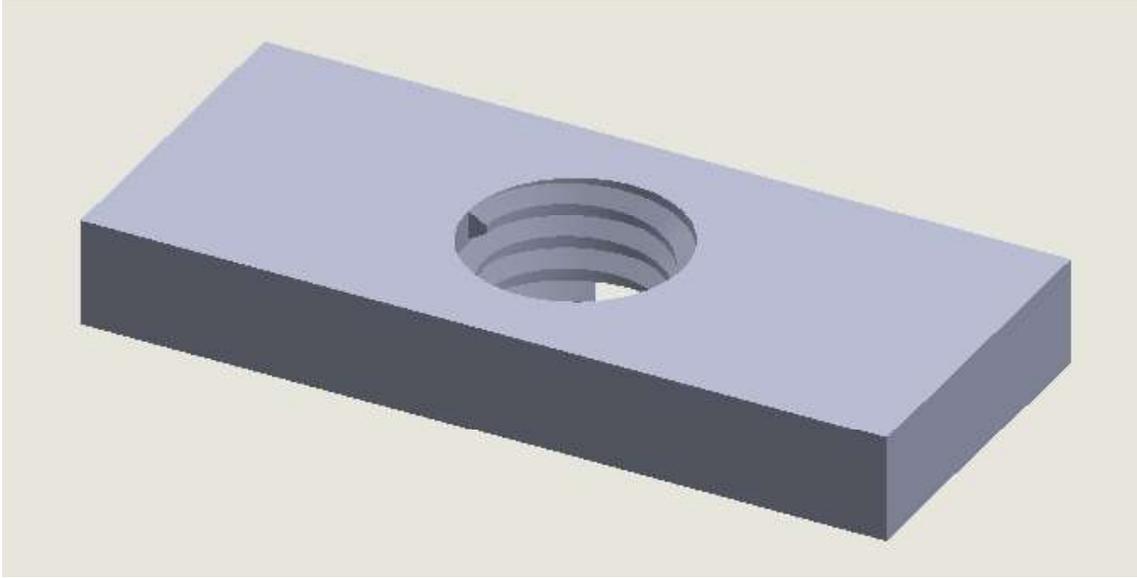


Figura 22: Diseño tuerca guía perforada rectangular DIN

4.4 Elementos adicionales sobre cubierta chapa

4.4.1 Perfil Solar Flat

El perfil es uno de los elementos determinantes para el anclaje de la estructura de los paneles solares sobre la estructura donde se requiere realizar la instalación.

Existe una gran cantidad de perfiles fabricados en diferentes materiales, generalmente de Acero Inoxidable o en Aluminio Anodizado debido a que presentan una alta resistencia mecánica y una considerable ligereza sumado a un comportamiento excelente frente a la corrosión.

La corrosión es uno de los factores más influyentes en el fallo de estructuras de soporte de paneles solares debido a que se encuentran directamente sometidas a agentes atmosféricos, así pues, es indispensable que los perfiles de anclaje posean un tratamiento anticorrosivo.

En cuanto a los tipos de perfiles que podemos encontrar en el mercado, difieren en las dimensiones y en las geometrías que presentan cada uno, y su uso principalmente depende

del tipo de superficie donde se va a realizar la instalación y de la geometría y características de la estructura de soporte de las placas solares.

Se ha seleccionado el perfil estándar Solar-Flat con unas dimensiones de 74x25 mm fabricado en Aleación de aluminio, ya que presenta unas propiedades mecánicas óptimas para la sujeción de la estructura, que sumado a que presenta mayor superficie de base respecto a otros perfiles, ayuda a su anclaje a cubiertas de chapa grecada o panel sándwich mediante tornillos autoperforantes.

Esta Aleación de Aluminio Aw6060 T6, es idónea debido su bajo coste de fabricación y obtención, y la facilidad de extrusión de geometrías complejas. Además, ofrece una respuesta excelente frente a la corrosión y a las elevadas temperaturas.

En cuanto a sus propiedades físicas, se ha seleccionado este tipo de perfil fabricado en aleación de aluminio debido a que presenta una densidad mucho inferior a la de un acero inoxidable, y en consecuencia la transmisión de sobrecargas a la cubierta del edificio es menor.

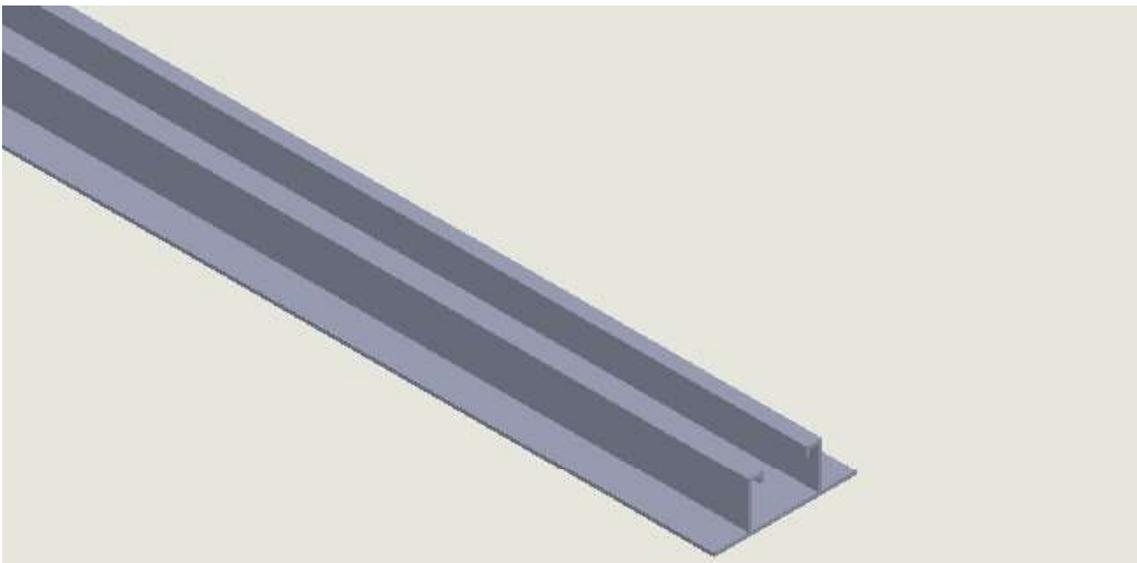


Figura 23: Diseño de perfil estándar 74x25 mm Solar-Flat

4.4.2 DIN 7504-K A2: Tornillo Autotaladrante de cabeza hexagonal

Para llevar a cabo la fijación de los perfiles sobre cubiertas de chapa metálica, bien sea de chapa grecada o bien de panel de sándwich, se va a emplear un tornillo Autotaladrante de cabeza hexagonal atornillado directamente sobre las correas metálicas estructurales de las cubiertas de naves industriales. La arandela estampada que posee habitualmente incorpora una goma de caucho de EPDM (Etileno-Propileno-Dieno-Metileno) asegurando una unión estanca sobre la cubierta para evitar posibles filtraciones.

En el *Anexo 2: Catálogos de elementos comerciales*, se pueden observar sus características técnicas.

4.5 Elementos adicionales sobre cubierta chapa inclinada

4.5.1 *Salva greca*

Los salva grecas son unos elementos necesarios para la instalación de los perfiles en instalaciones sobre cubiertas en las que la orientación de la propia nave presenta una divergencia considerable respecto al sur.

En el apartado 3.2. *Orientación de los paneles solares*, se define que la orientación óptima es directamente al Sur, debido a que se garantiza la mayor exposición a radiación solar y así la mayor producción de energía.

Cuando la nave se encuentra virada en otra dirección, y la divergencia con el Sur supera el 20%, las pérdidas de energía son considerables, y la instalación de los perfiles no quedan alineados con la propia cubierta, evitando que el anclaje del perfil sobre sus correas se realice linealmente.

En consecuencia, para salvar la geometría de la propia chapa de la cubierta se debe disponer de un elemento que ancle la estructura sobre sus correas evitando las crestas de la chapa grecada y de los paneles sándwich.

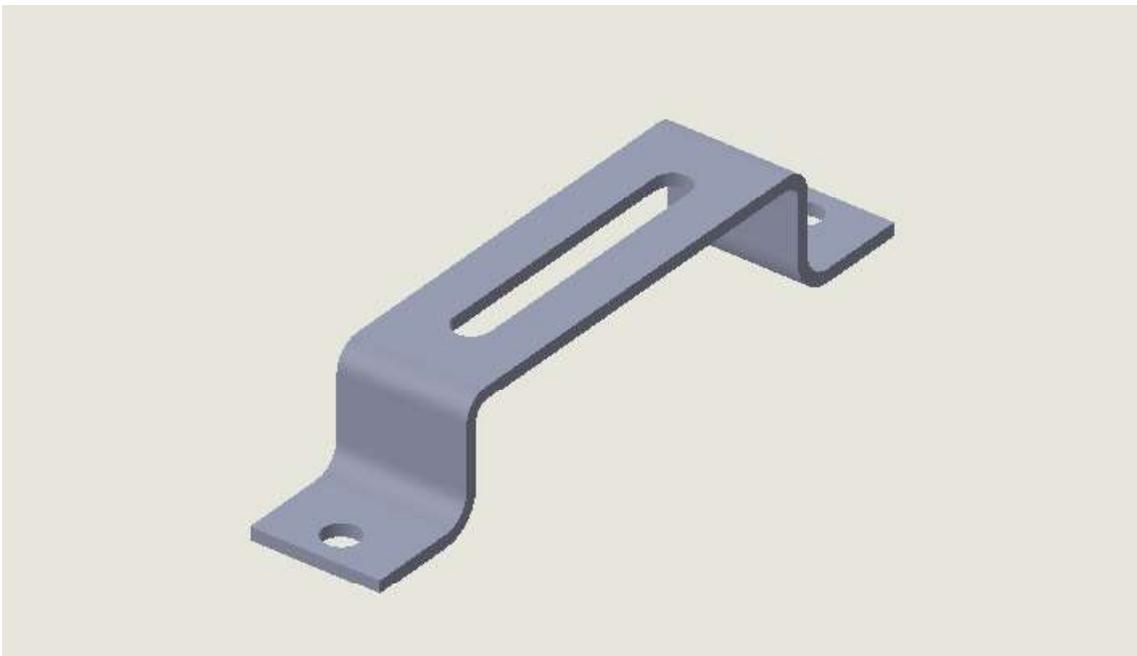


Figura 24: Diseño salva greca

4.6 Elementos adicionales sobre cubierta teja cerámica

4.6.1 Salva teja

Para la realización de instalaciones sobre cubiertas de tejas cerámicas es recomendable evitar su perforación para evitar roturas y posteriores filtraciones. Para ello se ha seleccionado un elemento estandarizado que permite salvar las dimensiones de las tejas y anclar directamente sobre la base de la cubierta.

Una vez realizada la instalación de estos elementos para librar las tejas cerámicas, ya es posible la instalación del perfil encima de ellas.

En función del tipo de instalación, se podrán instalar las patas de soporte de las placas solares al perfil, o realizar una instalación coplanar, anclando las placas directamente sobre el perfil.

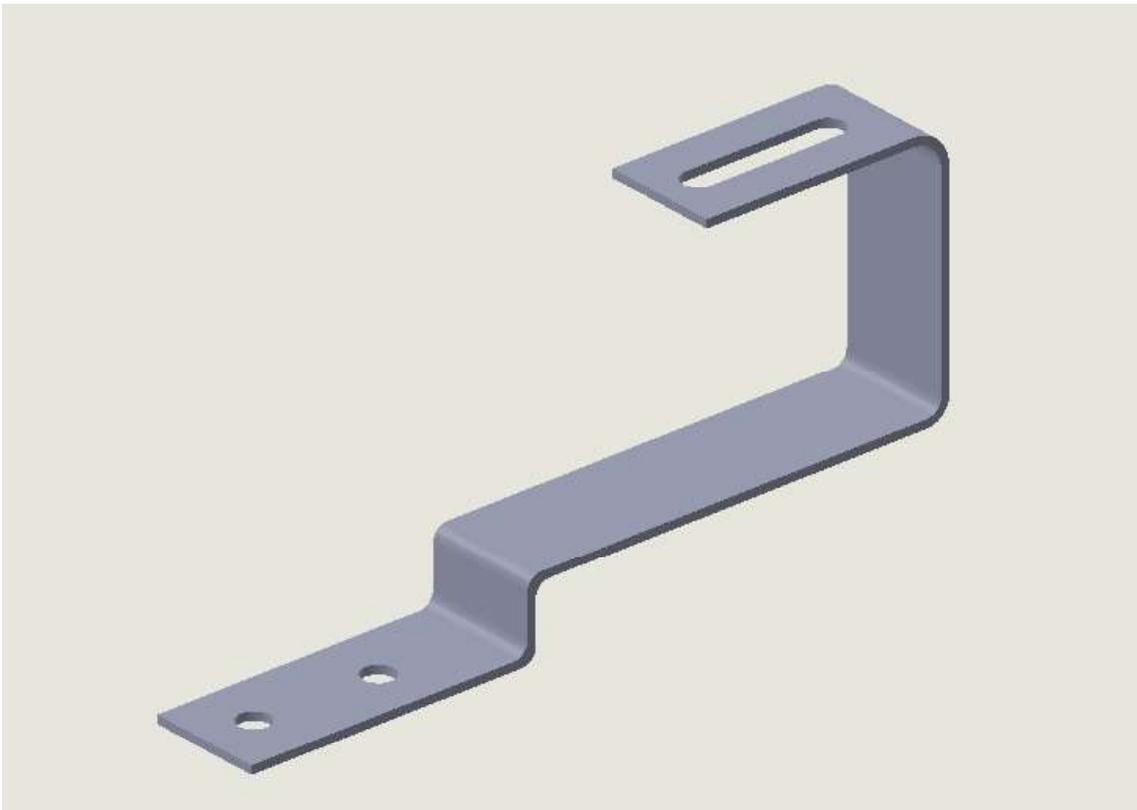


Figura 25: Diseño salva teja

4.7 Elementos adicionales sobre suelo

4.7.1 Lastre hormigón

En el caso de emplear lastres para asegurar la correcta fijación de la estructura portante de los paneles solares sobre superficies planas o directamente sobre suelo, se emplean bloques de hormigón que dotan a los paneles de la orientación e inclinación óptima.

El hormigón presenta unas características muy atractivas para la realización de instalaciones sobre suelo, debido a que poseen una vida útil nominal muy superior a las estructuras de acero en igualdad de condiciones atmosféricas.

La elevada densidad del hormigón permite realizar estructuras de soporte de los paneles solares con unas dimensiones mucho menores que las requeridas en instalaciones que emplean soportes de acero. En consecuencia, el impacto visual es menor.

Según se determina en el *Anexo N°1 Cálculos justificativos*, se puede observar el peso del lastre mínimo requerido para el correcto anclaje de los módulos solares fotovoltaicos, observándose para la geometría y diseño del mismo un peso de 58,824 kg.

De este modo se cumple con la masa mínima requerida según las acciones determinadas tan solo con la propia masa del lastre, es decir, sin evaluar el peso de los paneles y el resto de los elementos que forman la estructura de anclaje de las placas solares.

En el caso de este lastre, se trata de un bloque de hormigón plano con una ranura para el anclaje directo de los soportes de la placas solares fotovoltaicos, como si se tratara del carril del propio perfil.

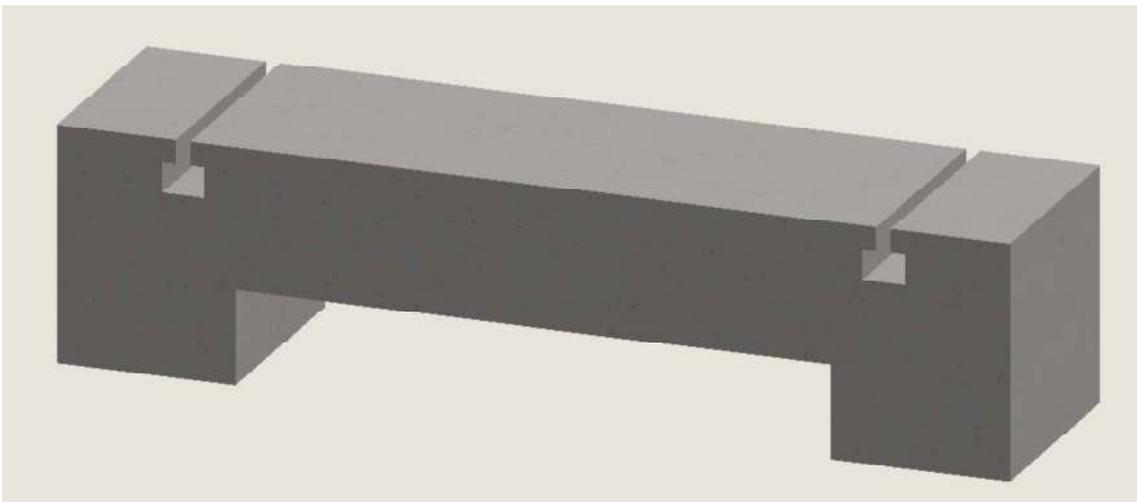


Figura 26: Diseño lastre hormigón

4.8 Subensamblajes

4.8.1 Soporte trasero

El subensamblaje del soporte trasero permite anclar dos de los cuatro soportes de los paneles solares fotovoltaicos sobre los carriles del perfil solar -Flat y sobre el lastre de hormigón mediante el empleo de elementos mecánicos de fijación estandarizados

Listado de elementos del subensamblaje:

- Pinza intermedia o final
- Pata trasera de soporte
- DIN 912-A2: Tornillo M8 30 mm
- DIN 912-A2: Tornillo M8 20 mm
- DIN 9021-A2: Arandela plana
- DIN 127-A2: Arandela muelle Grower
- DIN-934 A2: Tuerca hexagonal M8
- Tuerca guía perforada rectangular

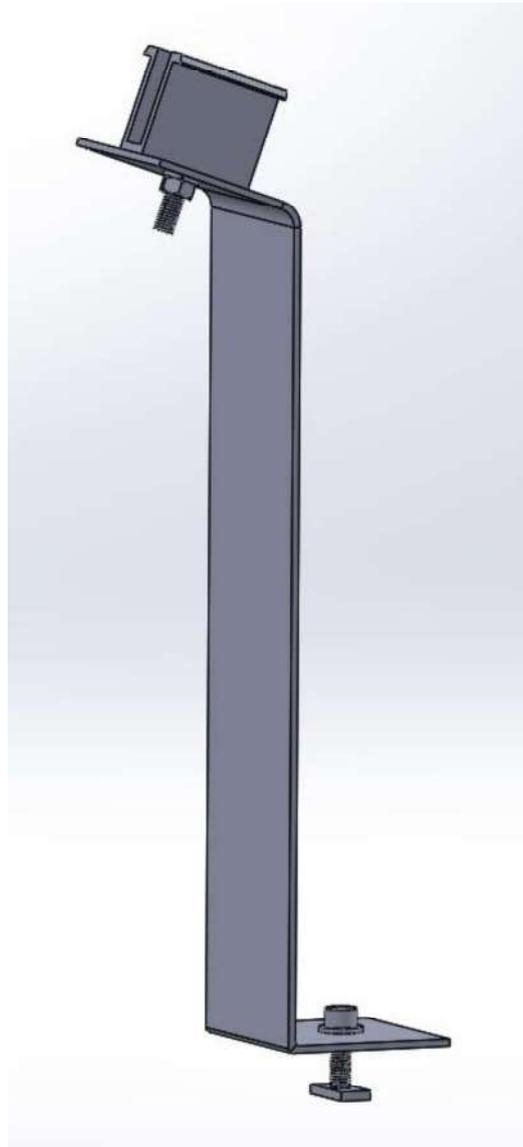


Figura 27: Ensamblaje Pata Trasera de soporte

4.8.2 Soporte delantero

El subensamblaje del soporte delantero permite anclar dos de los cuatro soportes de los paneles solares fotovoltaicos sobre los carriles del perfil solar -Flat y sobre el lastre de hormigón mediante el empleo de elementos mecánicos de fijación estandarizados.

Listado de elementos del subensamblaje:

- Pinza intermedia o final
- Pata delantera de soporte
- DIN 912-A2: Tornillo M8 30 mm
- DIN 912-A2: Tornillo M8 20 mm

- DIN 9021-A2: Arandela plana
- DIN 127-A2: Arandela muelle Grower
- DIN-934 A2: Tuerca hexagonal M8
- Tuerca guía perforada rectangular



Figura 28: Ensamblaje Pata delantera de soporte

4.8.3 Ensamblaje patas de soporte a perfil Solar-Flat

El ensamblaje para la sujeción del módulo solar fotovoltaico sobre el carril del perfil solar Flat permite la sujeción de las patas delantera y trasera de soporte sobre el perfil, para dotar a las placas solares de la inclinación y orientación buscada en función de la distancia y el ángulo de plegado que dispongan. De este modo se permite el anclaje sobre cubiertas de chapa grecada y panel sándwich y sobre cubiertas de teja cerámica.

Listado de elementos del subensamblaje:

- Soporte trasero
- Soporte delantero

- Perfil Solar-Flat

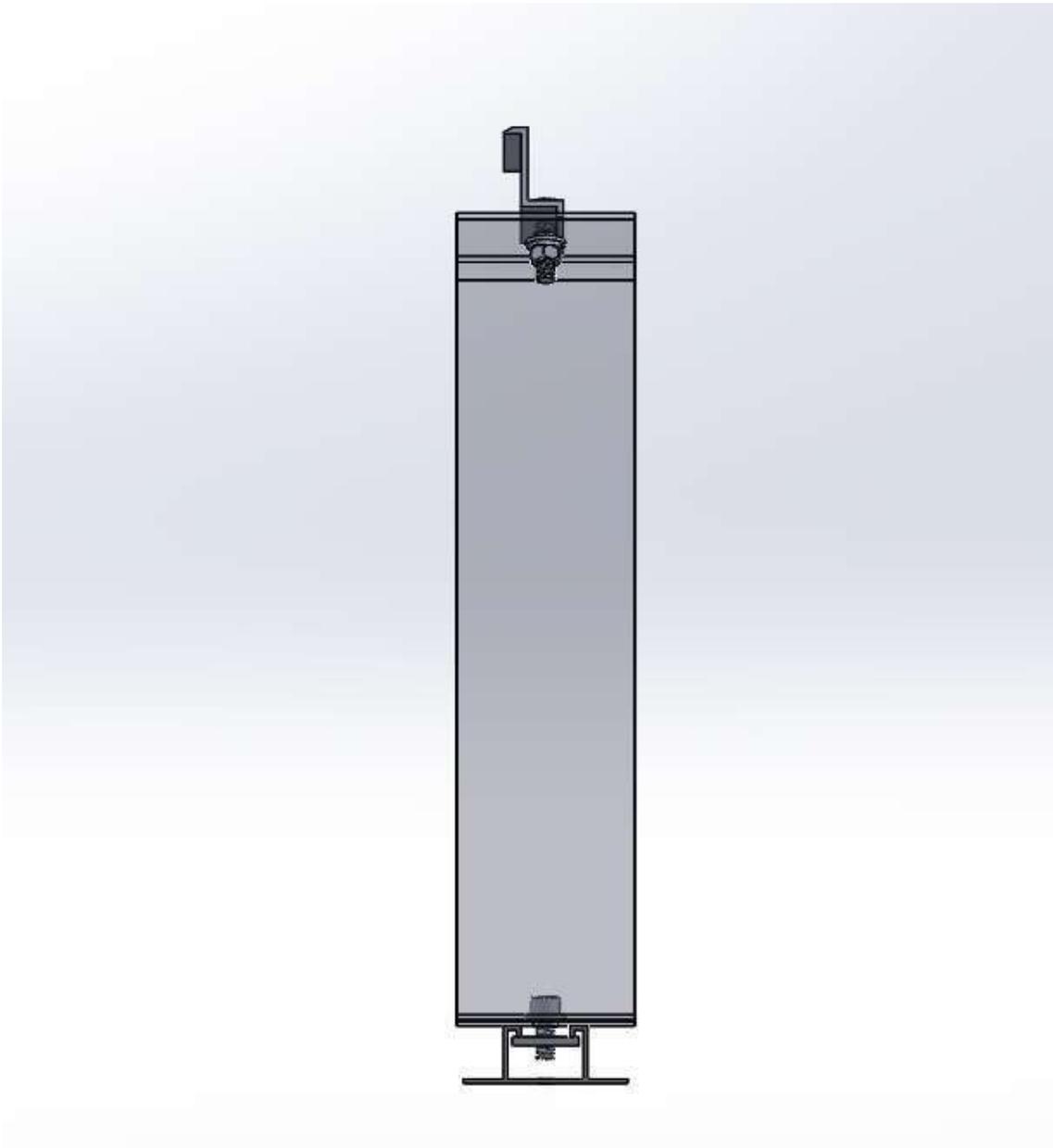


Figura 29: Ensamblaje Pata trasera de soporte a perfil Solar-Flat

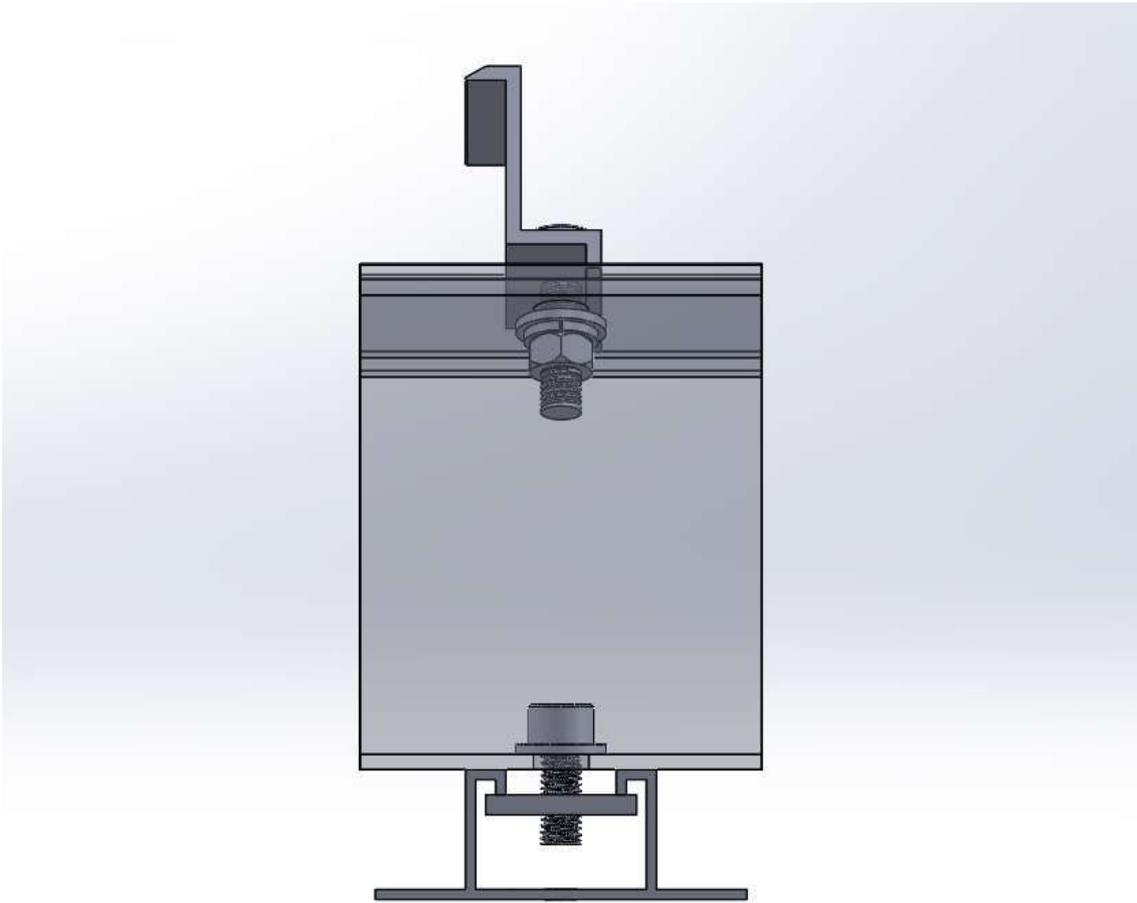


Figura 30: Ensamblaje Pata delantera de soporte a perfil Solar-Flat

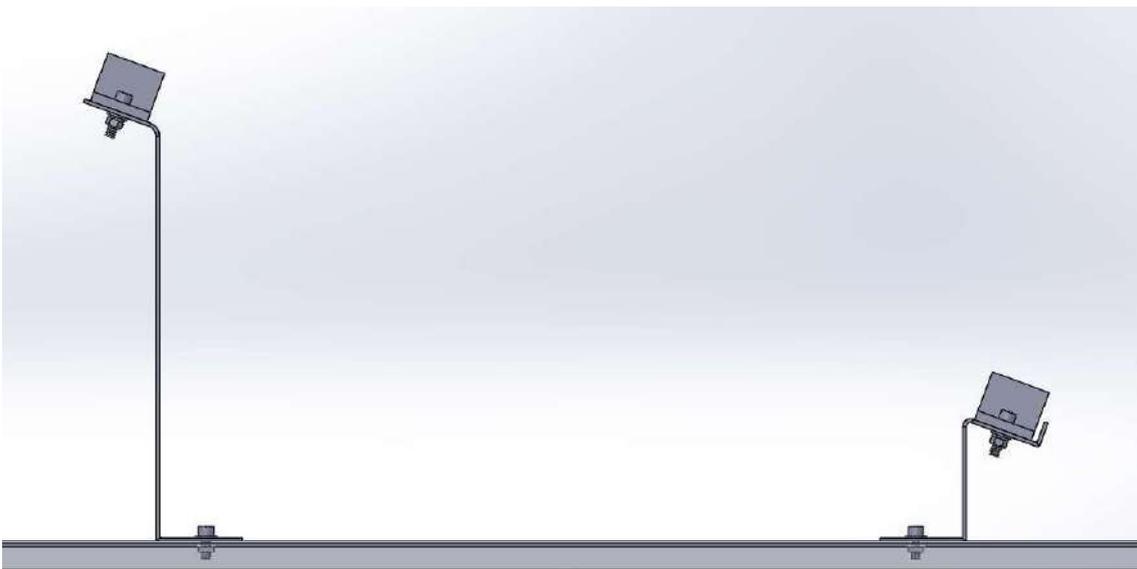


Figura 31: Vista Lateral Ensamblaje Patas de Soporte 20° a perfil Solar-Flat

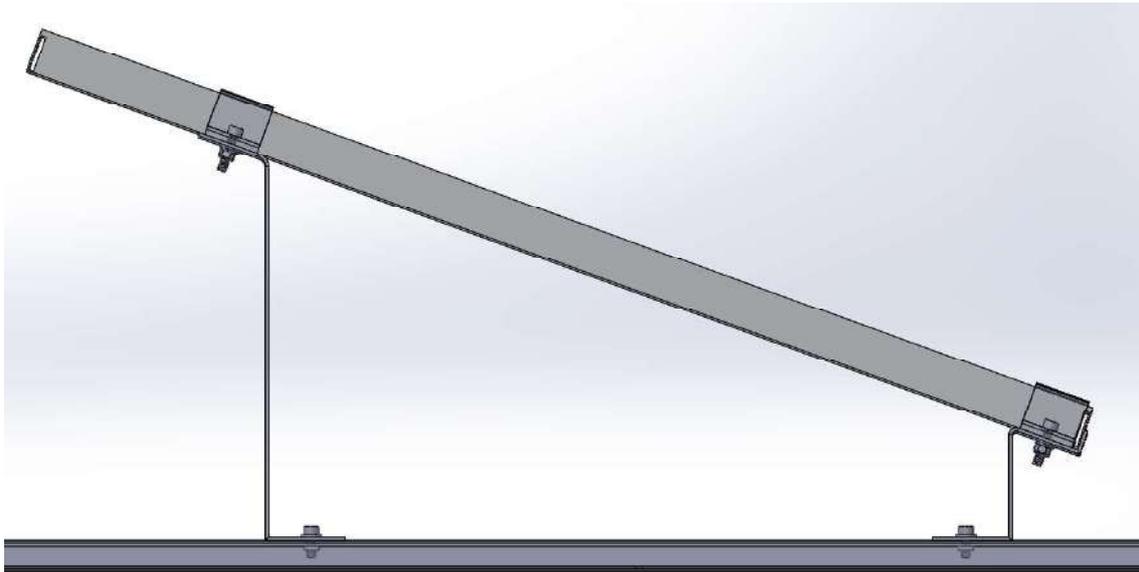


Figura 32: Ensamblaje Anclaje Placa a Perfil Solar-Flat

4.8.4 Ensamblaje pinza intermedia a perfil Solar-Flat

El ensamblaje de la pinza intermedia sobre el carril del perfil solar Flat para la realización de instalaciones coplanares sobre chapa, permite el anclaje de las placas solares internas de las filas de paneles solares directamente sobre el carril del perfil.

Listado de elementos del subensamblaje:

- Pinza intermedia
- DIN-912-A2: Tornillo M8 30 mm
- Tuerca guía perforada rectangular
- Perfil Solar-Flat

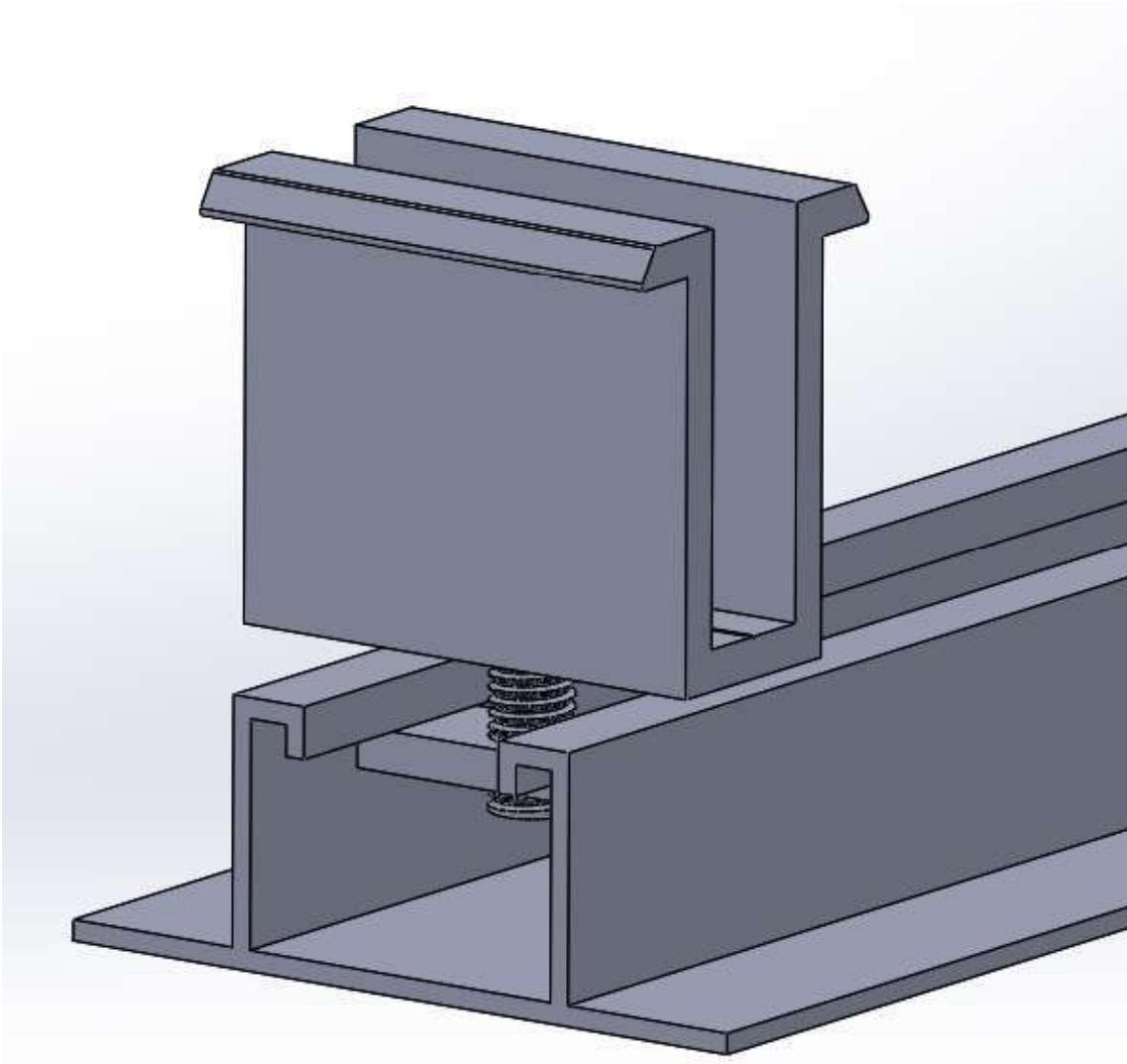


Figura 33: Ensamblaje pinza intermedia a perfil Solar Flat

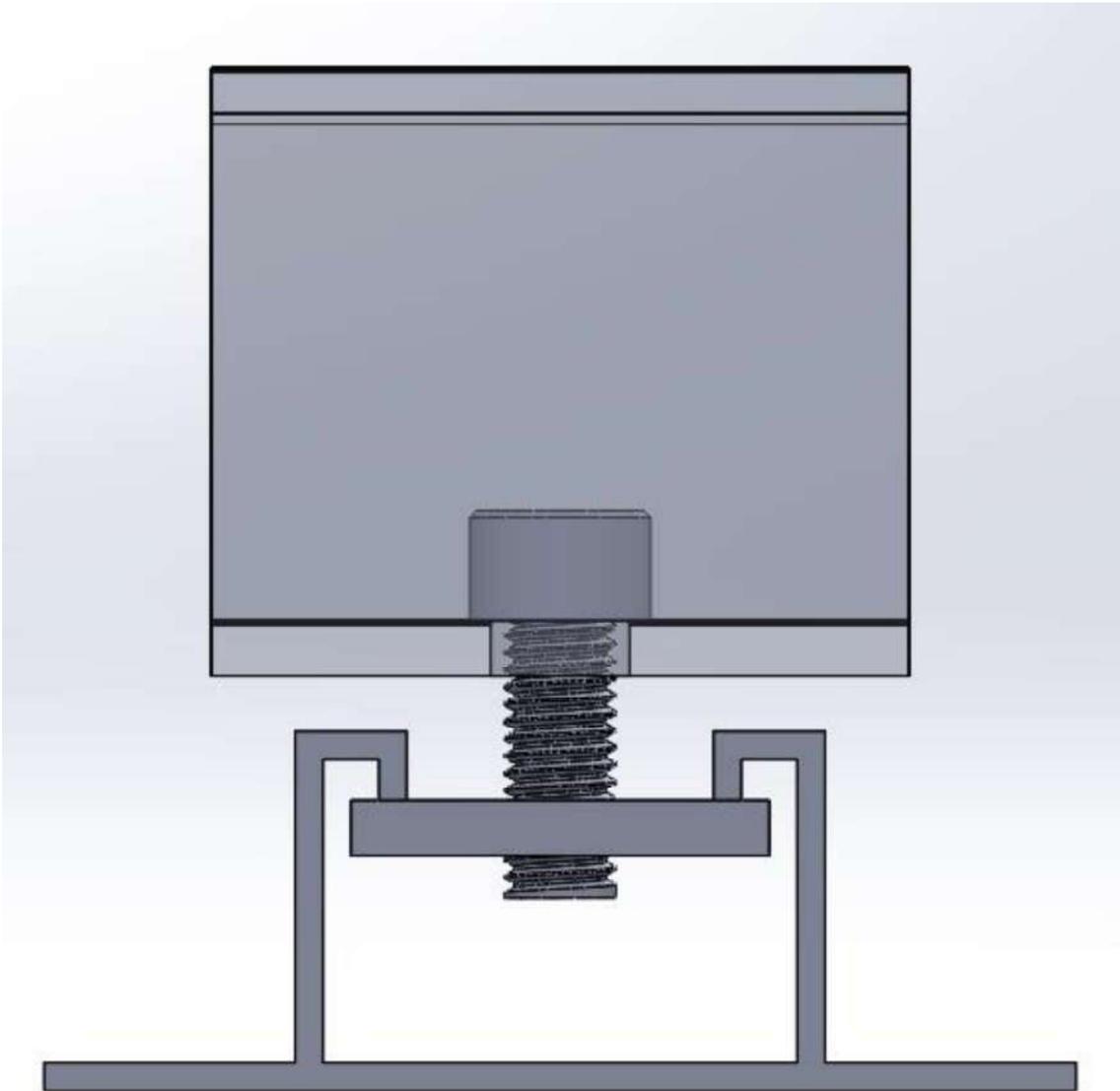


Figura 34: Detalle ensamblaje pinza intermedia a perfil Solar Flat

4.8.5 Ensamblaje pinza final a perfil Solar-Flat

El ensamblaje de la pinza final sobre el carril del perfil solar Flat para la realización de instalaciones coplanas sobre chapa, permite el anclaje de las placas solares terminales de las filas de paneles solares directamente sobre el carril del perfil.

Listado de elementos del subensamblaje:

- Pinza final
- DIN 912-A2: Tornillo M8 30 mm
- Tuerca guía perforada rectangular
- Perfil Solar-Flat

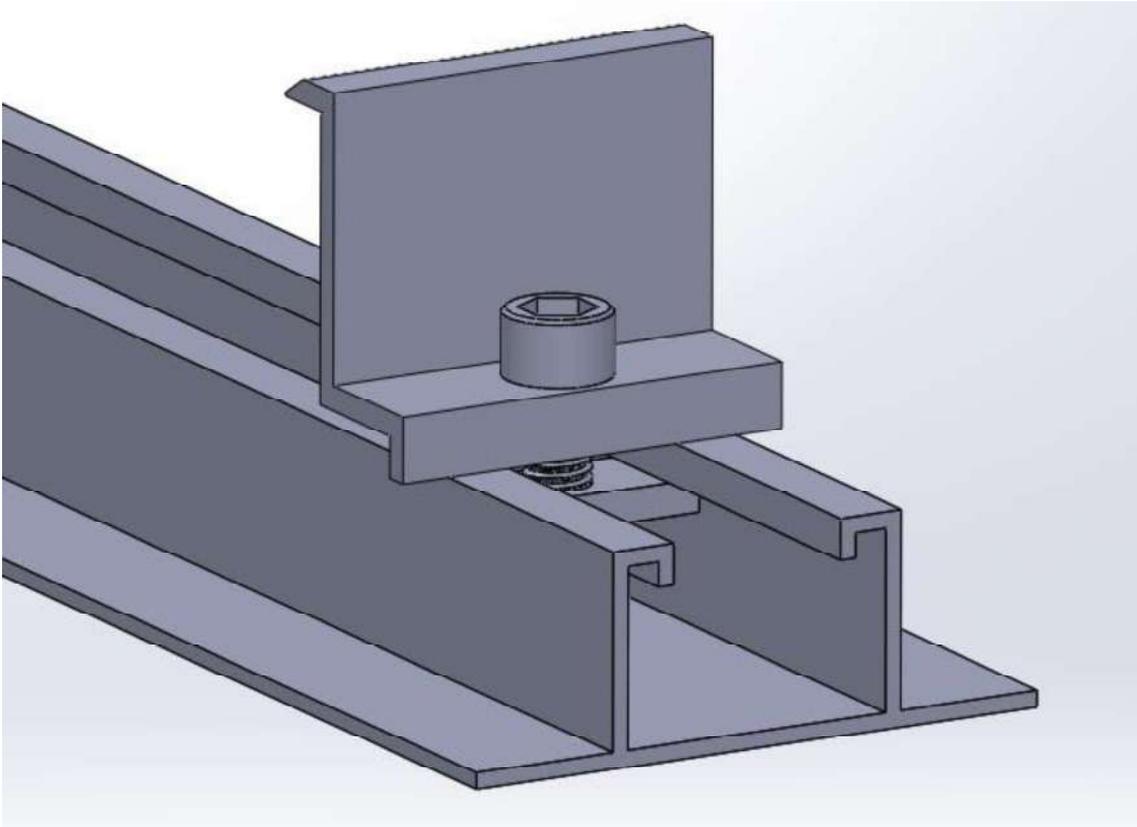


Figura 35: Ensamblaje pinza final a perfil Solar Flat

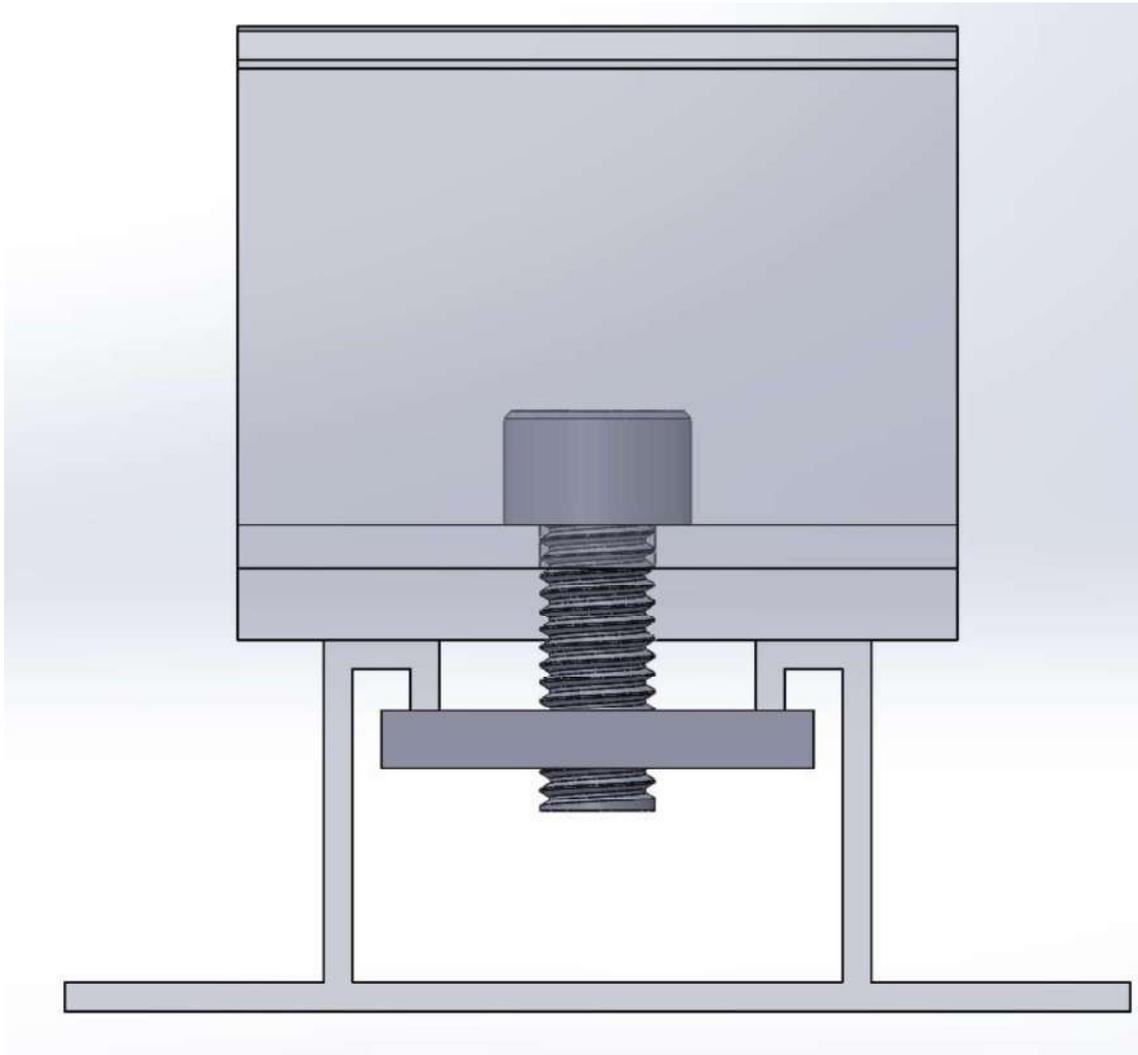


Figura 36: Detalle ensamble pinza final a perfil Solar Flat

4.9 Solución según la superficie

4.9.1 Instalación sobre cubierta chapa inclinada

Según se define anteriormente, gran cantidad de las instalaciones que se realizan actualmente se ubican sobre las cubiertas de naves industriales.

Muchas de estas cubiertas son de chapa metálica perfilada, bien de panel sándwich o no, y en función de la orientación en la que se encuentran permite el anclaje directo del perfil Solar-Flat sobre las correas de la nave o por contrario, es necesario realizar el anclaje por medio de los Salva grecas para poder mantener la orientación y anclaje óptimos. La sujeción se realiza anclando este elemento sobre las correas presentes en la cubierta, y se dispone sobre el perfil Solar-Flat de anclaje de los soportes.

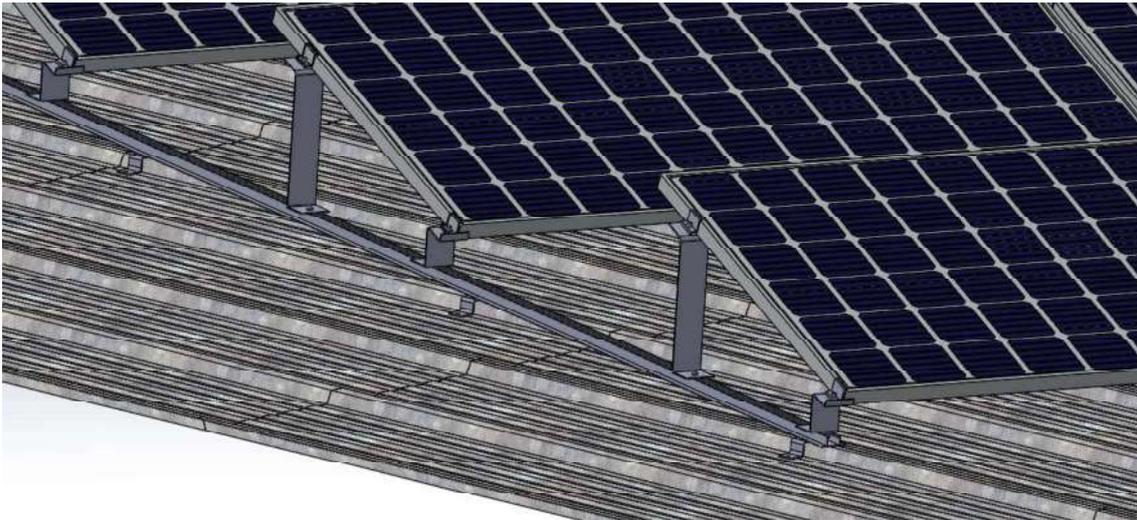


Figura 37: Anclaje Placas solares cubierta chapa metálica

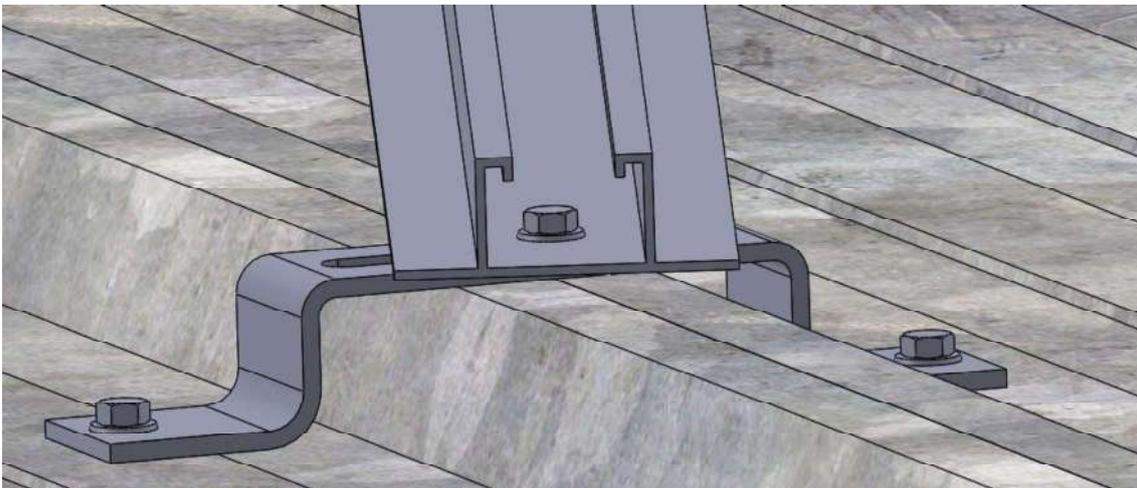


Figura 38: Detalle anclaje perfil a cubierta de chapa

Del mismo modo que las instalaciones sobre cubiertas de chapa grecada perfilada, la geometría de las cubiertas de panel de sándwich, encuentran el mismo inconveniente en aquellas instalaciones que requieren de una orientación diferente en un determinado ángulo respecto de la orientación propia de la cubierta de la nave, teniendo que salvar las cumbreras del propio panel sándwich para realizar un anclaje correcto sobre la estructura de la nave.

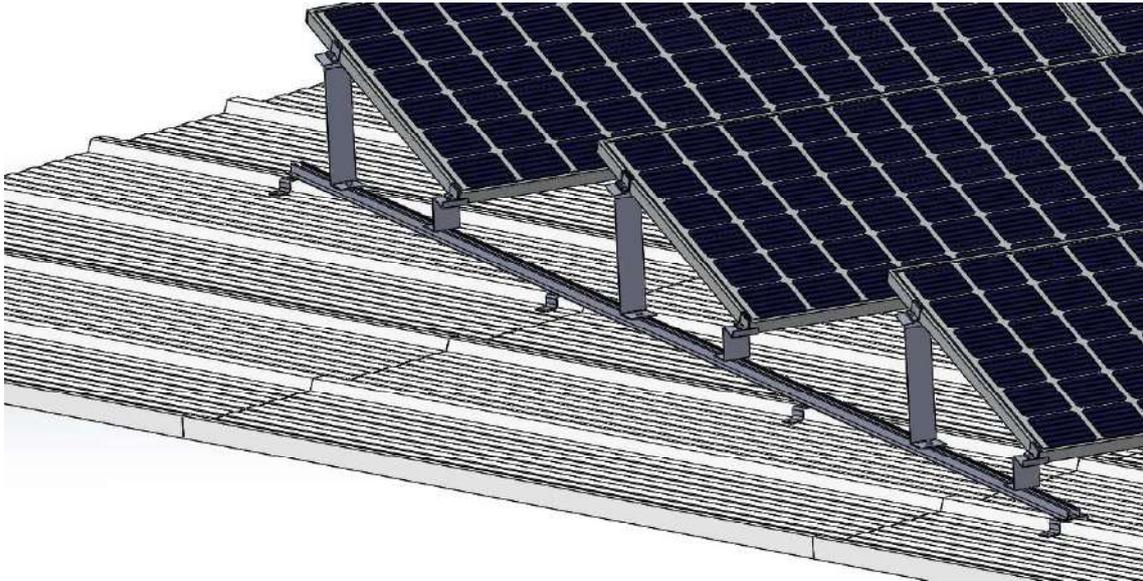


Figura 39: Anclaje Placas solares cubierta panel sándwich

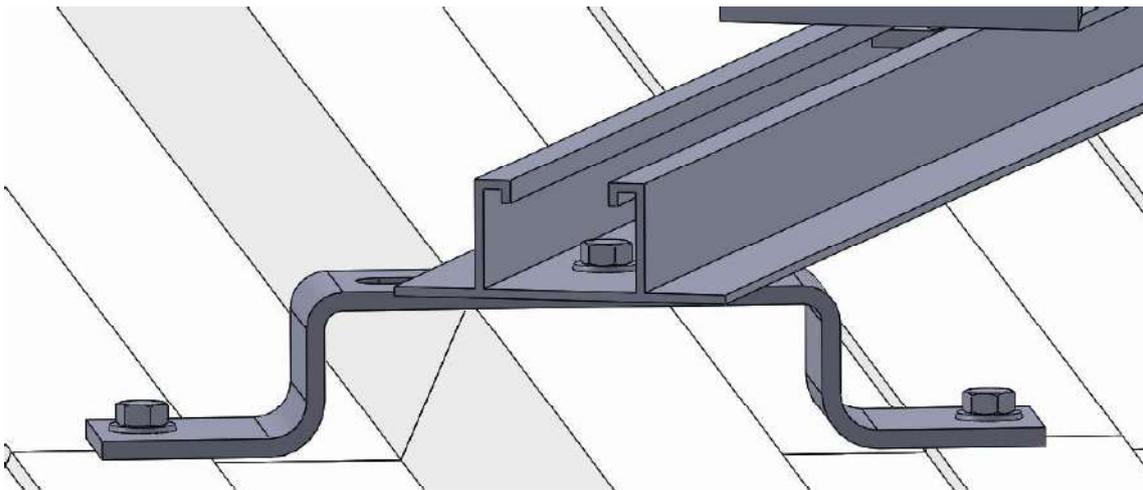


Figura 40: Detalle anclaje perfil a cubierta panel de sándwich

4.9.2 Instalación sobre cubierta de teja cerámica

Las instalaciones para particulares principalmente se realizan sobre cubiertas de teja cerámica presentes en la mayoría de viviendas particulares.

Tal y como se define con anterioridad, la composición de dichas tejas les proporciona de una fragilidad considerable y es aconsejable evitar el anclaje directo sobre ellas para evitar posteriores inconvenientes.

En consecuencia, se dispone de un elemento denominado salva tejas, que, gracias a su geometría, permite el anclaje de la estructura sobre la base de la cubierta evitando la perforación y la geometría de las tejas.



Figura 41: Anclaje Placas solares cubierta teja cerámica

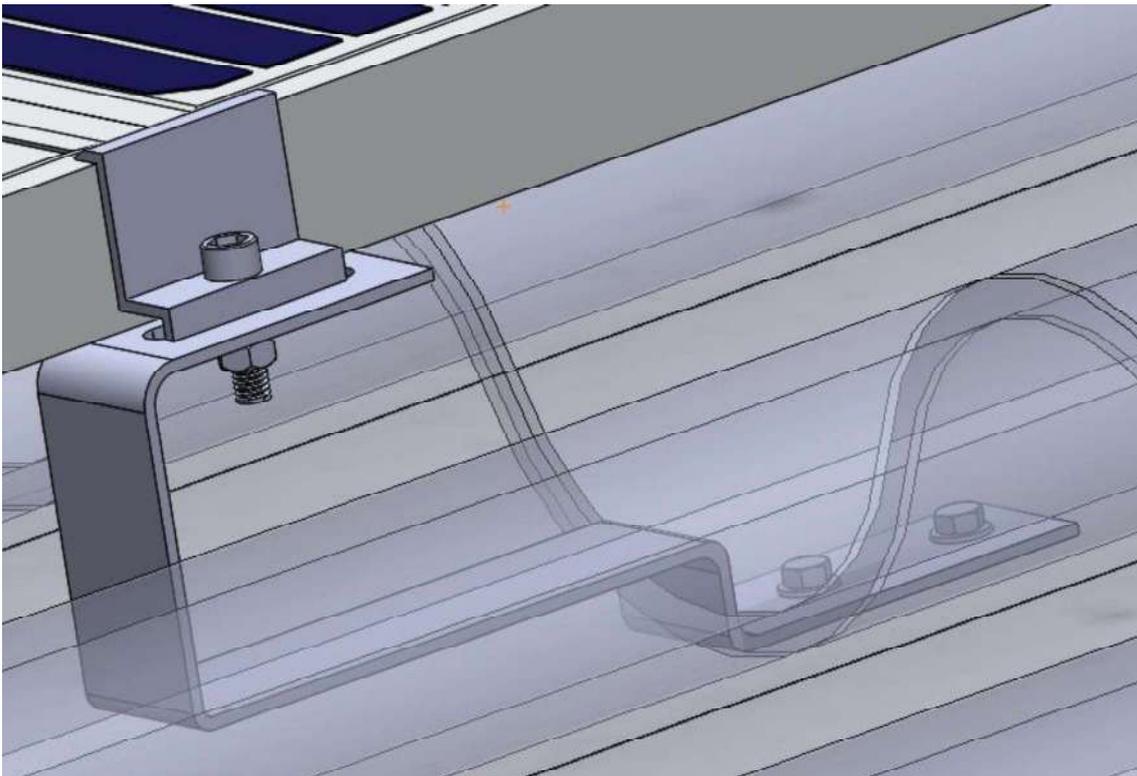


Figura 42: Detalle anclaje perfil a cubierta de teja cerámica

4.9.3 Instalación sobre suelo mediante lastre hormigón

Las instalaciones que se realizan directamente sobre suelo, tal y como se ha debatido anteriormente, se pueden realizar mediante el empleo de lastres de hormigón, que garantizan la fijación de la estructura frente a los diferentes agentes actuantes sobre la superficie del panel.

La disposición de estos lastres de hormigón planos requiere de un elemento que les aporte a las placas solares de la orientación e inclinación definida previamente. Por ello, incorporan los carriles de sujeción imitando la geometría de los carriles de los perfiles Solar-Flat y sobre los que se anclan las patas de soporte.



Figura 43: Anclaje placas solares a lastre de hormigón

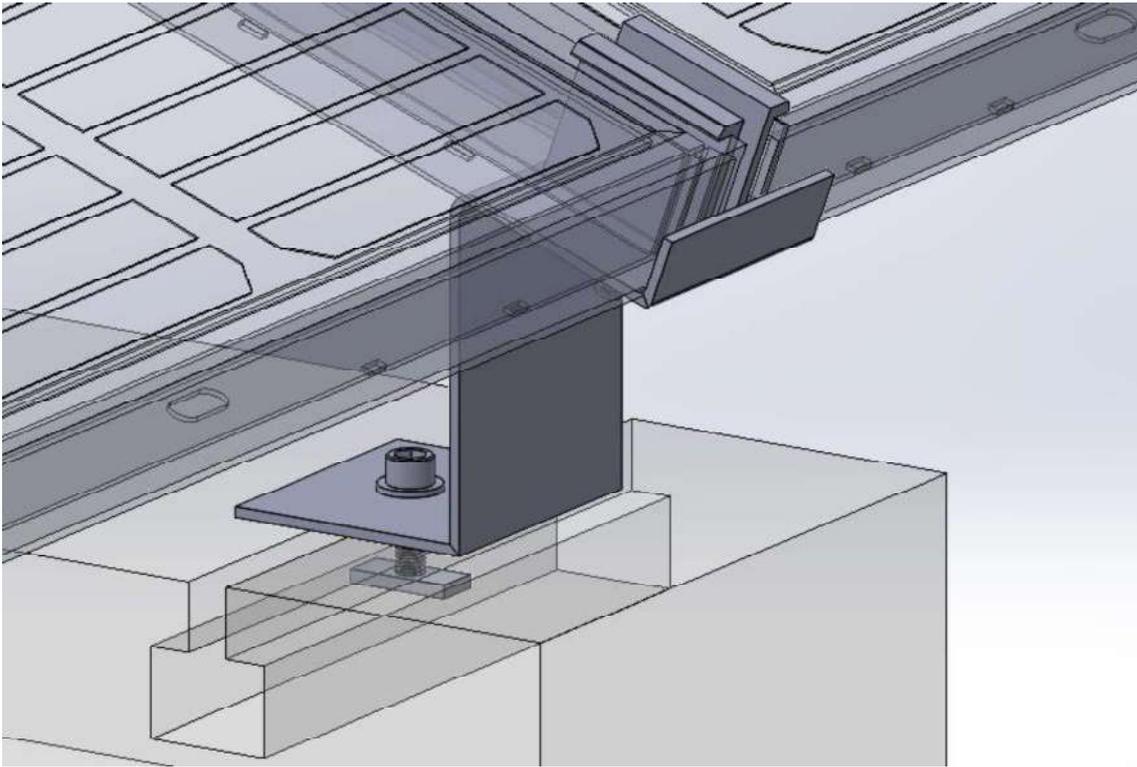


Figura 44: Detalle anclaje pinzas a lastre de hormigón

4.10 Análisis de materiales constructivos

Definido el diseño de la estructura portante de los paneles solares que permite garantizar el cumplimiento de todos los requisitos de diseño establecidos previamente y la definición de las cargas actuantes sobre la estructura, se va a desarrollar un proceso de selección del material que mejor se ajuste a nuestras pretensiones.

Durante el proceso selectivo se han tenido en cuenta diversos factores técnicos, económicos, ambientales, etc, definiendo que el material constructivo de las patas de soporte que satisface cada uno de los requisitos considerados es la Aleación de Aluminio 3105, H14.

El proceso de selección realizado con la ayuda del software *Ansys Granta EduPacK* se puede observar en el *Anexo N°1: Cálculos justificativos*.

4.11 Propuesta de procesos de fabricación

4.11.1 Proceso de fabricación de las patas de soporte

Determinado el material constructivo de las patas de soporte, se debe analizar en qué modo se suministra industrialmente para establecer el proceso de fabricación necesario para lograr determinado diseño.

El material proviene en chapas lisas generalmente de una determinada geometría, que deberá ser cortado y plegado según las geometrías especificadas en el *Documento N°4: Planos*.

Una vez presentadas las dimensiones de las patas de soporte sobre la chapa, se procederá a la realización de los agujeros para los elementos de fijación de M8 que incorporan estas y al corte de las dimensiones requeridas mediante una fresadora CNC.

Finalmente, siguiendo las indicaciones determinadas en el *Documento N°4: Planos*, se deberá proceder al plegado de las patas de soporte para dotarles de la inclinación requerida.

La definición completa del proceso de fabricación de las patas de soporte se puede observar en el *Anexo N°1: Cálculos justificativos*.

4.11.2 Proceso de fabricación del lastre de hormigón

El modo de obtención del lastre de hormigón viene condicionado de la geometría impuesta por diseño. Para su fabricación es necesario recurrir a la fabricación de un molde que le aporte dadas dimensiones. Las dimensiones del molde para la fabricación del lastre de hormigón se pueden encontrar en el *Documento N°4: Planos*.

Definido el molde para la fabricación del lastre de hormigón se debe proceder al mezclado de los áridos en sus correspondientes proporciones para asegurar que el concreto obtenido presenta la densidad indicada para obtener el peso especificado.

Una vez realizada la mezcla se procede al llenado del molde. Para asegurar una correcta distribución homogénea del material por toda la superficie se procederá al vibrado del material una vez depositado dentro del molde.

En el *Anexo N°1: Cálculos justificativos*. Se puede observar con más detenimiento el proceso de fabricación propuesto, así como vistas de detalle del ensamblaje del molde con el lastre.

5 CONCLUSIONES

Tras realizar un análisis estructural de las sobrecargas actuantes sobre el sistema recogidas por los organismos competentes en materia y la normativa vigente, se determina que la estructura propuesta de Aluminio inoxidable, en concreto la aleación de Aluminio 3105 H14, asegura un correcto anclaje del sistema de fijación de los paneles solares sobre la estructura sobre la que se instala.

La selección del material para estructura de soporte se ha realizado considerando diversos factores técnicos, económicos, ambientales, etc.

Se concluye que la estructura de aluminio inoxidable cumple con las sollicitaciones de carga establecidas. Dado que presenta una densidad menor que el acero, se reduce la transmisión de sobrecargas sobre la estructura portante, además presenta gran resistencia a la corrosión y un grado de maleabilidad en frío elevado, que reduce los tiempos y costes de fabricación.

En instalaciones sobre cubiertas de naves industriales se garantiza el correcto anclaje sobre las correas que forman la estructura de la propia nave.

A partir del análisis y diseño estructural, se puede concluir que:

- El diseño planteado para el soporte de los módulos solares fotovoltaicos, le aporta la inclinación y orientación requerida en función de la ubicación y la pendiente de la superficie sobre la que se instala.
- El diseño planteado cumple con los requerimientos de seguridad y funcionalidad establecidos por la normativa vigente anteriormente mencionada.
- Se verifica que los elementos estructurales empleados para el anclaje de las placas solares presentan interacción de tensiones que no sobrepasan los rangos admisibles en función de la geometría de la estructura y las cargas definidas.
- Tras realizar el modelado 3D de cada uno de los componentes, así como una simulación de las cargas actuantes sobre el sistema de anclaje, se determina que la estructura proyectada se comporta de manera adecuada frente a las sollicitaciones analizadas según la normativa vigente.

Del mismo modo, las instalaciones realizadas sobre suelo garantizan el anclaje y sujeción de las placas solares mediante el propio peso de la estructura de hormigón.

Se concluye que las estructuras lastradas de hormigón para el anclaje de los paneles solares fotovoltaicos son menos costosas que las realizadas en acero debido a los costes

derivados del hincado de la estructura y la perforación del terreno sumado a los costes de fabricación.

Finalmente, se resuelve que el lastre de hormigón sobre el que se realiza el anclaje de los paneles solares mediante las patas de soporte otorga la inclinación y orientación requerida en función de la latitud geográfica establecida por las patas de soporte.

6 BIBLIOGRAFÍA

1. UNE 157001/2014. *Criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico.*
2. CTE-DB-SE-AE. *Seguridad Estructural - Acciones en la edificación, en el que se establecen las acciones gravitatorias, nieve, viento, térmicas, geológicas, accidentales y dinámicas.*
3. PNE-EN 50331-1 “*Sistemas fotovoltaicos en edificios. Parte 1: Requisitos de seguridad*”.
4. Eurocódigo 1. *Acciones en las estructuras – Parte 1-3.*
5. Eurocódigo 1. *Acciones en las estructuras – Parte 1-4.*
6. Eurocódigo 3. *Diseño de estructuras metálicas.*
7. Eurocódigo 4. *Proyecto de estructuras mixtas de acero y hormigón.*
8. Eurocódigo 9. *Diseño de estructuras de aluminio. Parte 1-1: Reglas generales.*
9. UNE-EN ISO 3269:2020. *Elementos de Fijación.*
10. PCT-C-REV - julio 2011. *Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de energía solar fotovoltaica conectadas a Red por el IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía).*
11. La energía que nos une, “*El descubrimiento del efecto fotovoltaico*”.
<https://cecu.es/laenergiaquenosune/index.php/energia-solar-fotovoltaica#:~:text=El%20efecto%20fotovoltaico%20fue%20descubierto,este%20se%20expon%C3%ADa%20al%20sol.>
12. Catalogo S-FLEX “*Sistemas de soporte sobre cubierta*”:

<https://www.vaillant.es/downloads/productos/auropower-1/sflex-sistemas-de-fijacion-de-paneles-fotovoltaicos-manual-de-instalacin-1625482.pdf>

13. REN30. *Estudio estructural para colocación de paneles solares*. 5 de diciembre de 2021
<https://ren30.es/rehabilitacion-energetica/renovables/estudio-estructural-para-colocacion-de-paneles-solares/>
14. Praxia Energy. *Estructuras fotovoltaicas*:
<https://www.praxiaenergy.com/>
15. Unión española fotovoltaica: *Webinar 12. Cálculo de estructuras para instalaciones fotovoltaicas de autoconsumo (21 mayo de 2020)*:
<https://www.youtube.com/watch?v=eD08Tr9vSYM>
16. NAVARRO Y SOLER CAD-PLM SOFTWARE, S.L: *Optimización Estructuras Fotovoltaicas | Webinar Ansy (1 de junio de 2021)*:
<https://www.youtube.com/watch?v=kamW-2IUUGw>
17. Tipos de estructuras Walraven Iberia. *Tipos de estructuras para suportación de paneles fotovoltaicos (7 de abril de 2020)*:
<https://www.youtube.com/watch?v=fUuWvQF9tnI>
18. Elementos de fijación Index:
<https://www.indexfix.com/>

DOCUMENTO N°3: ANEXOS

ÍNDICE DOCUMENTO N°3: ANEXOS

ANEXO N°1: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	1
1.1 Inclinación de los paneles solares.....	1
1.2 Distancia mínima entre filas de módulos	1
1.3 Determinación de cargas y esfuerzos	3
1.3.1 Acciones permanentes.....	4
1.3.2 Acciones variables.....	4
1.4 Análisis de componentes	12
1.4.1 Simulación 1: Patas de soporte traseras.....	13
1.4.2 Simulación 2: Patas de soporte delanteras.....	17
1.4.3 Simulación 3: Estructura anclaje paneles solares.....	22
1.4.4 Lastre de hormigón	26
1.5 Determinación manual de reacciones sobre la estructura.....	27
1.5.1 Reacciones según carga Peso Propio	27
1.5.2 Reacciones según carga Peso Propio + Nieve	29
1.5.3 Reacciones según carga Viento Succión.....	30
1.5.4 Reacciones según carga Peso Propio + Nieve + Viento Succión.....	31
1.6 Proceso de selección de materiales.....	33
1.7 Propuesta de proceso de fabricación	34
1.7.1 Patas de soporte.....	34
1.7.2 Lastre de hormigón	35
ANEXO N°2: CATÁLOGOS ELEMENTOS COMERCIALES.....	38

ÍNDICE FIGURAS DOCUMENTO N°3: ANEXOS

- *Figura 1: Croquis para el cálculo de distancia entre módulos. Fuente: Monsolar* 2
- *Figura 2: Acción del peso propio sobre la estructura*..... 4
- *Figura 3: Descomposición de fuerzas debidas a la acción del viento*..... 5
- *Figura 4: Valor básico de la velocidad del viento*..... 6
- *Figura 5: Valores del coeficiente de exposición*..... 6
- *Figura 6: Valores del Coeficientes de presión*..... 8
- *Figura 7: Acción del viento a succión sobre la estructura* 9
- *Figura 8: Zonas climáticas de invierno. Figura E.2. CTE DB SE-AE* 10
- *Figura 9: Acción de la carga de nieve sobre la estructura* 12
- *Figura 10: Asignación material pata de soporte trasera* 13
- *Figura 11: Definición del entorno de simulación de la pata trasera* 14
- *Figura 12: Tensión máxima equivalente de Von Mises sobre pata de soporte trasera*..... 15
- *Figura 13: Deformación máxima pata de soporte trasera* 15
- *Figura 14: Error máximo pata de soporte trasera* 16
- *Figura 15: Coeficiente de seguridad pata de soporte trasera* 16
- *Figura 16: Asignación material pata de soporte delantera*..... 17
- *Figura 17: Definición del entorno de simulación de la pata de soporte delantera*..... 17
- *Figura 18: Tensión máxima equivalente de Von Mises sobre pata de soporte delantera*..... 18
- *Figura 19: Deformación máxima pata de soporte delantera* 19
- *Figura 20: Error máximo pata de soporte delantera* 19
- *Figura 21: Coeficiente de seguridad pata de soporte delantera* 20
- *Figura 22: Stress life curve Aluminum Alloy. software ANSYS Workbenck*..... 21
- *Figura 23: Coeficiente de seguridad a fatiga sobre pata de soporte trasera*..... 21
- *Figura 24: Coeficiente de seguridad a fatiga sobre pata de soporte delantera* 22
- *Figura 25: Entorno de simulación de la estructura de anclaje de placas solares* 23
- *Figura 26: Deformación máxima estructura de soporte* 24
- *Figura 27: Tensión máxima equivalente de Von Mises sobre la estructura de soporte* 24
- *Figura 28: Detalle Tensión máxima equivalente sobre la estructura de soporte*..... 25
- *Figura 29: Propiedades físicas del lastre hormigón. Software Solidworks*..... 27
- *Figura 30: Croquis Reacciones según carga Peso propio* 28
- *Figura 31: Croquis Reacciones según carga Peso propio + Nieve* 29
- *Figura 32: Croquis Reacciones según carga Viento Succión*..... 30
- *Figura 33: Cargas máximas admisibles según distancia entre correas*..... 31
- *Figura 34: Croquis Reacciones según carga Viento Succión*..... 32
- *Figura 35: Selección material patas de soporte. Fuente: ANSYS Granta EduPack*..... 34

- <i>Figura 36: Distribución mecanizado patas de soporte.....</i>	<i>35</i>
- <i>Figura 37: Molde fabricación lastre de hormigón plano</i>	<i>36</i>
- <i>Figura 38: Despiece molde lastre de hormigón</i>	<i>36</i>
- <i>Figura 39: Molde cerrado lastre hormigón.....</i>	<i>37</i>

INDICE TABLAS DOCUMENTO N°3: ANEXOS

- *Tabla 1: Inclinación de los paneles solares según la latitud y periodo..... 1*
- *Tabla 2: Distancias mínimas de separación entre filas de módulos..... 3*
- *Tabla 3: Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal (kN/m²). Tabla E.2. CTE SE-AE.. 10*
- *Tabla 4: Promedio sobrecarga de nieve por zona climática 11*
- *Tabla 5: Valores Interpolación lineal..... 11*
- *Tabla 6: Optimización del mallado de la pata de soporte trasera. 14*
- *Tabla 7: Optimización del mallado de la pata de soporte delantera..... 18*
- *Tabla 8: Asignación de materiales estructura anclaje placas solares 22*
- *Tabla 9: Optimización del mallado de la pata de soporte delantera..... 23*
- *Tabla 10: Reacciones debido al peso propio del panel 28*
- *Tabla 11: Reacciones debido al peso propio del panel + Carga Nieve 29*
- *Tabla 12: Reacciones debido a la acción del viento..... 30*
- *Tabla 12: Reacciones debido a la acción del viento..... 32*

ANEXO N°1: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

1.1 Inclinación de los paneles solares

El cálculo de la inclinación óptima de los módulos solares fotovoltaicos, según establece el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), se determina en función del periodo sobre el que se pretenda hacer trabajar la instalación, así como de la latitud del emplazamiento donde se ubicará la planta.

El Alcance del proyecto determinado en el *Documento N°2: Memoria*, determina el ámbito de aplicación sobre el que se procede a realizar el diseño, presentando un rango de latitudes que difiere entre los 36° correspondientes al extremo sur de la península y los 42° grados del extremo norte.

Siguiendo los cálculos establecidos por el IDAE, se determina que las inclinaciones óptimas, donde se obtienen las menores pérdidas por inclinación de los módulos solares, son las siguientes:

Periodo de diseño	β_{opt} latitud 36°	β_{opt} latitud 42°
Diciembre	$36 + 10^\circ = 46^\circ$	$42 + 10^\circ = 52^\circ$
Julio	$36 - 20^\circ = 16^\circ$	$42 - 20^\circ = 22^\circ$
Anual	$36 - 10^\circ = 26^\circ$	$42 - 10^\circ = 32^\circ$

Tabla 1: Inclinación de los paneles solares según la latitud y periodo

Dado que se pretende realizar una instalación fija, se determina que los ángulos de inclinación óptimos deberán variar entre los 26° y los 32°.

Para establecer dicho ángulo correctamente, se deberá realizar un estudio particular para cada instalación donde se estudiará la latitud del lugar, así como la inclinación que presente la superficie de anclaje.

1.2 Distancia mínima entre filas de módulos

Uno de los factores claves en el diseño de una instalación solar fotovoltaica es la determinación correcta de la separación entre filas de placas para que no se produzcan sombras entre ellas a lo largo del día.

Según establece el Pliego de Condiciones técnicas del IDEA, la distancia “d”, medida sobre la horizontal, entre unas filas de módulos obstáculo de altura “h”, que pueda producir sombras sobre la instalación deberá garantizar un mínimo de 4 horas de sol en torno al mediodía del solsticio de invierno. Esta distancia “d” será superior al valor obtenido por la expresión:

$$D = D1 + \frac{\text{sen}(\beta) \times L}{\tan(h_0)}$$

Donde:

- L: Longitud de la placa.
- β : Inclinación óptima de la placa respecto a la horizontal.
- h_0 : Altura solar.
- D: Distancia mínima para que no se proyecten sombras en el día más desfavorable del mes más desfavorable (21 de diciembre), a las 12 de la mañana. Sin embargo, algunos autores recomiendan ampliar esta distancia un 25% para evitar o reducir las sombras en diciembre y a primeros de enero durante las primeras y últimas horas del día.

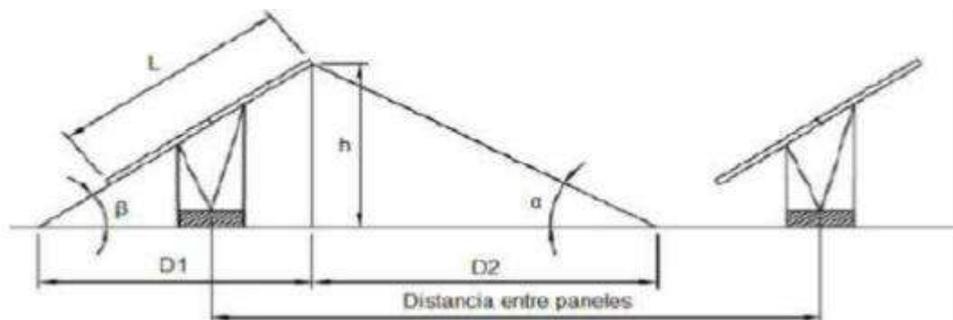


Figura 1: Croquis para el cálculo de distancia entre módulos. Fuente: Monsolar

La altura solar depende de la declinación solar y de la latitud del lugar y se determina según la siguiente fórmula:

$$h_0 = 90^\circ - (\theta - i) - \delta$$

Donde

- θ : Latitud del lugar.
- δ : Declinación solar (ángulo entre la línea Sol-Tierra y el plano ecuatorial celeste).
- i : Inclinación de la superficie.

Para realizar el cálculo correctamente se determina la declinación solar del día más desfavorable del año debido a que es el día donde la radiación solar incide sobre nuestra superficie con el menor ángulo, correspondiendo este al 21 de diciembre (solsticio de invierno) adoptando un ángulo $\delta = 23,45^\circ$

Aplicando la anterior expresión, al rango de latitudes de la península ibérica, se establecen las alturas solares en función de la inclinación de la superficie:

$$h_{036^\circ} = 90^\circ - (36 - i) - 23,45^\circ$$

$$h_{042^\circ} = 90^\circ - (42 - i) - 23,45^\circ$$

Determinada la altura solar en función de la inclinación de la superficie y determinando la proyección horizontal de la dimensión del panel seleccionado, se pueden determinar las superficies mínimas entre filas de módulos solares fotovoltaicos en función de la inclinación de la superficie:

$$D1 = L \times \cos\beta = 1,040 \times \cos\beta$$

$$D = D1 + \frac{\text{sen}(\beta) \times L}{\tan(h_0)}$$

Inclinación [°]	h036° [°]	D [m]	h042° [°]	D [m]
5	35,55	1,163	29,55	1,200
10	40,55	1,235	34,55	1,302
15	45,55	1,269	39,55	1,366
20	50,55	1,270	44,55	1,401
25	55,55	1,244	49,55	1,414
30	60,55	1,194	54,55	1,410

Tabla 2: Distancias mínimas de separación entre filas de módulos

1.3 Determinación de cargas y esfuerzos

Siguiendo la normativa vigente establecida por los órganos competentes en materia, se establecen las acciones que se deben considerar con carácter obligatorio para garantizar la seguridad de la estructura, así como de las personas.

Tal y como se define en el *Documento N°2: Memoria*, las acciones recogidas por el Código Técnico de la Edificación en su documento Básico de Seguridad Estructural. Acciones en la edificación (CTE DB SE-AE), se pueden diferenciar en acciones permanentes y en acciones variables.

1.3.1 Acciones permanentes

A efectos de transmisión de cargas a la estructura de anclaje de las placas solares se considerará el peso propio del panel como única acción permanente, resultando:

$$\frac{\text{Peso del panel}}{\text{Superficie del panel}} = \frac{24,7 \times 9,81}{(2.102 \times 1.040)} = \mathbf{110,84 \text{ N/m}^2}$$

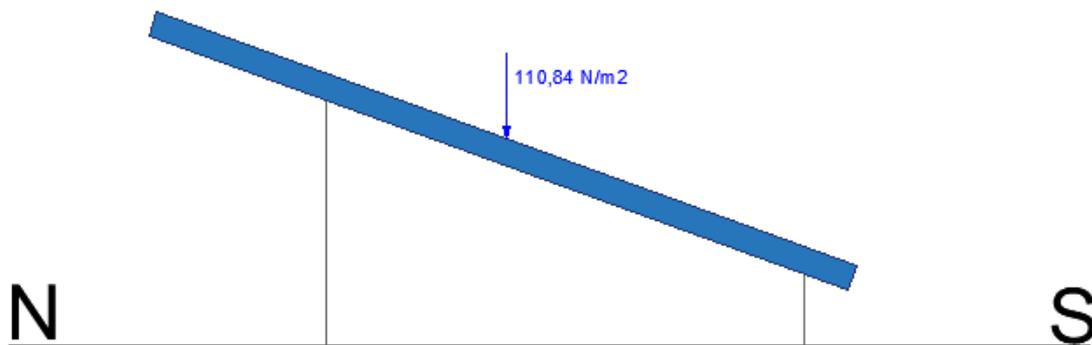


Figura 2: Acción del peso propio sobre la estructura

1.3.2 Acciones variables

1.3.2.1 Viento

Según se establece previamente, la acción del viento más crítica que actúa sobre la estructura de anclaje de los paneles solares es la procedente del Norte que incide por la parte trasera del panel, ejerciendo una carga de presión sobre esta.

Tal y como se ha comentado, dicha carga es función directa del ángulo de inclinación de la placa. Cuanto mayor sea la inclinación, mayor superficie de exposición a la acción del viento.

Dicha carga perpendicular sobre el panel se puede descomponer de modo que una parte incide perpendicularmente sobre la superficie del módulo solar fotovoltaico y la otra desliza sobre dicha superficie tal y como se muestra a continuación.

Adicionalmente, para determinar el valor de la presión ejercida sobre la estructura de anclaje de los paneles solares es necesario considerar diferentes parámetros establecidos en CTE DB SE-AE, para caracterizar de la mejor manera dicha estructura.

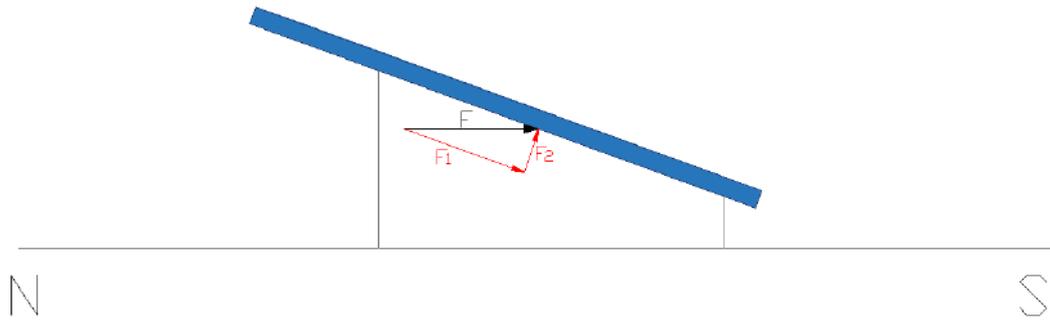


Figura 3: Descomposición de fuerzas debidas a la acción del viento

Según establece el CTE DB SE-AE “La acción del viento, en general una fuerza perpendicular a la superficie de cada punto expuesto o presión estática puede expresarse como”:

$$q_e = q_b \cdot C_e \cdot C_p$$

Siendo:

- q_b : Presión dinámica del viento.
- C_e : Coeficiente de exposición
- C_p : Coeficiente eólico o de presión

➤ Presión dinámica del viento

El documento Básico de Seguridad Estructural. Acciones en la edificación, insta a emplear como valor simplificado de presión dinámica del viento en todo el territorio español $0,5 \text{ kN/m}^2$. Pudiendo ser determinado mediante la expresión expuesta a continuación recogida en el Anejo D:

$$q_b = 0,5 \cdot \delta \cdot v_b^2$$

Siendo:

- δ : Densidad del aire. ($1,25 \text{ kg/m}^3$)
- v_b : Valor básico de la velocidad del viento.

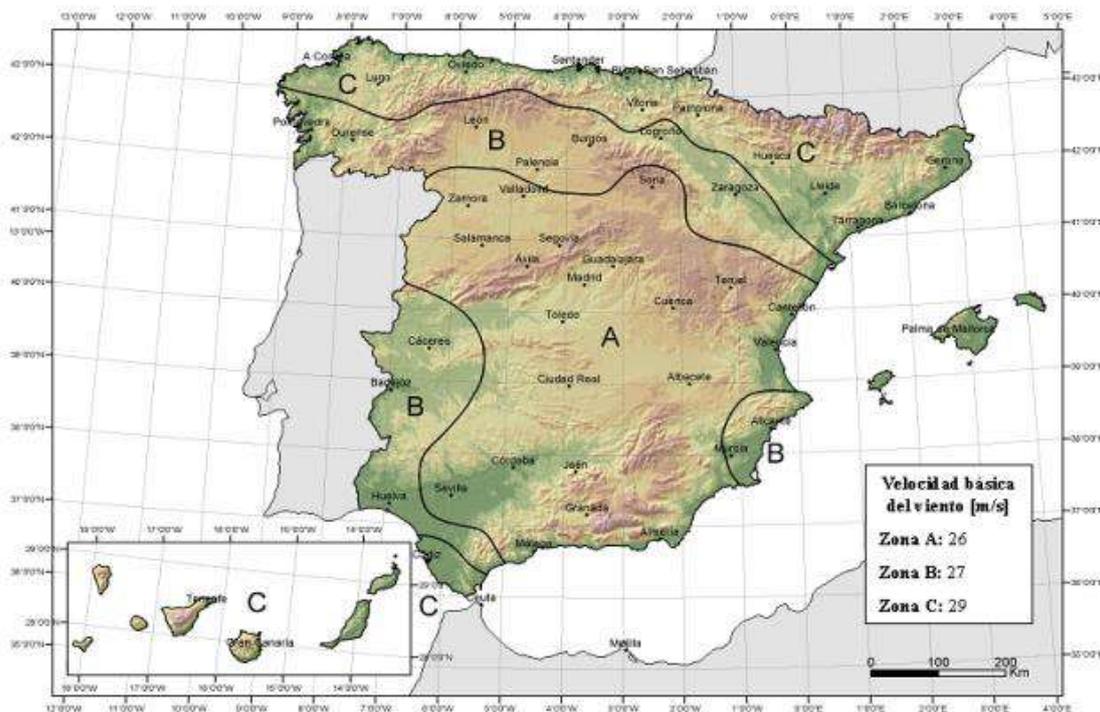


Figura 4: Valor básico de la velocidad del viento

➤ **Coefficiente de exposición**

“El coeficiente de exposición, variable con la altura del punto considerado, en función del grado de aspereza del entorno donde se encuentra ubicada la construcción”, se determina de acuerdo con la tabla 3.4. Valores del coeficiente de exposición, del CTE DB SE-AE:

Grado de aspereza del entorno	Altura del punto considerado (m)							
	3	6	9	12	15	18	24	30
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	2,4	2,7	3,0	3,1	3,3	3,4	3,5	3,7
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	2,1	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	1,6	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	1,3	1,4	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6
V Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	1,2	1,2	1,2	1,4	1,5	1,6	1,9	2,0

Figura 5: Valores del coeficiente de exposición

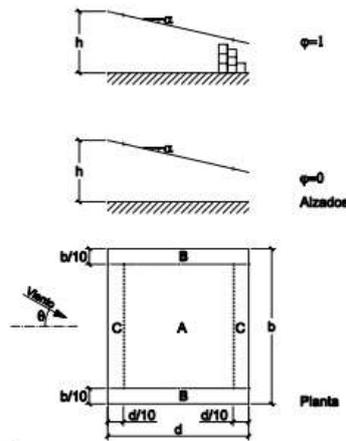
Para nuestro caso de estudio, teniendo en cuenta que las instalaciones que se van a realizar mayoritariamente van a disponerse sobre las cubiertas de edificios de viviendas o naves industriales se va a adoptar un coeficiente de exposición correspondiente a 1 grado de aspereza IV zona urbana en general, industrial o forestal, con un valor de 1,3 para una altura media considerada de 3 m.

➤ **Coeficiente eólico o de presión**

“El coeficiente eólico o de presión, dependiente de la forma y orientación de la superficie respecto al viento, y en su caso, de la situación del punto respecto a los bordes de esa superficie; un valor negativo indica succión.”

En la determinación del coeficiente eólico, se diferencia entre edificios de pisos y naves o construcciones diáfanas, resultando más desfavorable este último debido a que presentan mayor exposición. Se adopta como valor positivo, carga a presión, y un valor negativo correspondiente a succión tendiendo a levantar el panel.

En nuestro caso, se puede obtener el coeficiente de presión a partir de la Tabla D.10 Marquesinas a un agua del CTE DB SE-AE, siendo esta la forma constructiva que más se asimila.



Coeficientes de presión exterior					
C _{p,10}					
Pendiente de la cubierta α	Efecto del viento hacia	Factor de obstrucción φ	Zona (según figura)		
			A	B	C
0°	Abajo	0 ≤ φ ≤ 1	0,5	1,8	1,1
	Arriba	0	-0,6	-1,3	-1,4
	Arriba	1	-1,5	-1,8	-2,2
5°	Abajo	0 ≤ φ ≤ 1	0,8	2,1	1,3
	Arriba	0	-1,1	-1,7	-1,8
	Arriba	1	-1,6	-2,2	-2,5
10°	Abajo	0 ≤ φ ≤ 1	1,2	2,4	1,6
	Arriba	0	-1,5	-2,0	-2,1
	Arriba	1	-2,1	-2,6	-2,7
15°	Abajo	0 ≤ φ ≤ 1	1,4	2,7	1,8
	Arriba	0	-1,8	-2,4	-2,5
	Arriba	1	-1,6	-2,9	-3,0
20°	Abajo	0 ≤ φ ≤ 1	1,7	2,9	2,1
	Arriba	0	-2,2	-2,8	-2,9
	Arriba	1	-1,6	-2,9	-3,0
25°	Abajo	0 ≤ φ ≤ 1	2,0	3,1	2,3
	Arriba	0	-2,6	-3,2	-3,2
	Arriba	1	-1,5	-2,5	-2,8
30°	Abajo	0 ≤ φ ≤ 1	2,2	3,2	2,4
	Arriba	0	-3,0	-3,8	-3,6
	Arriba	1	-1,5	-2,2	-2,7

Figura 6: Valores del Coeficientes de presión

Considerando el efecto del viento hacia arriba como más desfavorable, dado que incide por la parte trasera del panel y un factor de obstrucción $\varphi = 0$ con un ángulo de inclinación de 20° y considerando la zona A como la cara plana del panel sobre el que incide el viento, se obtiene un coeficiente de presión con un efecto del viento hacia arriba $C_p = -2.2$.

Resultando una carga debida a la acción del viento:

$$q_e = q_b \cdot C_e \cdot C_p$$

- Carga del viento a succión:

$$q_{es} = 0,5 \left[\frac{kN}{m^2} \right] \cdot 1,3 \cdot (-2.2) = 1540 N/m^2$$

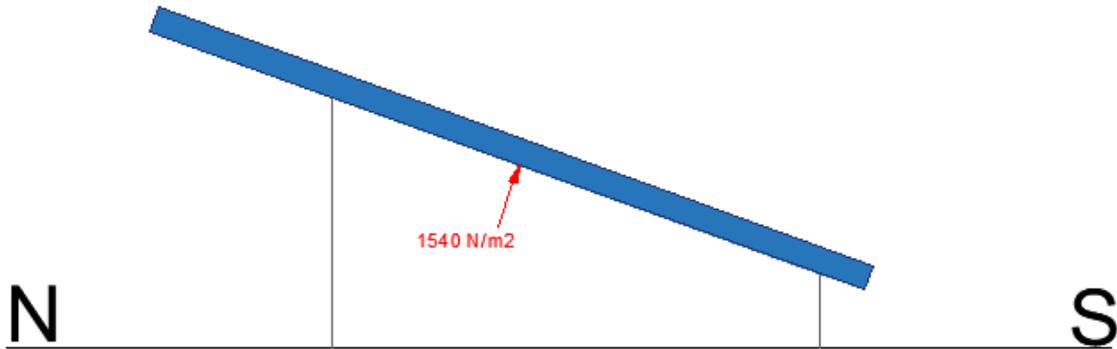


Figura 7: Acción del viento a succión sobre la estructura

1.3.2.2 Nieve

La carga de nieve, según se recoge en el anejo E del CTE DB SE-AE, se puede determinar de la siguiente manera:

$$q_n = \mu \cdot s_k$$

Siendo:

μ : Coeficiente de forma.

s_k : Valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal.

Según se establece en el apartado 3.2.3 de la norma, el valor del coeficiente de forma para una cubierta con inclinación menor o igual que 30° en el que no hay impedimento al deslizamiento de la nieve, se establece un valor de 1.

Asimismo, el valor característico de la carga de nieve se obtiene en función de la zona climática en invierno y de la tabla *E.2 Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal*, como se puede observar a continuación:



Figura 8: Zonas climáticas de invierno. Figura E.2. CTE DB SE-AE

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

Tabla 3: Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal (kN/m²). Tabla E.2. CTE SE-AE

Debido a que la sobrecarga de nieve es un valor característico en función de la ubicación de la instalación, no es posible determinar un valor aplicable para todo el territorio, sino que debería de ser analizado en cada una de las instalaciones considerando correctamente a la altitud del lugar, así como la zona climática invernal que le corresponde.

A efectos de cálculo, para poder ejemplificar los efectos de la carga de nieve sobre la estructura de anclaje de paneles solares, se va a considerar una altitud promedio del territorio español, donde la altura media es de 297 msnm.

(Fuente. Topographic-map.com)

Para determinar el valor de sobrecarga en función de la zona climática, se va a realizar una interpolación lineal entre el valor promedio de cargas debido a cada zona climática en función de la altitud. Obteniendo un valor de sobrecarga promedio según se puede observar a continuación:

Altitud	Zona de clima invernal							Promedio
	1	2	3	4	5	6	7	
200	0,5	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,30
400	0,6	0,6	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2	0,36

Tabla 4: Promedio sobrecarga de nieve por zona climática

Para determinar el valor correspondiente de sobrecarga para una altitud de 297 msnm se va a realizar una interpolación lineal de los valores promedios determinados para el rango de altitudes entre las que se encuentra. Resultando:

$$y_x = y_0 + \frac{x_x - x_0}{x_1 - x_0} \times (y_1 - y_0)$$

Donde:

	x	y
0	200	0,30
x	297	y_x
1	400	0,36

Tabla 5: Valores Interpolación lineal

$$y_x = 0,30 + \frac{297 - 200}{400 - 200} \times (0,36 - 0,30) = 0,328 \text{ kN/m}^2$$

Por consiguiente, la carga debida a la acción de la nieve según la altitud promedio del territorio español se obtiene una sobrecarga de:

$$q_n = 1 \cdot 0,328 = 0,328 \text{ kN/m}^2$$

$$q_n = 328 \text{ N/m}^2$$

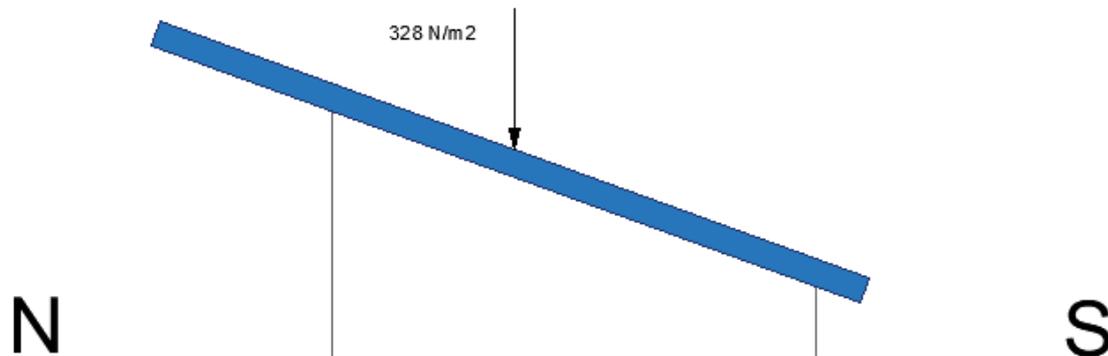


Figura 9: Acción de la carga de nieve sobre la estructura

1.4 Análisis de componentes

Definidas las acciones que actuarán sobre la estructura de soporte y anclaje de los paneles solares fotovoltaicos, se va a realizar un análisis de los propios componentes, así como del ensamblaje de sujeción general, para verificar su correcto funcionamiento y objetivo.

Se procederá a definir el entorno de simulación del software empleado. En este caso, para llevar a cabo las simulaciones se ha utilizado el Software de ANSYS.

Previo a la simulación se ha tomado la decisión de emplear como material constructivo de la estructura de sujeción de las placas solares, aleación de aluminio general. Debido a que se considera un material con unas propiedades resistivas correctas y presenta una excelente respuesta a la corrosión.

Si debido a los resultados de la simulación empleando como material constructivo una aleación de aluminio general, se observa un incorrecto funcionamiento de los componentes para soportar las cargas actuantes sobre ellas, se deberá considerar el empleo de otros materiales para verificar la respuesta de la estructura de anclaje.

1.4.1 Simulación 1: Patas de soporte traseras

Tal y como se ha comentado, las patas de soporte deben de dotar a la placa solar de la inclinación y orientación óptimas, para ello se ha llevado a cabo el diseño de unas patas de soporte que en función del ángulo de mecanizado y de la distancia que se guarde entre ellas, se pueden conseguir diferentes inclinaciones.

Para la verificación del diseño se ha realizado una simulación de las cargas actuantes sobre la estructura anteriormente determinadas.

En primer lugar, se ha asignado el material constructivo a la pata de soporte diseñada. Para llevar a cabo la primera simulación, tal y como se ha considerado inicialmente, se le va a asignar una Aleación de Aluminio.



Figura 10: Asignación material pata de soporte trasera

Posteriormente, se debe proceder a la aplicación tanto de las cargas actuantes sobre el elemento, así como de los elementos de soporte que asegurarán el anclaje del componente estructural.

Tal y como se ha determinado previamente, se le han aplicado las cargas debidas a la acción del peso propio, del viento y de la nieve. Referente a los puntos de soporte, se ha tomado la cara inferior del elemento como una unión de dos componentes que se deslizan sin fricción, pero pueden separarse y por tanto habrá deformación. Además se ha considerado como un soporte rígido el agujero mediante el cual se garantizará la unión de la pata de soporte con la superficie de anclaje.

A continuación, se puede observar la aplicación de determinadas acciones y puntos de soporte:

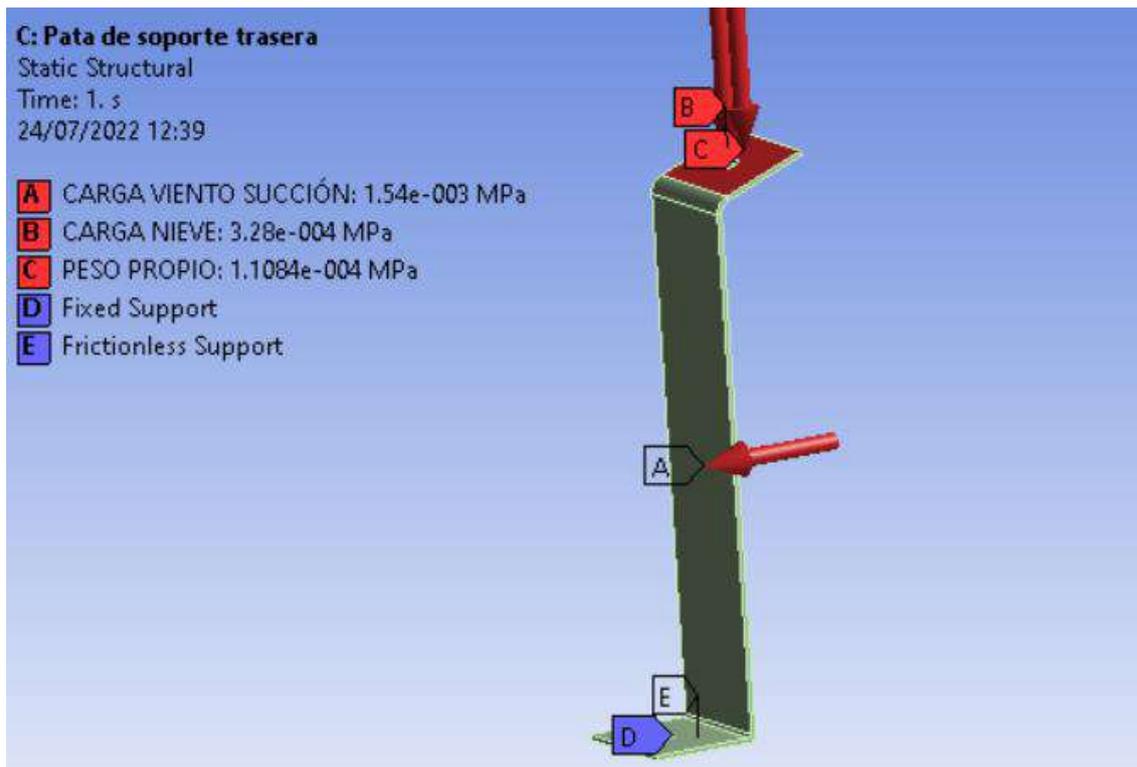


Figura 11: Definición del entorno de simulación de la pata trasera

Para obtener un resultado lo más ajustado a la realidad posible, se ha realizado un proceso iterativo de simulaciones para encontrar el mallado óptimo de la pieza que menor error presente y en consecuencia aumentar la tensión máxima de rotura de la pieza.

El proceso iterativo ha comenzado realizando un mallado automático de la pata de soporte trasera y los resultados obtenidos modificando el mallado del mismo han sido los siguientes:

ITERACIÓN	Nº ELEMENTOS	AVRG. CALIDAD	ERROR (mJ)	TENSIÓN (MPa)
1	1696	0.346	0.183	10.39
2	3593	0.483	0.164	18.8
3	6304	0.605	0.067	25.26
4	9757	0.679	0.133	33.82

Tabla 6: Optimización del mallado de la pata de soporte trasera.

Una vez realizado el proceso iterativo se ha determinado que la iteración 3 es la más ajustada debido a que si se continúa mejorando el mallado de la pieza, aumenta el error del resultado y pierde fiabilidad la simulación. A continuación, se pueden observar los resultados obtenidos:

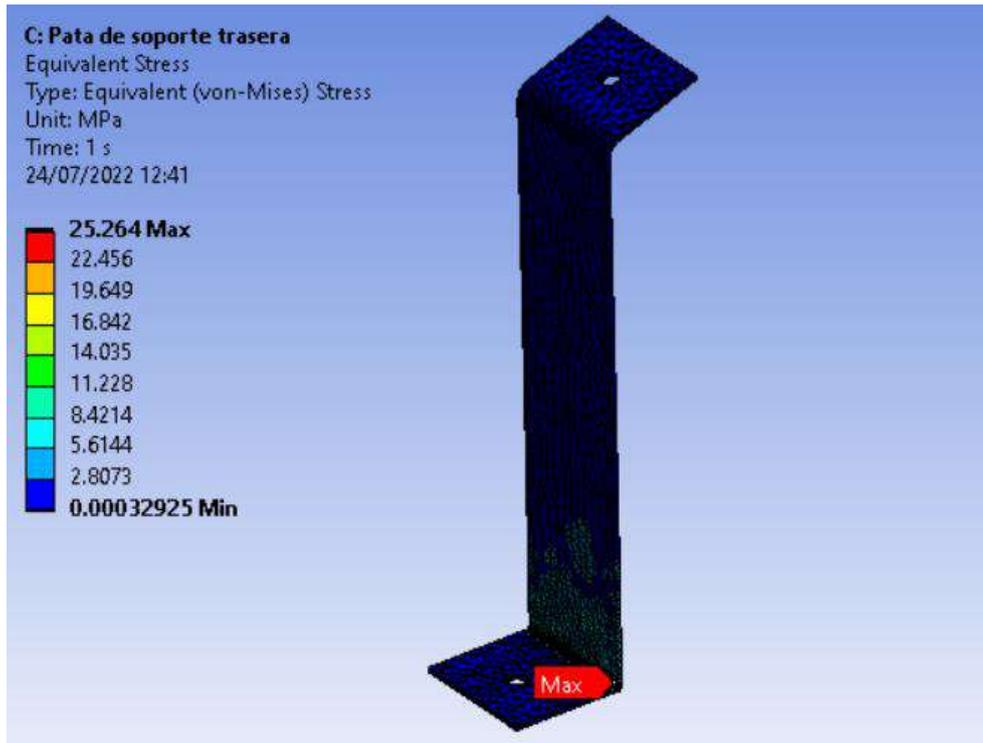


Figura 12: Tensión máxima equivalente de Von Mises sobre pata de soporte trasera

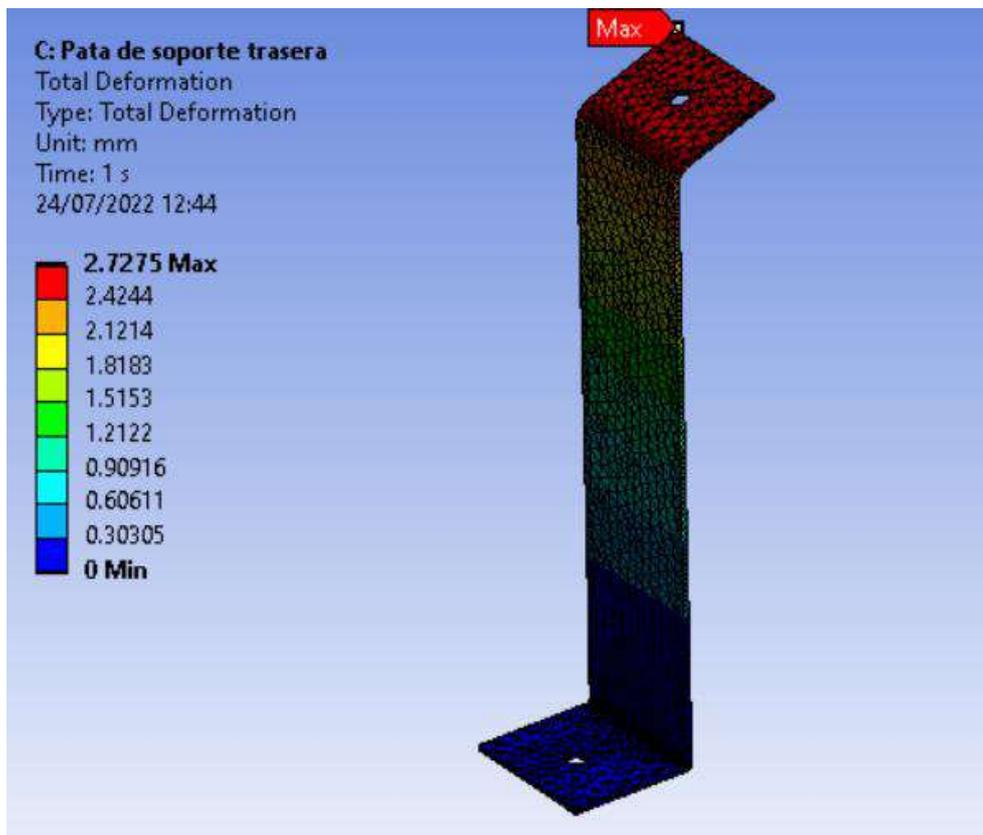


Figura 13: Deformación máxima pata de soporte trasera

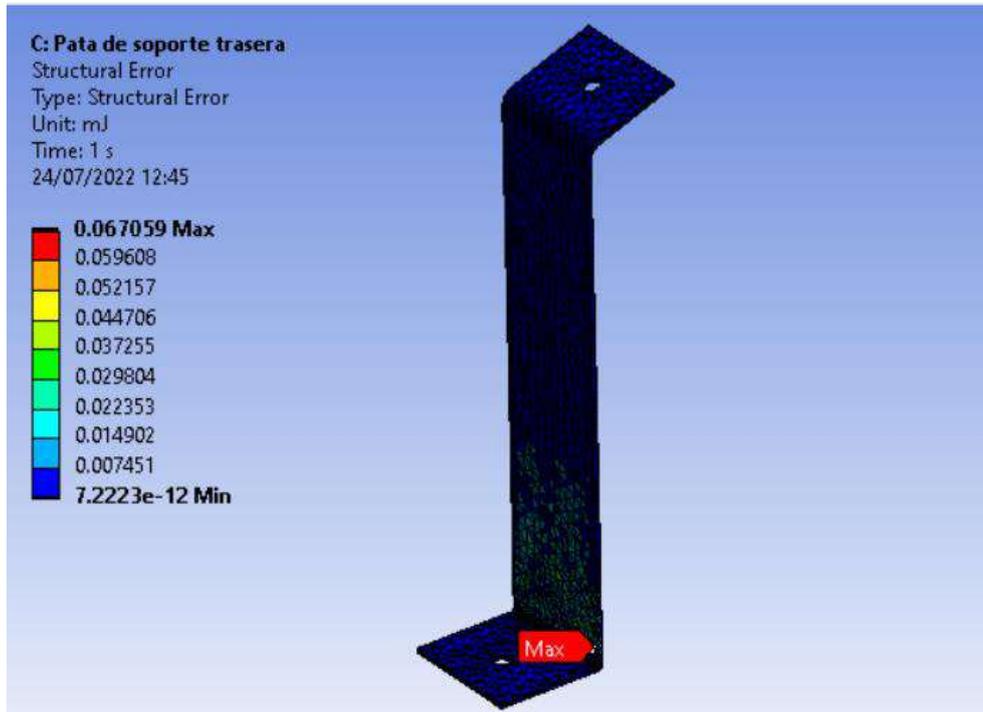


Figura 14: Error máximo pata de soporte trasera

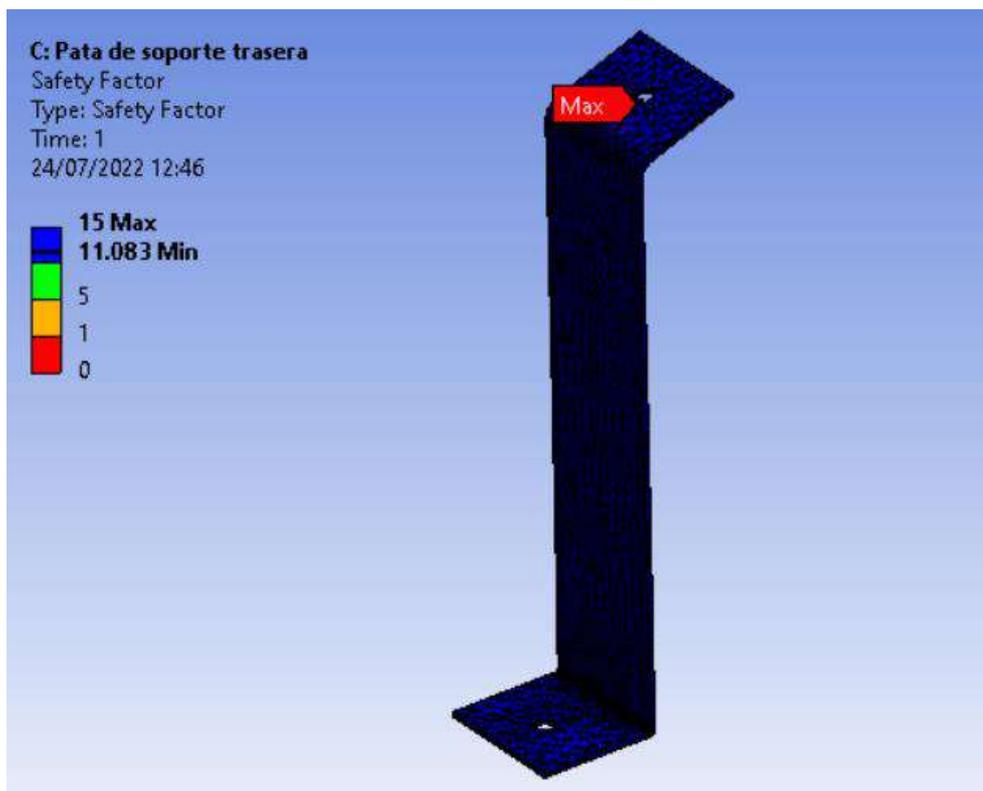


Figura 15: Coeficiente de seguridad pata de soporte trasera

Según los resultados obtenidos se determina que la hipótesis inicial del material seleccionado cumple con los requisitos establecidos y la pata de soporte trasera presenta un coeficiente de seguridad estático elevado determinado mediante la tensión máxima de

rotura. Dicho coeficiente de seguridad será ajustado posteriormente en función de la aleación de aluminio seleccionada.

1.4.2 Simulación 2: Patas de soporte delanteras

Del mismo modo que para la verificación de la pata de soporte trasera, se va a proceder a la definición del entorno de simulación de la pata de soporte delantera y al proceso de optimización del mallado para obtener un resultado lo más ajustado a la realidad posible.

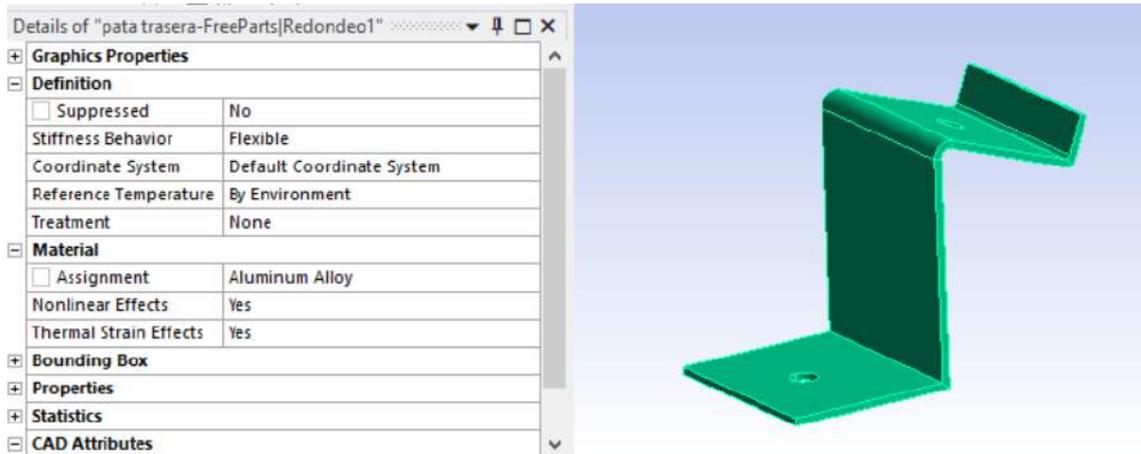


Figura 16: Asignación material pata de soporte delantera

Asimismo, se va a proceder a la definición de cargas y puntos de soporte de la pieza. A continuación, se puede observar el resumen de aplicación de todas las variables.

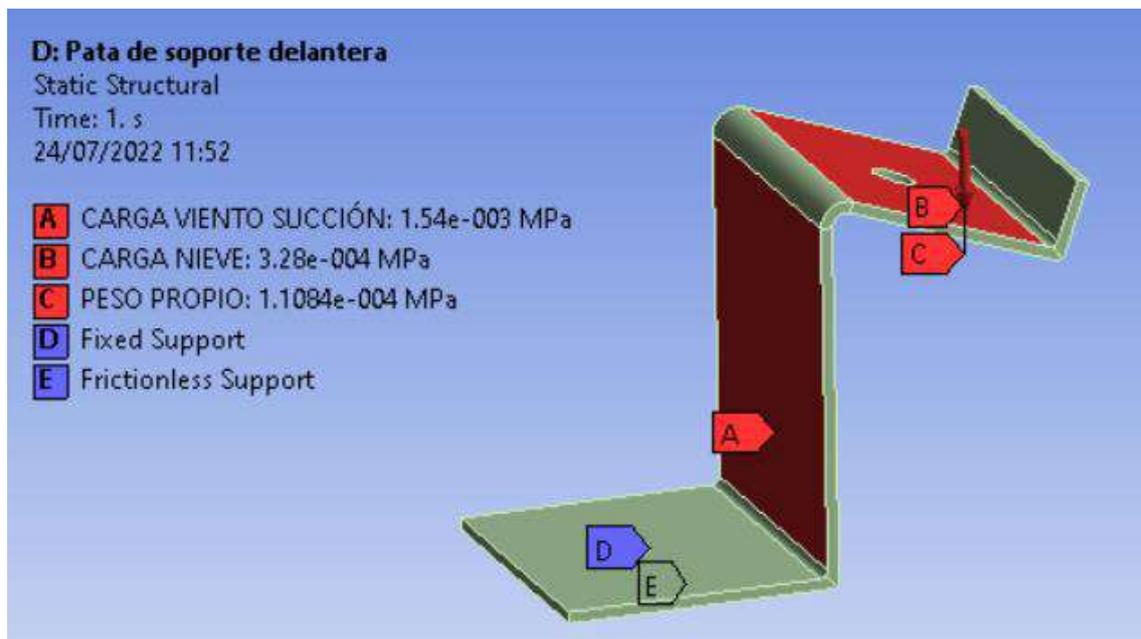


Figura 17: Definición del entorno de simulación de la pata de soporte delantera

El proceso iterativo ha comenzado realizando un mallado automático de la pata de soporte delantera y los resultados obtenidos modificando el mallado del mismo han sido los siguientes:

ITERACIÓN	Nº ELEMENTOS	AVRG. CALIDAD	ERROR (mJ)	TENSIÓN (MPa)
1	1203	0.356	0.045	12.82
2	3124	0.558	0.051	24.78
3	6436	0.692	0.037	23.87
4	12784	0.756	0.040	24.50

Tabla 7: Optimización del mallado de la pata de soporte delantera.

Según se ha determinado en el proceso iterativo, al aumentar en exceso la media de calidad de los elementos llega un punto en el que no se reduce más el error. En consecuencia, se va a emplear el modelo de mallado correspondiente a la iteración 3, en la que se realiza una suavización del mallado en aquella zona mayor tensión equivalente se presenta, obteniendo los resultados que se muestran a continuación:

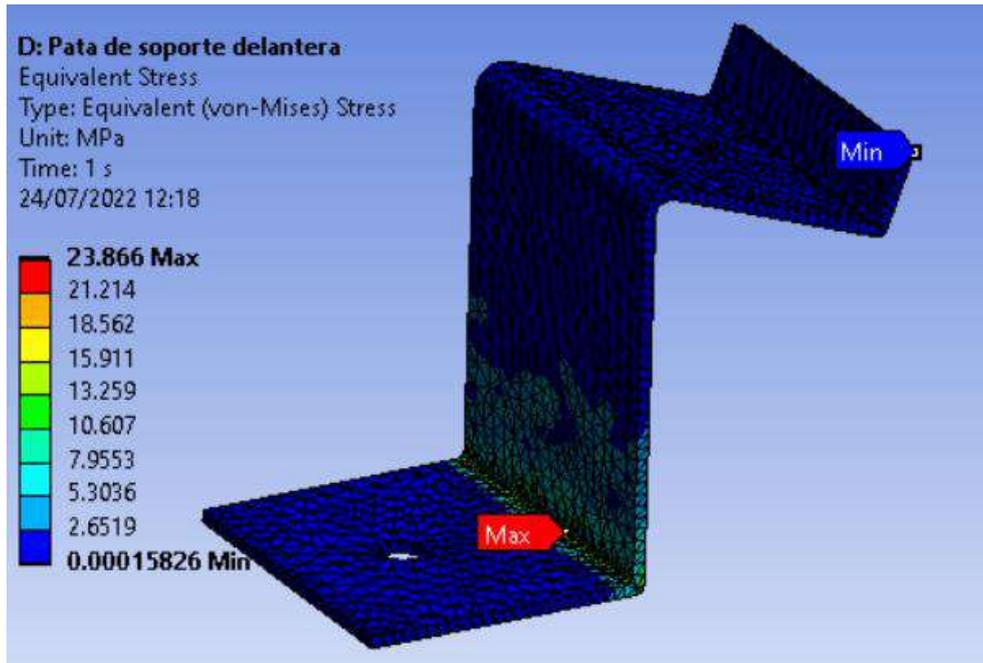


Figura 18: Tensión máxima equivalente de Von Mises sobre pata de soporte delantera

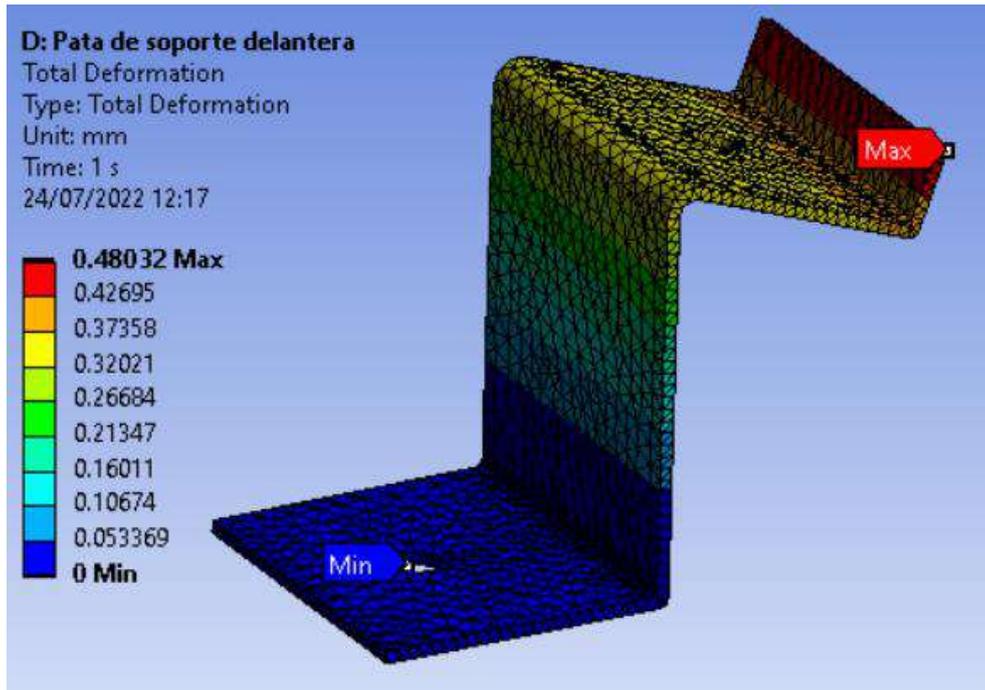


Figura 19: Deformación máxima pata de soporte delantera

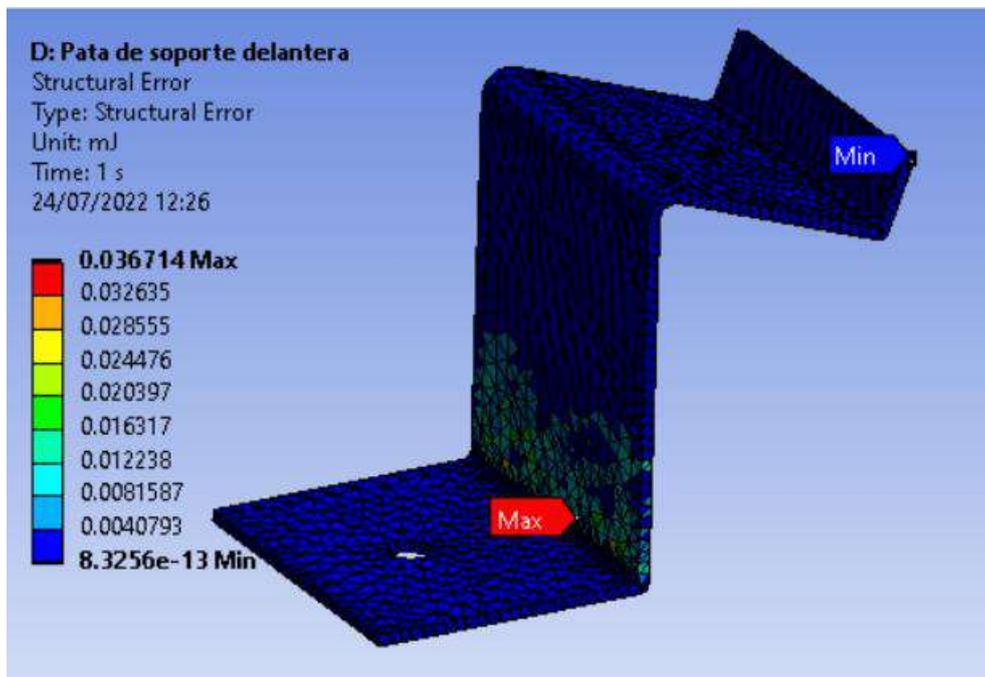


Figura 20: Error máximo pata de soporte delantera

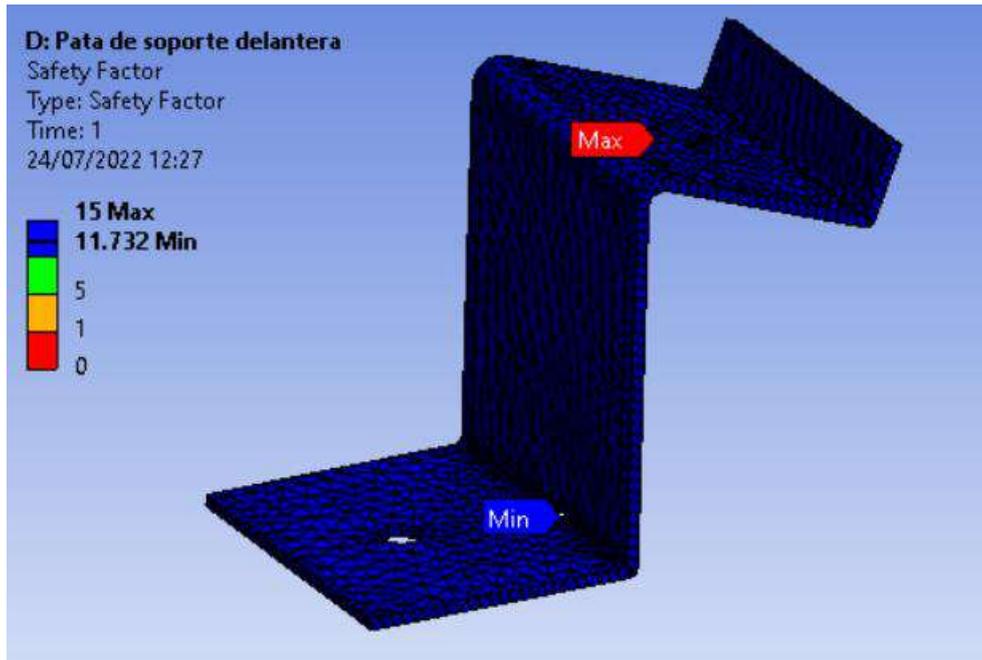


Figura 21: Coeficiente de seguridad pata de soporte delantera

Del mismo modo que la pata de soporte trasera se determina que la hipótesis inicial de selección del material en función de las cargas determinadas y de los puntos de soporte de la pata de soporte delantero. Debido a su geometría más compacta presenta un coeficiente de seguridad todavía mayor que la pata de soporte trasera, siendo este de 11.73 en función del límite de rotura del material.

De esta forma se puede afirmar que la estructura diseñada para el anclaje de los módulos solares fotovoltaicos presenta unas tensiones máximas mucho inferiores a las tensiones máximas de rotura y deformación del material, ofreciendo unos coeficientes de seguridad estáticos elevados.

Adicionalmente, se ha realizado un análisis a fatiga de ambas patas de soporte para garantizar una correcta durabilidad de los elementos, obteniéndose un factor mínimo de seguridad según los ciclos resistidos y la curva de vida en función de la tensión para el material determinado siguientes:

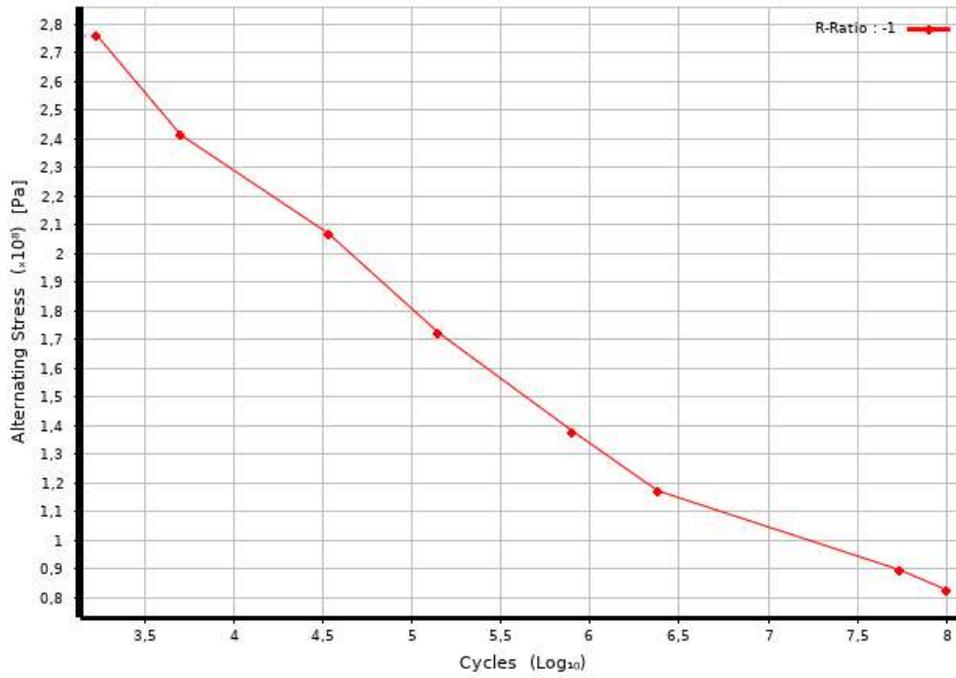


Figura 22: Stress life curve Aluminum Alloy. software ANSYS Workbenck

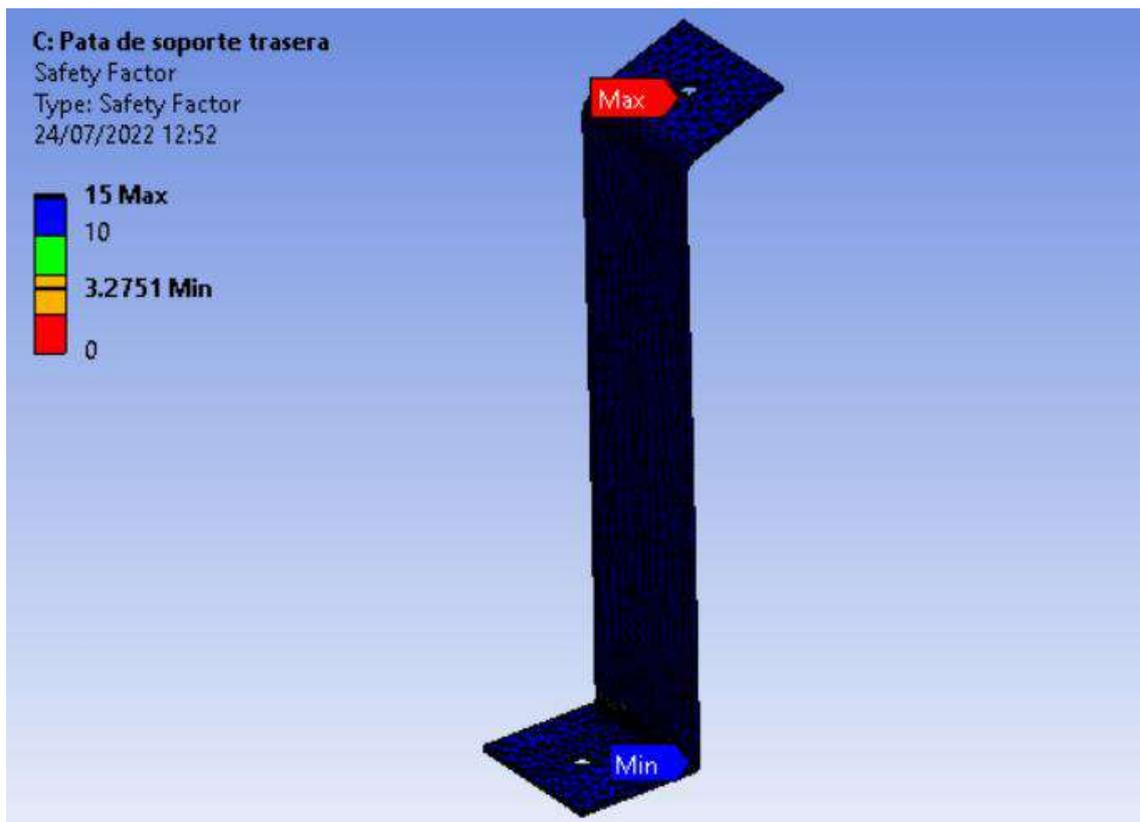


Figura 23: Coeficiente de seguridad a fatiga sobre pata de soporte trasera

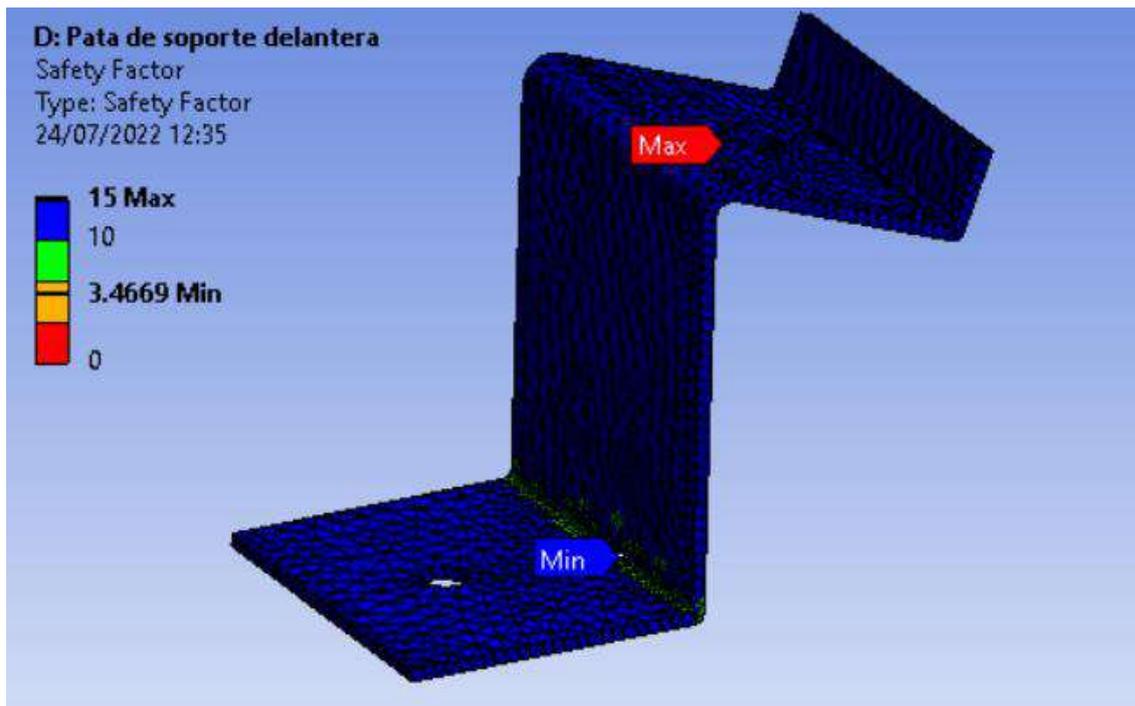


Figura 24: Coeficiente de seguridad a fatiga sobre pata de soporte delantera

1.4.3 Simulación 3: Estructura anclaje paneles solares

Finalmente, se ha llevado a cabo un análisis de las cargas determinadas según los requerimientos establecidos por la normativa vigente frente a toda la estructura de soporte.

En primer lugar, se va a proceder a la asignación del material constructivo de cada uno de los elementos que forman parte de la estructura de anclaje un panel solar.

Descripción	Material	Uds.
Pata de soporte delantera	Aleación de Aluminio	2
Pata de soporte trasera	Aleación de Aluminio	2
DIN-912: Tornillo M8 30 mm	Acero Inoxidable	4
DIN-912: Tornillo M8 20 mm	Acero Inoxidable	4
DIN 9021-A2: Arandela plana	Acero Inoxidable	8
DIN 127-A2: Arandela muelle Grower	Acero Inoxidable	4
DIN-934 A2: Tuerca hexagonal M8	Acero Inoxidable	4
Pinza final	Acero Inoxidable	4

Tabla 8: Asignación de materiales estructura anclaje placas solares

Posteriormente se han establecido los diferentes tipos de contactos existentes entre los elementos. En este caso se han seleccionado todos los contactos entre elementos roscados

como contactos “*Bonded*” o uniones rígidas. Las superficies de contacto entre las pinzas finales y las patas de soporte se las ha considerado como contactos del tipo “*No separation*” dado que permite que las dos superficies se deslicen una sobre la otra sin fricción, pero no pueden separarse y habrá deformación.

Posteriormente se ha definido el entorno de simulación de la estructura de soporte para realizar una correcta simulación. Se han asignado las cargas debidas a las acciones anteriormente definidas y los puntos de fijación de la estructura a la superficie de instalación. A continuación, se puede observar el resumen de acciones y soportes establecidos para la simulación:

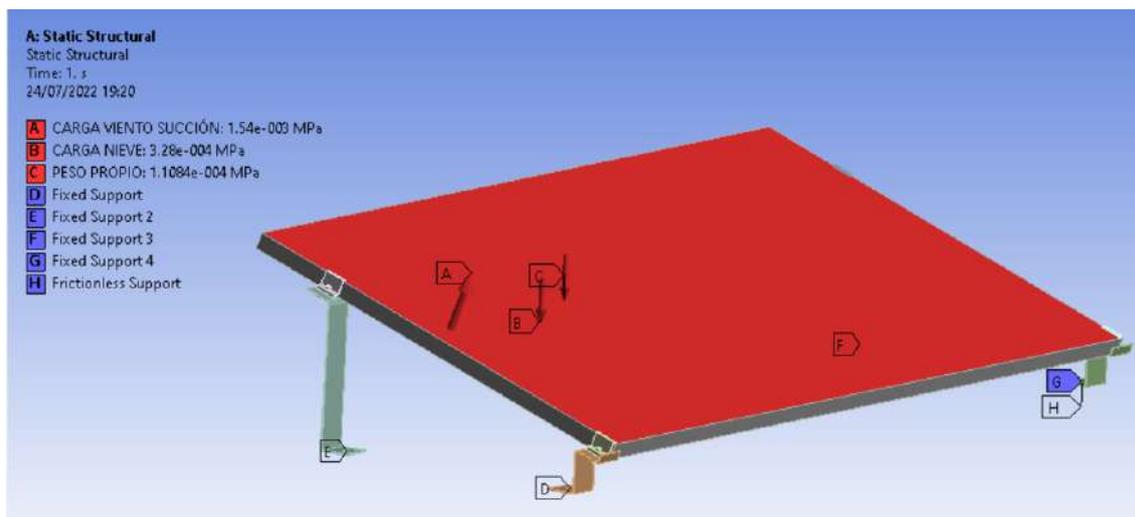


Figura 25: Entorno de simulación de la estructura de anclaje de placas solares

Definido todo el entorno de simulación, se va a proceder al mallado del ensamblaje siguiendo la misma metodología anteriormente empleada.

ITERACIÓN	Nº ELEMENTOS	AVRG. CALIDAD	ERROR (mJ)	TENSIÓN (MPa)
1	11076	0.4636	1.936	33.49
2	13218	0.5795	1.776	32.27
3	19726	0.7169	0.95	39.35
4	39066	0.84554	1.343	54.60

Tabla 9: Optimización del mallado de la pata de soporte delantera.

Realizado el proceso iterativo de optimización del mallado se ha alcanzado un punto en el que no se reduce el error por más que aumente la calidad de este.

A continuación, se puede observar el comportamiento de la estructura de soporte por unidad de placa solar fotovoltaica y las tensiones máximas equivalentes y deformaciones obtenidas.

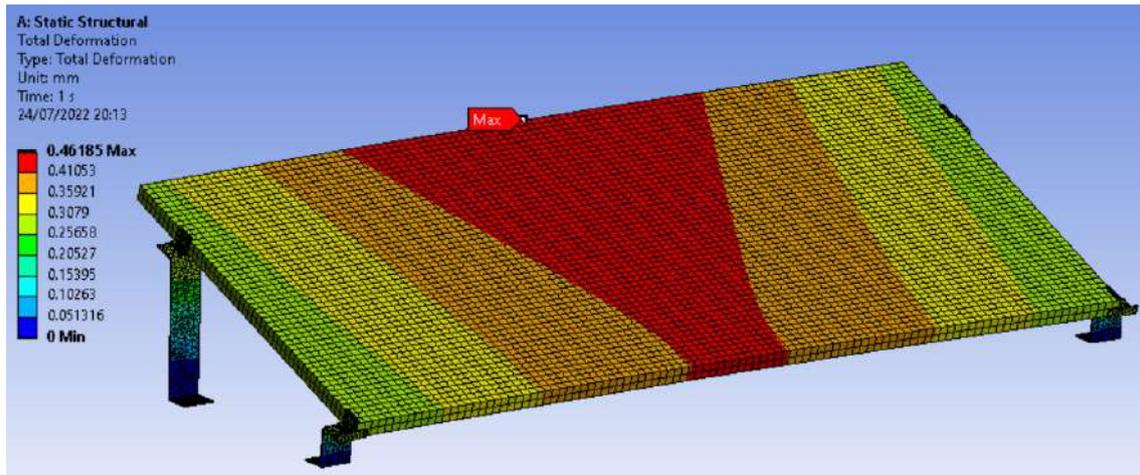


Figura 26: Deformación máxima estructura de soporte

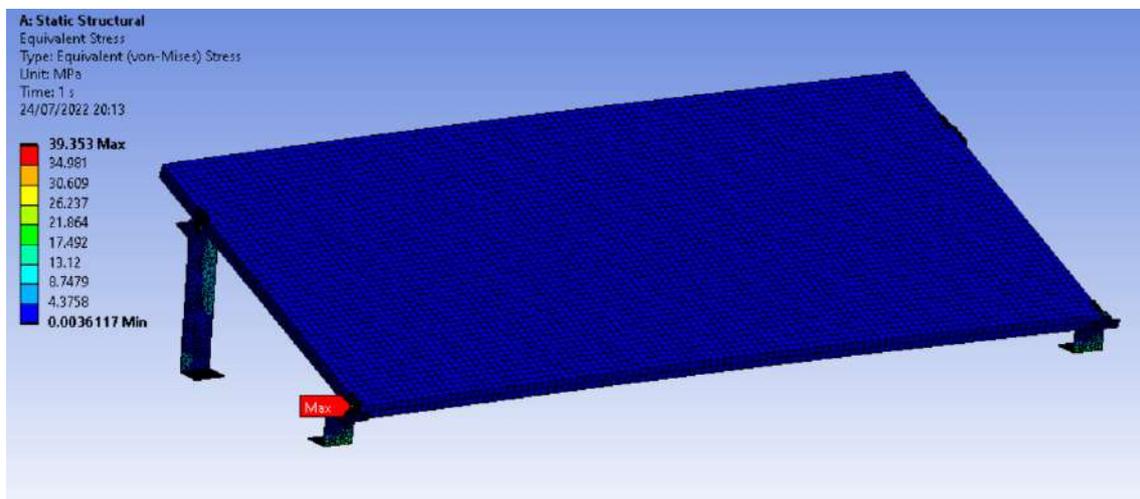


Figura 27: Tensión máxima equivalente de Von Mises sobre la estructura de soporte

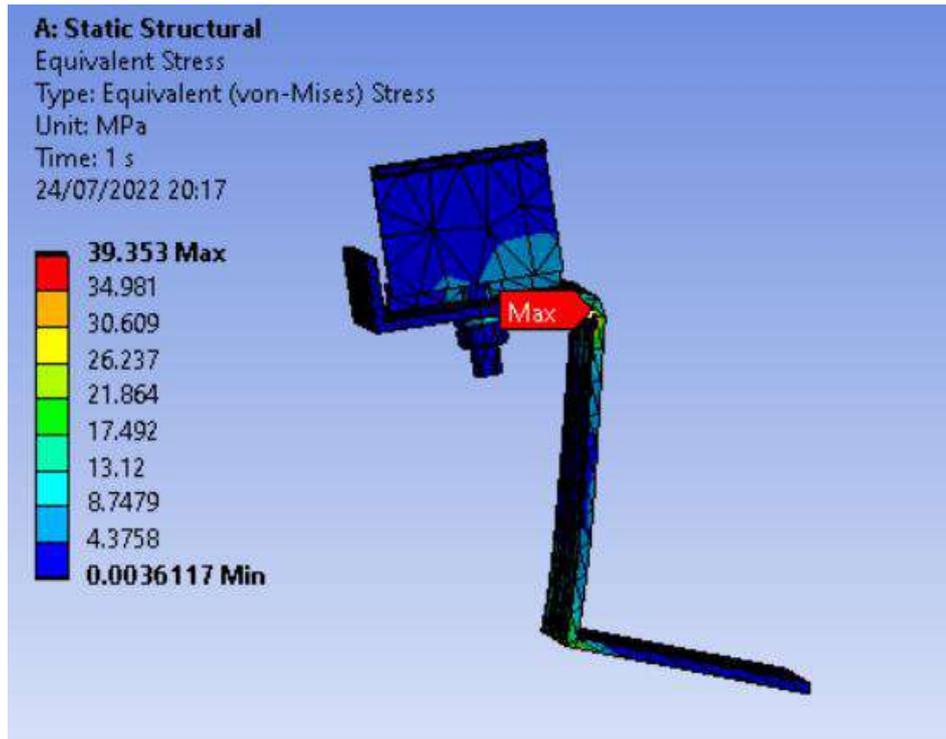


Figura 28: Detalle Tensión máxima equivalente sobre la estructura de soporte

Realizada la simulación 3 sobre todo el conjunto de la estructura se puede afirmar que la respuesta de la estructura de anclaje de los paneles solares frente a las cargas debidas a las acciones definidas anteriormente y establecidas según la normativa vigente referentes al Código Técnico de la Edificación (CTE), garantiza un correcto anclaje y sujeción de los paneles solares fotovoltaicos.

1.4.4 Lastre de hormigón

El peso del lastre necesario que se requiere para la sujeción de los paneles solares se determina en función de la densidad del hormigón ($\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$) y del volumen de la pieza diseñada.

Según las características del hormigón, las cargas que actúan sobre el lastre debidas al peso propio de la estructura y la carga debida a la sobrecarga por nieve y que ejercen un esfuerzo de compresión, no significan ningún inconveniente.

En el caso de realizar un anclaje mediante una estructura lastrada, la carga debida por la acción del viento se deberá neutralizar mediante el propio peso del lastre de soporte. El peso mínimo que debería presentar en función de la carga de viento determinada y de la sección del panel debería ser de:

$$P_{\text{lastre}} = F_2 \cdot S \cdot \text{sen}(\alpha) = 1540 \left[\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right] \cdot \frac{1}{9,81} \left[\frac{\text{kg}}{\text{N}} \right] \cdot 2,186 [\text{m}^2] \cdot \text{sen}(20)$$

$$P_{\text{lastre total}} = 117,37 \text{ kg}$$

Como la estructura de soporte está configurada por dos lastres en cada uno de los extremos, resulta un peso mínimo requerido del lastre de hormigón de:

$$P_{\text{lastre unitario}} = \mathbf{58,68 \text{ kg}}$$

Para las acciones anteriormente definidas y según la geometría del lastre se obtiene un volumen de pieza $V = 0,02353 \text{ m}^3$.

Conocido el volumen y la densidad del hormigón se determina que el peso del lastre es el siguiente:

$$\text{Masa} = \rho \times V = 2500 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \times 0,02353 [\text{m}^3] = \mathbf{58,824 \text{ kg}}$$

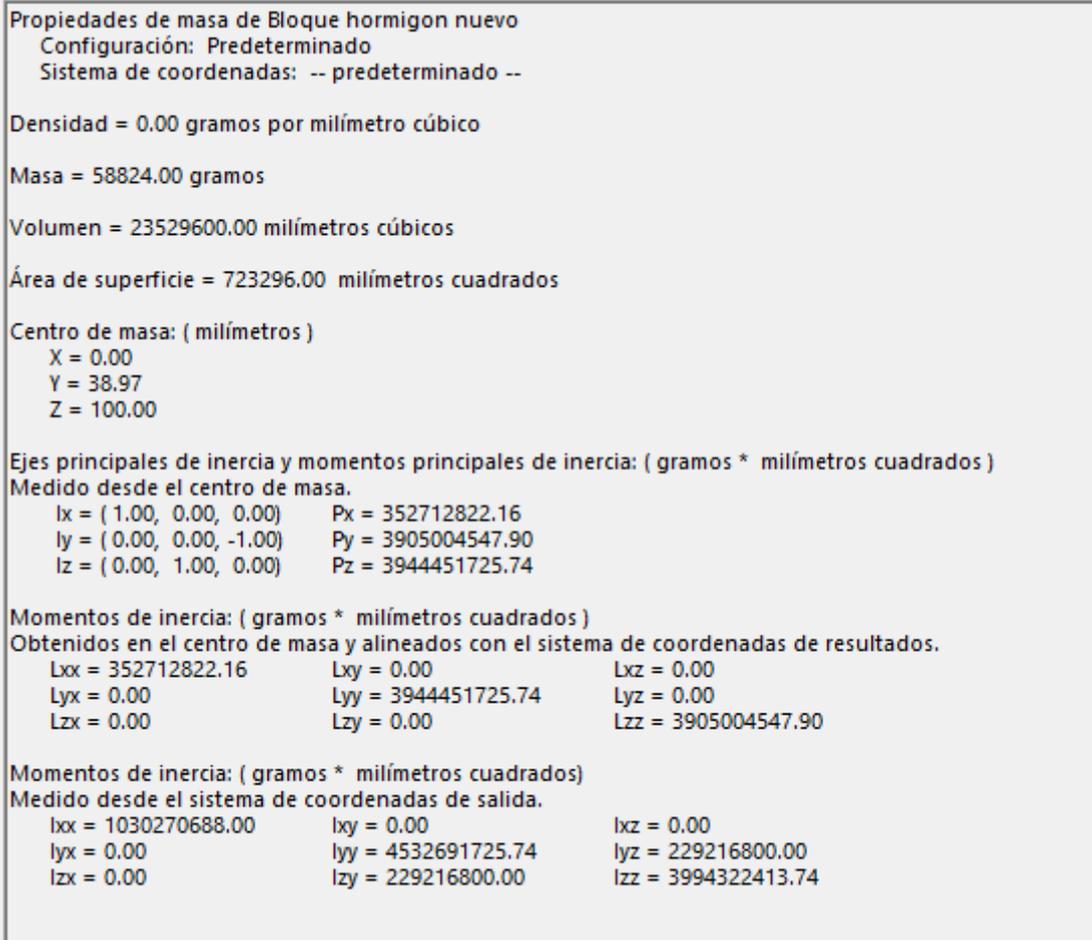


Figura 29: Propiedades físicas del lastre hormigón. Software Solidworks.

1.5 Determinación manual de reacciones sobre la estructura

A modo de comprobación adicional a las simulaciones realizadas, se ha considerado oportuno la determinación de las reacciones que presentará la estructura en sus apoyos frente a las diferentes combinaciones de cargas anteriormente definidas.

Según las características de la estructura se puede considerar la estructura para la determinación de las reacciones como una viga biapoyada en sus extremos. Las combinaciones de cargas que se han considerado son las siguientes.

1.5.1 Reacciones según carga Peso Propio

La acción transmitida sobre la estructura en función del peso propio del panel se ha determinado según las dimensiones que presenta el propio panel. En este caso conocido el peso del panel se determina que la carga puntual que transmite sobre la superficie del panel es la siguiente:

$$A_{panel} = 2,102 \times 1,040 = 2.186 \text{ m}^2$$

$$Q_1 = 110,84 \frac{N}{m^2} \times 2.186 m^2 = 242,30 N = 0,24 kN$$

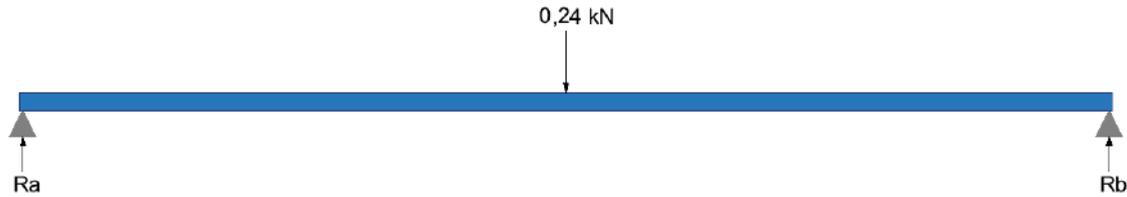


Figura 30: Croquis Reacciones según carga Peso propio

En consecuencia, la determinación de reacciones debidas a la acción del peso propio resulta:

$\sum F_x = 0$	$\sum F_y = 0$	$\curvearrowright \sum M_a = 0$
$F_x = 0$	$Ra + Rb - 0,24 = 0$	$-0,24 \times 1,051$ $+Rb \times 2,102 = 0$
	$0,24 - Rb = Ra = 0,12 kN$	$Rb = 0,12 kN$

Tabla 10: Reacciones debido al peso propio del panel

Los resultados obtenidos corresponden a la determinación de las reacciones sobre 2 apoyos. Dado que la estructura presentará dos soportes delanteros y dos soportes traseros para lograr la inclinación y orientación óptima, la carga transmitida a cada uno de los cuatros soportes será:

$$Carga\ por\ pata\ de\ soporte = \frac{0,12}{2} kN \times 1000 \frac{N}{kN} \times \frac{1}{9.81} \frac{kg}{N} = 6,12 kg$$

La carga determinada por pata de soporte presenta una carga suficientemente soportada por la estructura de anclaje de los paneles solares fotovoltaicos, así como por la estructura de la superficie donde se ubique la instalación.

1.5.2 Reacciones según carga Peso Propio + Nieve

En este caso se ha considerado adicionalmente la acción de la nieve para la determinación de las reacciones sufridas en sus apoyos. Para las misma dimensiones del panel solar seleccionado se determina:

$$Q_2 = 438,84 \frac{N}{m^2} \times 2,186 m^2 = 959,30 N = 0,96 kN$$

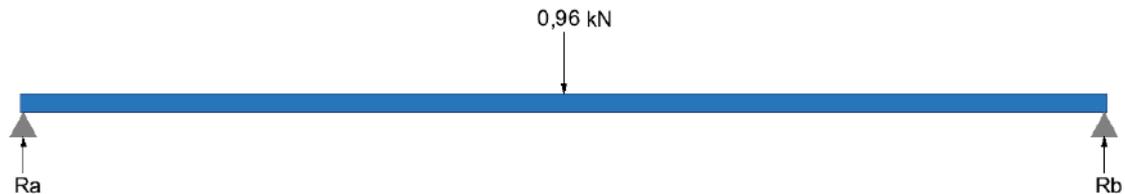


Figura 31: Croquis Reacciones según carga Peso propio + Nieve

En consecuencia, la determinación de reacciones debidas a la acción del peso propio sumado a la sobrecarga por nieve resulta:

$\sum F_x = 0$	$\sum F_y = 0$	$\curvearrowright \sum M_a = 0$
$F_x = 0$	$Ra + Rb - 0,96 = 0$	$-0,96 \times 1,051$ $+Rb \times 2,102 = 0$
	$0,96 - Rb = Ra = 0,48 kN$	$Rb = 0,48 kN$

Tabla 11: Reacciones debido al peso propio del panel + Carga Nieve

Según los resultados obtenido la carga transmitida a cada uno de los cuatros soportes será:

$$Carga\ por\ pata\ de\ soporte = \frac{0,48}{2} kN \times 1000 \frac{N}{kN} \times \frac{1}{9,81} \frac{kg}{N} = 24,46 kg$$

Del mismo modo se determina que la sobrecarga adicional debido a la acción de la nieve determinada por pata de soporte presenta una carga suficientemente soportada por la estructura de anclaje de los paneles solares fotovoltaicos, así como por la estructura de la superficie donde se ubique la instalación.

1.5.3 Reacciones según carga Viento Succión

En este caso de estudio, se ha considerado únicamente la carga debida a la acción del viento determinada, para la obtención de las reacciones sufridas en los puntos de anclaje de la estructura.

$$Q_3 = 1540 \frac{N}{m^2} \times 2.186 m^2 = 3.366,44 N = 3,37 kN$$

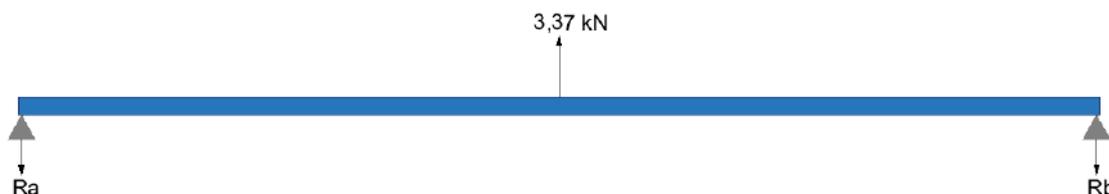


Figura 32: Croquis Reacciones según carga Viento Succión

En este caso, debido a la acción del viento sobre el panel, las reacciones sufridas en los puntos de anclaje resultarán también de succión, impidiendo que se suelte la estructura de la superficie de anclaje.

$\sum F_x = 0$	$\sum F_y = 0$	$\curvearrowright + \sum M_a = 0$
$F_x = 0$	$Ra + Rb - 3,37 = 0$	$-3,37 \times 1,051$ $+Rb \times 2,102 = 0$
	$3,37 - Rb = Ra = 1,685 kN$	$Rb = 1,685 kN$

Tabla 12: Reacciones debido a la acción del viento

Según los resultados obtenidos, la carga de succión transmitida a cada uno de los cuatro soportes será:

$$Carga\ por\ pata\ de\ soporte = \frac{1,685}{2} kN \times 1000 \frac{N}{kN} \times \frac{1}{9.81} \frac{kg}{N} = \mathbf{85,88\ kg}$$

Debido a la acción de succión determinada, se debe comparar con las cargas admisibles según la superficie de anclaje, siendo la más desfavorable la cubierta de chapa metálica. A continuación, se puede comprobar las cargas máximas admisibles de las chapas metálicas según la distancia que presenten las correas donde se anclan.

CUBIERTAS

 CARGAS ADMISIBLES (kp/m²) SEGÚN DISTANCIA ENTRE CORREAS (m)

CARA A							
2.75	2.5	2.25	2	1.75	1.5	1.25	1
56	74	103	148	200	273	396	621
65	88	123	178	253	346	501	786
87	118	165	238	336	460	666	1044

CARA A							
2.75	2.5	2.25	2	1.75	1.5	1.25	1
78	96	119	152	200	273	396	621
99	121	151	192	253	346	501	786
132	161	201	256	336	460	666	1044

CARA A							
2.75	2.5	2.25	2	1.75	1.5	1.25	1
99	121	150	191	251	343	496	777
125	153	190	242	318	434	627	983
167	203	253	322	422	577	834	1307

CARA B							
1	1.25	1.5	1.75	2	2.25	2.5	2.75
555	353	244	178	135	103	74	54
682	434	300	219	166	123	88	65
944	602	416	304	231	165	118	87

CARA B							
1	1.25	1.5	1.75	2	2.25	2.5	2.75
555	353	244	178	135	106	85	70
682	434	300	219	166	130	105	86
944	602	416	304	231	181	145	119

CARA B							
1	1.25	1.5	1.75	2	2.25	2.5	2.75
694	443	306	224	170	134	107	88
853	544	376	275	209	164	132	108
1182	754	521	381	290	228	183	150

Figura 33: Cargas máximas admisibles según distancia entre correas

Tomando el caso más desfavorable, para la Cara A de la cubierta, es decir sobre la cara incidente del viento, la mayor distancia entre correas y la menor sección de chapa de 0.5 mm, se obtiene una carga máxima admisible de 56 kp/m². Siendo sus dimensiones 1.000 mm de ancho y su longitud entre los 1.000 y 14.000 mm.

Para dada selección determinada como más desfavorable, se requiere como mínimo de una chapa con unas dimensiones de 1000 mm de ancho y 3500 mm de longitud para poder ser anclada sobre las correas. Obteniéndose así una carga máxima admisible:

$$Carga\ Maxima\ Admisible = 56 \frac{kp}{m^2} \times (1, \times 3.5) m^2 = 168 kp = 196 kg$$

De este modo se determina que la carga máxima admisible soportada por una única chapa en su caso más desfavorable en el que se considera el menor espesor, así como la mayor separación entre correas, es superior a la transmitida en este caso por dos patas de soporte:

$$196 kg > 171,76 kg (85,88 \times 2)$$

1.5.4 Reacciones según carga Peso Propio + Nieve + Viento Succión

Finalmente se han considerado todas las acciones actuando sobre la estructura de anclaje de los paneles solares. Resultando una carga:

$$Q_4 = (1540 - 328 - 110,84) \frac{N}{m^2} \times 2.186 m^2 = 2.407,14 N = 2,41 kN$$

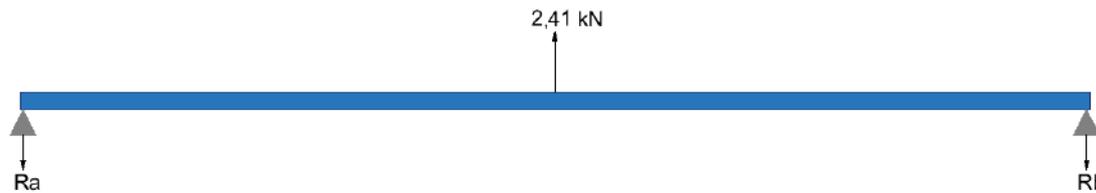


Figura 34: Croquis Reacciones según carga Viento Succión

Finalmente, las reacciones sufridas en los puntos de anclaje debidas a todas las acciones determinadas, resultarán también de succión, impidiendo que se suelte la estructura de la superficie de anclaje.

$\sum F_x = 0$	$\sum F_y = 0$	$\curvearrowright + \sum M_a = 0$
$F_x = 0$	$Ra + Rb - 2,41 = 0$	$-2,41 \times 1,051$ $+Rb \times 2,102 = 0$
	$2,41 - Rb = Ra = 1,205 \text{ kN}$	$Rb = 1,205 \text{ kN}$

Tabla 13: Reacciones debido a la acción del viento

Según los resultados obtenidos, la carga de succión transmitida a cada uno de los cuatro soportes será:

$$Carga \text{ por pata de soporte} = \frac{1,205}{2} \text{ kN} \times 1000 \frac{N}{kN} \times \frac{1 \text{ kg}}{9.81 \text{ N}} = 61,42 \text{ kg}$$

Del mismo modo que el caso anterior se debe analizar la carga máxima admisible soportada por la chapa metálica debido a que será la superficie de anclaje más desfavorable.

En este caso, dado que la carga determinada es menos desfavorable que el anterior estudio considerando únicamente la acción del viento, se puede afirmar que considerando el caso más desfavorable de cubierta existente en la que la separación entre correas sea máxima y el espesor de la propia chapa mínimo, la estructura soportará la acción de succión producida por la resultante de las acciones consideradas.

$$196 \text{ kg} > 122,84 \text{ kg} (61,42 \times 2)$$

1.6 Proceso de selección de materiales

Determinadas las cargas, así como los requisitos establecidos previamente, se ha llevado a cabo un proceso de selección de la aleación de aluminio que mejor se adapta a nuestras pretensiones.

Para realizar este proceso de selección se ha empleado el Software *Ansys Granta EduPack*, en el que se han considerado factores mecánicos resistivos, ambientales, económicos, geográficos, etc.

Los parámetros que se han definido son los siguientes:

- Material: Se ha seleccionado que muestre materiales de la familia Metales (no féreos)
- Coste: Se ha establecido un coste máximo de 2 €/kg
- Tensión de rotura: Se ha establecido que como mínimo debe cumplir 3 veces la tensión máxima admisible del material. Para garantizar un coeficiente de seguridad estático de 3.
- Propiedades térmicas: Se ha establecido el rango de temperaturas de servicio entre -50 y 150 °C.
- Propiedades de procesado: Se ha determinado que posea un excelente conformado en frío
- Durabilidad: Se ha considerado que el material debe presentar un excelente comportamiento frente al agua, al agua salada y a la radiación UV.
- Reciclado: Se ha establecido que el material debe ser reciclable.

Introduciendo dichos parámetros de selección, se ha determinado que el material que satisface cada uno de los requisitos considerados es la Aleación de Aluminio 3105, H14 tal y como se puede observar a continuación:

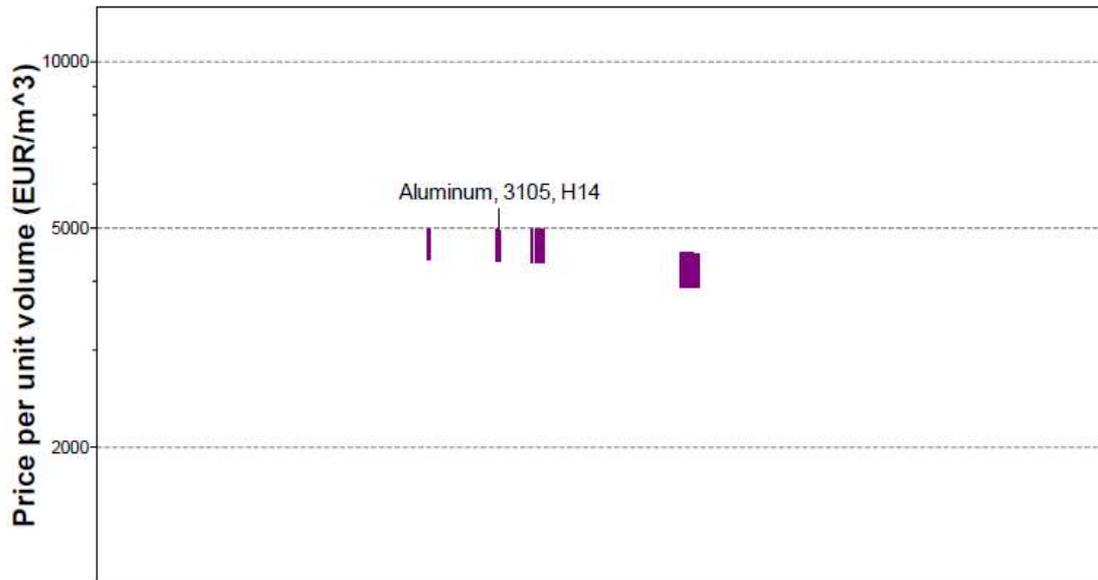


Figura 35: Selección material patas de soporte. Fuente: ANSYS Granta EduPack.

Según las etapas definidas se ha concluido que el material idóneo para la fabricación de las patas de soporte para el anclaje de las placas solares sea el Aluminio 3105 H14. En el ANEXO N°2: CATÁLOGOS ELEMENTOS COMERCIALES, se puede observar la ficha técnica de propiedades extraída del software ANSYS Granta EduPack:

Se han obtenido otras aleaciones que cumplen con los requisitos establecidos, estos corresponden a algunos materiales de las series 5000 y 6000, pero se ha seleccionado dicho material debido a que la serie 3000 aparte de poseer una excelente resistencia mecánica y a la corrosión, posee un grado de maleabilidad mayor que las otras.

1.7 Propuesta de proceso de fabricación

1.7.1 Patas de soporte

Para llevar a cabo el proceso de mecanizado requerido para la obtención de las patas de soporte diseñadas, se debe conocer el modo de suministro del material seleccionado.

En este caso el material proviene en chapas lisas del aluminio inoxidable 3105 con unas dimensiones de 3030 × 1250 mm.

En primer lugar, se procederá al corte de la chapa para la obtención de las patas de soporte delanteras y traseras mediante una fresadora con Control Numérico CNC.

Para dadas dimensiones de la chapa y conocida las dimensiones requeridas por cada pata de soporte, se determina que la cantidad de patas de soporte que se pueden obtener de una única chapa es de 53 pares de patas.

En la siguiente ilustración se puede comprobar la distribución de las patas de soporte sobre la chapa para maximizar el número de patas de soporte producidas por unidad de chapa.

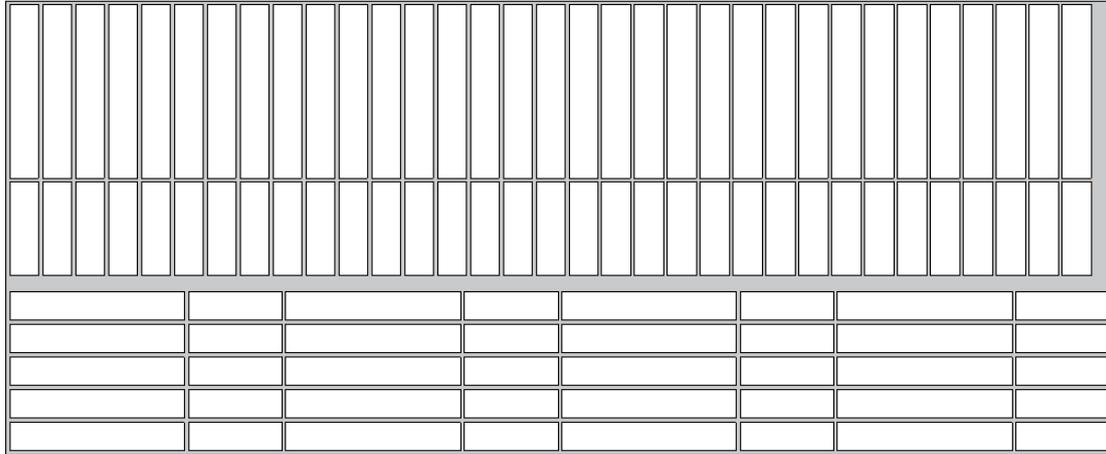


Figura 36: Distribución mecanizado patas de soporte

Definida la distribución de las patas de soporte sobre la chapa de aluminio y previo al corte de las mismas, se les realizará con la fresa los agujeros necesarios para el posterior ensamblaje de los elementos normalizados de M8.

Una vez obtenidas las patas de soporte se procederá al plegado de las piezas según la geometría especificada y en función del ángulo que se le quiera aplicar al módulo solar fotovoltaico.

1.7.2 Lastre de hormigón

Para la obtención del lastre de hormigón, es necesario realizar un molde que le aporte las dimensiones determinadas por diseño. El molde en cuestión puede observarse en la siguiente ilustración.

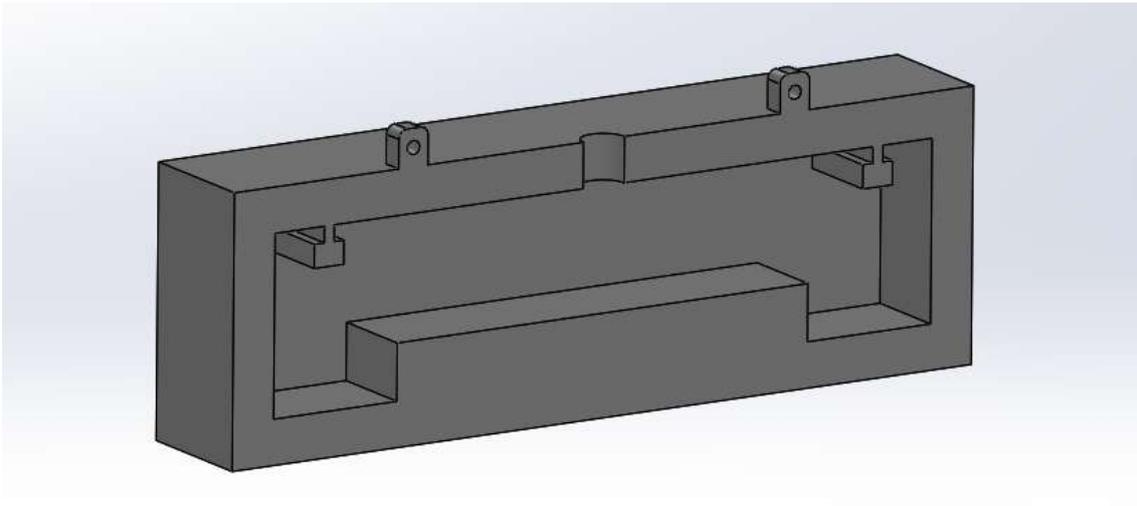


Figura 37: Molde fabricación lastre de hormigón plano

Posterior a la obtención del molde es necesario realizar la mezcla del hormigón correcta que garantice el peso del lastre de hormigón en función del volumen determinado.

Una vez dispuesta la mezcla se procede al llenado del molde y se realiza un tensado de ambas partes del molde y se realiza un vibrado del material para conseguir una distribución homogénea del material por todo el molde.

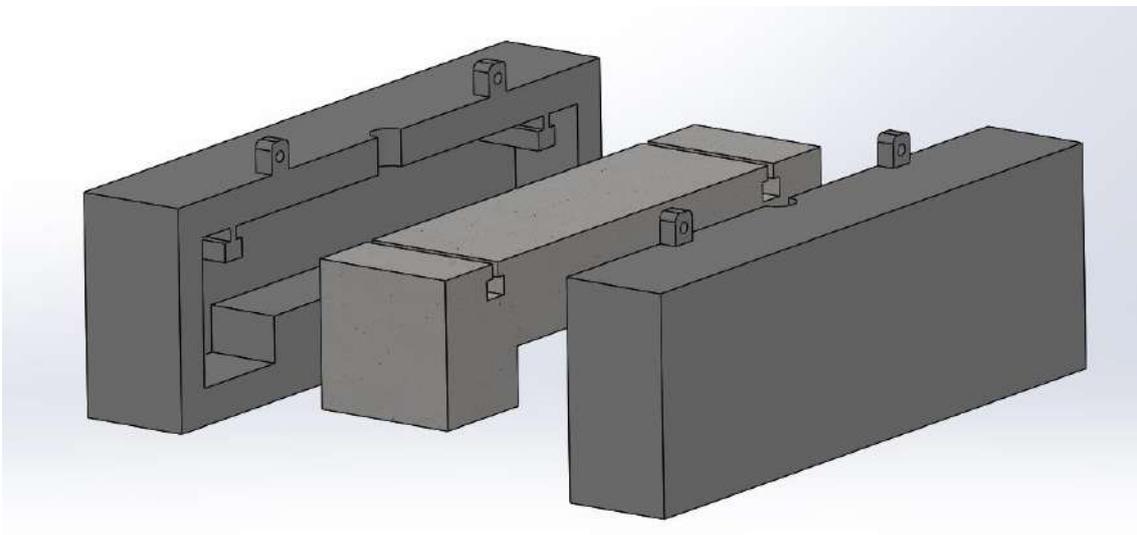


Figura 38: Despiece molde lastre de hormigón

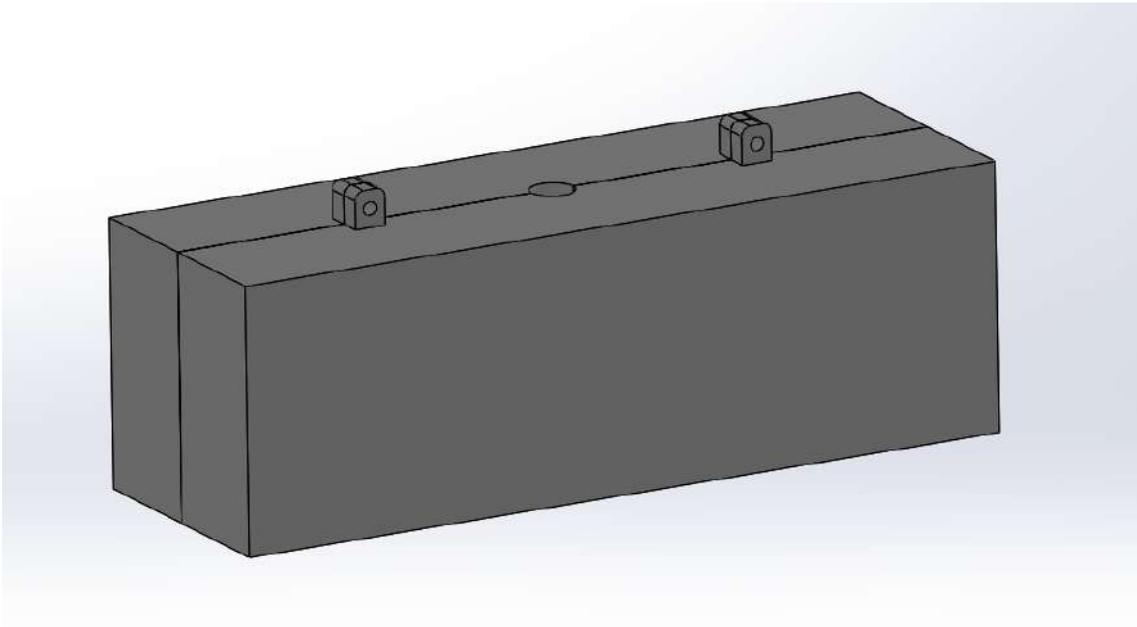
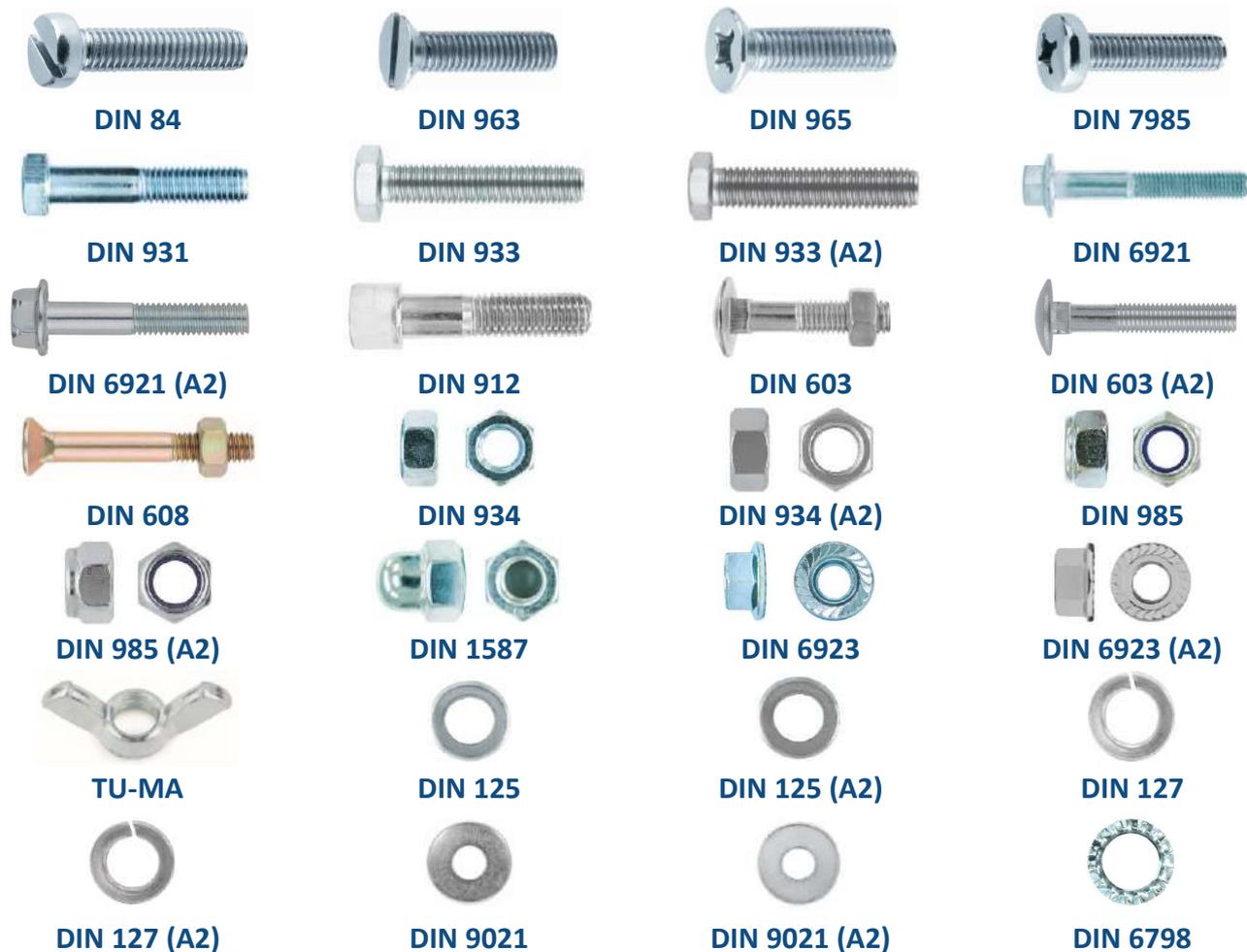


Figura 39: Molde cerrado lastre hormigón

ANEXO N°2: CATÁLOGOS ELEMENTOS COMERCIALES



CARACTERÍSTICAS

- Tornillería para uniones mecánicas.
- Rosca métrica.
- Requiere taladro previo roscado, o bien el empleo de tuerca métrica.
- Variedad en métricas, cabezas y longitudes: flexibilidad en el montaje.
- Recubrimiento cincado e inoxidable.

APLICACIONES



1. GAMA

ITEM	CÓDIGO	NORMA	FOTO	CABEZA	HUELLA	MATERIAL
1	T084	DIN 84		 Cilíndrica	 Ranurada	Acero clase 4.8 UNE EN ISO 898-1. Recubrimiento: cincado $\geq 5 \mu\text{m}$ s/ISO 4042
2	T963	DIN 963		 Avellanada	 Ranurada	Acero clase 4.8 UNE EN ISO 898-1. Recubrimiento: cincado $\geq 5 \mu\text{m}$ s/ISO 4042
3	T965	DIN 965		 Avellanada	 Ph	Acero clase 4.8 UNE EN ISO 898-1. Recubrimiento: cincado $\geq 5 \mu\text{m}$ s/ISO 4042
4	T985	DIN 7985		 Alombada	 Ph	Acero clase 4.8 UNE EN ISO 898-1. Recubrimiento: cincado $\geq 5 \mu\text{m}$ s/ISO 4042
5	D931	DIN 931		 Hexagonal	 Hexagonal	Acero clase 8.8 UNE EN ISO 898-1. Recubrimiento: cincado $\geq 5 \mu\text{m}$ s/ISO 4042
6	D933	DIN 933		 Hexagonal	 Hexagonal	Acero clase 8.8 UNE EN ISO 898-1. Recubrimiento: cincado $\geq 5 \mu\text{m}$ s/ISO 4042
7	D933I	DIN 933 (A2)		 Hexagonal	 Hexagonal	Acero A2-70 (AISI 304)
8	D6921	DIN 6921		 Hexagonal brida	 Hexagonal	Acero clase 8.8 UNE EN ISO 898-1. Recubrimiento: cincado $\geq 5 \mu\text{m}$ s/ISO 4042
9	D6921I	DIN 6921 (A2)		 Hexagonal brida	 Hexagonal	Acero A2-70 (AISI 304)
10	D912	DIN 912		 Cilíndrica	 Allen	Acero clase 8.8 UNE EN ISO 898-1. Recubrimiento: cincado $\geq 5 \mu\text{m}$ s/ISO 4042
11	D603	DIN 603		 Redonda cuello cuadrado	 Inviolable	Acero clase 4.8 UNE EN ISO 898-1. Recubrimiento: cincado $\geq 5 \mu\text{m}$ s/ISO 4042
12	D603I	DIN 603 (A2)		 Redonda cuello cuadrado	 Inviolable	Acero A2-70 (AISI 304)
13	D608	DIN 608		 Avellanada	 Cilíndrica	Acero clase 8.8 UNE EN ISO 898-1. Recubrimiento: bricromatado $\geq 3 \mu\text{m}$ s/ISO 4042

ITEM	CÓDIGO	NORMA	FOTO	CABEZA	HUELLA	MATERIAL
14	D934	DIN 934		 Hexagonal		Acero dureza > 140 HV. Recubrimiento: cincado $\geq 5 \mu\text{m}$ s/ISO 4042
15	D934I	DIN 934 (A2)		 Hexagonal		Acero A2-70 (AISI 304)
16	D985	DIN 985		 Hexagonal		Acero dureza > 140 HV. Recubrimiento: cincado $\geq 5 \mu\text{m}$ s/ISO 4042
17	D985I	DIN 985 (A2)		 Hexagonal		Acero A2-70 (AISI 304)
18	D1587	DIN 1587		 Hexagonal		Acero al carbono Recubrimiento: cincado $\geq 5 \mu\text{m}$ s/ISO 4042
19	D6923	DIN 6923		 Hexagonal		Acero al carbono Recubrimiento: cincado $\geq 5 \mu\text{m}$ s/ISO 4042
20	D6923I	DIN 6923 (A2)		 Hexagonal		Acero A2-70 (AISI 304)
21	TU-MA	Equivalente DIN 315		--		Acero al carbono Recubrimiento: cincado $\geq 5 \mu\text{m}$ s/ISO 4042
22	D125	DIN 125		--		Acero dureza > 140 HV. Recubrimiento: cincado $\geq 5 \mu\text{m}$ s/ISO 4042
23	D125I	DIN 125 (A2)		--		Acero A2-70 (AISI 304)
24	D127	DIN 127		--		Acero clase 6 UNE EN 20898-2. Recubrimiento: cincado $\geq 5 \mu\text{m}$ s/ISO 4042
25	D127I	DIN 127 (A2)		--		Acero A2-70 (AISI 304)
26	D9021	DIN 9021		--		Acero clase 6 UNE EN 20898-2. Recubrimiento: cincado $\geq 5 \mu\text{m}$ s/ISO 4042
27	D9021I	DIN 9021 (A2)		--		Acero A2-70 (AISI 304)

ITEM	CÓDIGO	NORMA	FOTO	CABEZA	HUELLA	MATERIAL
28	D6798A	DIN 6798			--	Acero al carbono Recubrimiento: cincado $\geq 5 \mu\text{m}$ s/ISO 4042

2. CARACTERÍSTICAS

2.1 DIN-84

Tornillo ranurado, cabeza cilíndrica



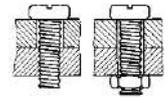
Propiedades



Acero



Recubrimiento cincado



Unión chapas

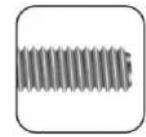
Propiedades



Ranura

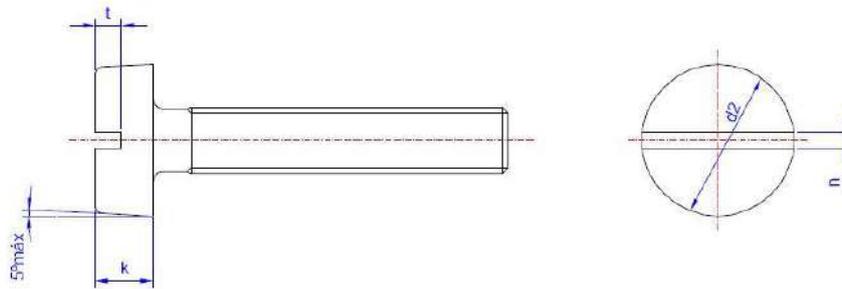


Cabeza cilíndrica



Métrica

MÉTRICA		M3	M4	M5	M6
Ød2: diámetro cabeza	[mm]	5.5	7	8.5	10
k: espesor cabeza	[mm]	2.0	2.6	3.3	3.9
n: anchura ranura	[mm]	1.0	1.50	1.50	1.9
t: profundidad ranura	[mm]	1.15	1.5	1.8	2.2



2.2 DIN-963

Tornillo ranurado con cabeza avellanada



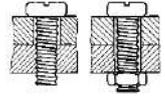
Propiedades



Acero



Recubrimiento
cincado



Unión chapas

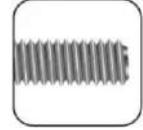
Propiedades



Ranura

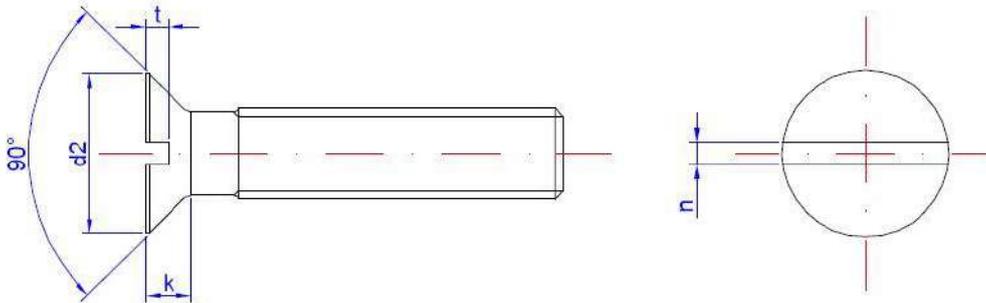


Cabeza avellanada



Métrica

MÉTRICA		M4	M5	M6	M8
Ød2: diámetro cabeza	[mm]	7.5	9.2	11	14.5
k: espesor cabeza	[mm]	2.2	2.5	3	4
n: anchura ranura	[mm]	1.5	1.5	1.9	2.3
t: profundidad ranura	[mm]	1.1	1.3	1.6	2.1



2.3 DIN-965

Tornillo de cabeza avellanada y huella Ph



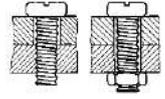
Propiedades



Acero



Recubrimiento
cincado



Unión chapas

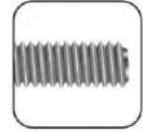
Propiedades



Ph

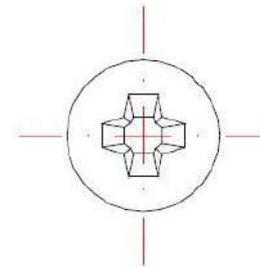
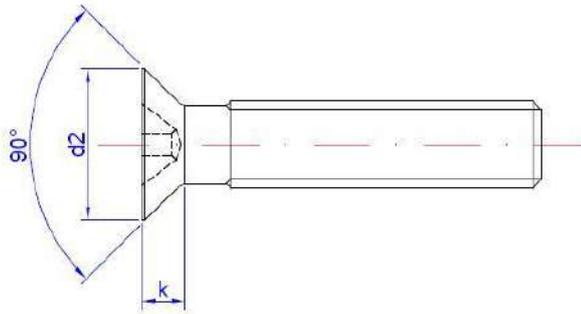


Cabeza avellanada



Métrica

MÉTRICA		M3	M4	M5	M6
Ød2: diámetro cabeza	[mm]	5.6	7.5	9.2	11.0
k: espesor cabeza	[mm]	1.65	2.2	2.5	3.0
Hueco Ph		1	2	2	3
Punta colocación		PUPHC01 PUPHL01	PUPHC02 PUPHL02	PUPHC02 PUPHL02	PUPHC03 PUPHL03



2.4 DIN-7985

Tornillo de cabeza alomada y huella Ph



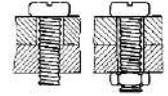
Propiedades



Acero



Recubrimiento
cincado

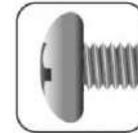


Unión chapas

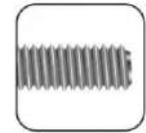
Propiedades



Ph

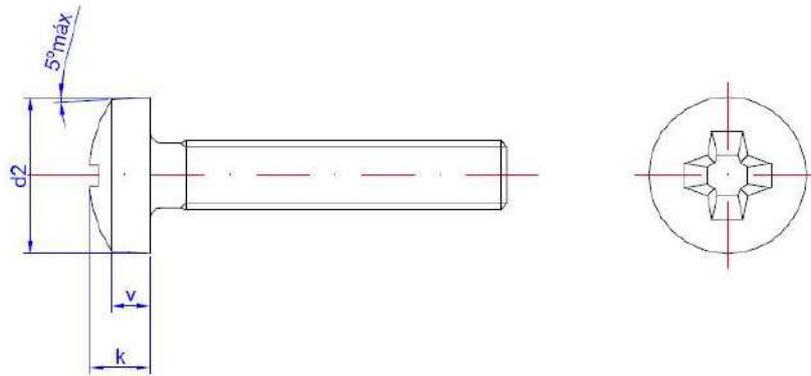


Cabeza alomada



Métrica

MÉTRICA		M3	M4	M5	M6
Ød2: diámetro cabeza	[mm]	6	8	10	12
k: espesor cabeza	[mm]	2.4	3.1	3.8	4.6
v	[mm]	1.6	2.0	2.5	3.0
Hueco Ph		1	2	2	3
Punta colocación		PUPHC01 PUPHL01	PUPHC02 PUPHL002	PUPHC02 PUPHL02	PUPHC03 PUPHL03



2.5 DIN-931

Tornillo rosca métrica hexagonal



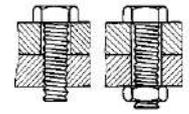
Propiedades



Acero



Recubrimiento
cincado



Unión chapas

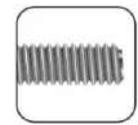
Propiedades



Hexagonal

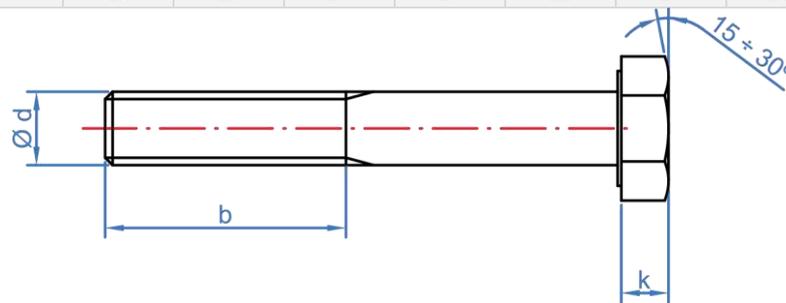
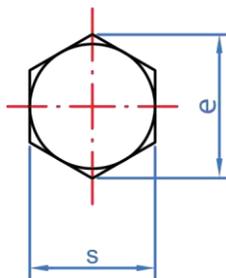


Cabeza hexagonal



Métrica

MÉTRICA		M6	M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20
s: distancia entre caras	[mm]	10	13	17	19	22	24	27	30
k: espesor cabeza	[mm]	4	5,3	6,4	7,5	8,8	10	11,5	12,5
e: distancia entre vértices	[mm]	10,89	14,20	18,72	20,88	23,91	26,17	29,56	32,95
b(min): longitud de rosca $l \leq 120$ mm	[mm]	18	22	26	30	34	38	42	46
b(min): longitud de rosca $l > 120$ mm	[mm]	--	28	32	36	40	44	48	52
Llave de instalación		10	13	17	19	22	24	27	30



2.6 DIN-933

Tornillo rosca métrica hexagonal



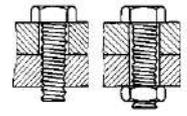
Propiedades



Acero



Recubrimiento
cincado



Unión chapas

Propiedades



Hexagonal

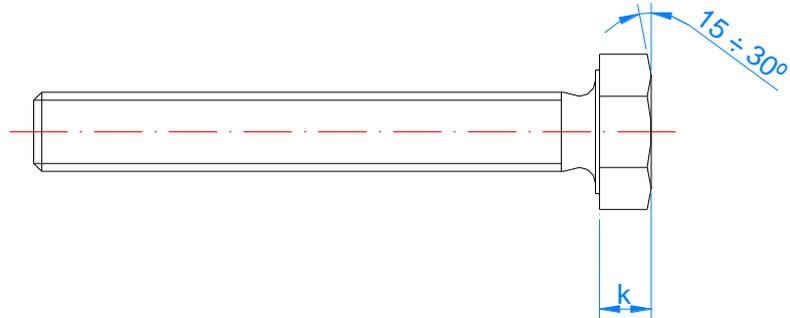
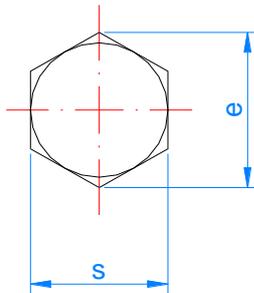


Cabeza hexagonal



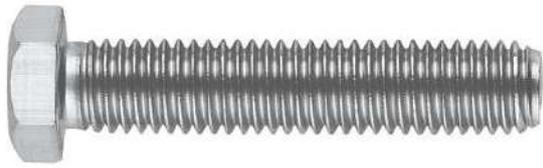
Métrica

MÉTRICA		M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20
s: distancia entre caras	[mm]	7	8	10	13	17	19	22	24	27	30
k: espesor cabeza	[mm]	3	3,5	4	5,3	6,4	7,5	8,8	10	11,5	12,5
e: distancia entre vértices	[mm]	7,50	8,63	10,89	14,20	18,72	20,88	23,91	26,17	29,56	32,95
Llave de instalación		7	8	10	13	17	19	22	24	27	30



2.7 DIN-933 A2

Tornillo rosca métrica hexagonal inoxidable



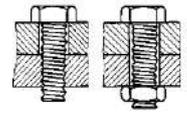
Propiedades



Acero



Recubrimiento
cincado



Unión chapas

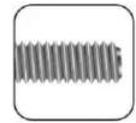
Propiedades



Hexagonal

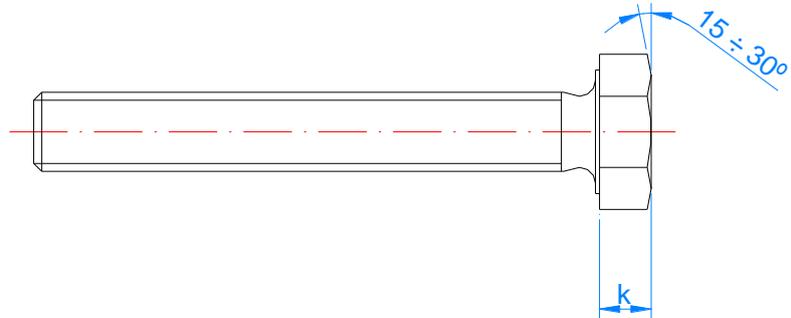
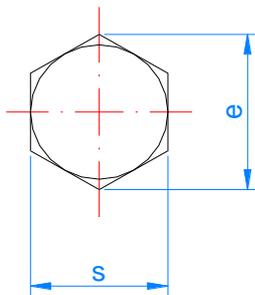


Cabeza hexagonal



Métrica

MÉTRICA		M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M18
s: distancia entre caras	[mm]	7	8	10	13	17	19	22	24	27
k: espesor cabeza	[mm]	3	3,5	4	5,3	6,4	7,5	8,8	10	11,5
e: distancia entre vértices	[mm]	7,50	8,63	10,89	14,20	18,72	20,88	23,91	26,17	29,56
Llave de instalación		7	8	10	13	17	19	22	24	27



2.8 DIN-6921

Tornillo rosca métrica hexagonal con arandela estampada



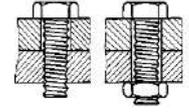
Propiedades



Acero



Recubrimiento
cincado



Unión chapas

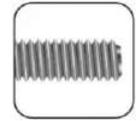
Propiedades



Hexagonal

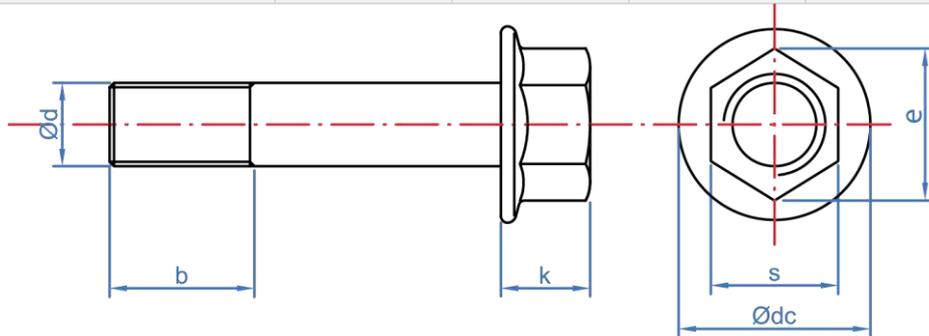


Cabeza hexagonal



Métrica

MÉTRICA		M5	M6	M8	M10	M12
s: distancia entre caras	[mm]	8	10	13	17	19
k: espesor cabeza	[mm]	5,4	6,6	8,10	9,2	11,5
e: distancia entre vértices	[mm]	8,71	10,95	14,26	16,50	17,62
Ødc: diámetro de arandela	[mm]	11,8	14,2	18,0	22,3	26,6
b(min): longitud de rosca	[mm]	Completa / 16 min	Completa / 18 min	Completa / 22 min	Completa / 26 min	Completa / 30 min
Llave de instalación		8	10	13	17	19



2.9 DIN-6921 A2

Tornillo rosca métrica hexagonal con arandela inoxidable



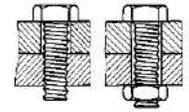
Propiedades



Acero



Inoxidable A2-70
(AISI 304)



Unión chapas

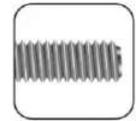
Propiedades



Hexagonal

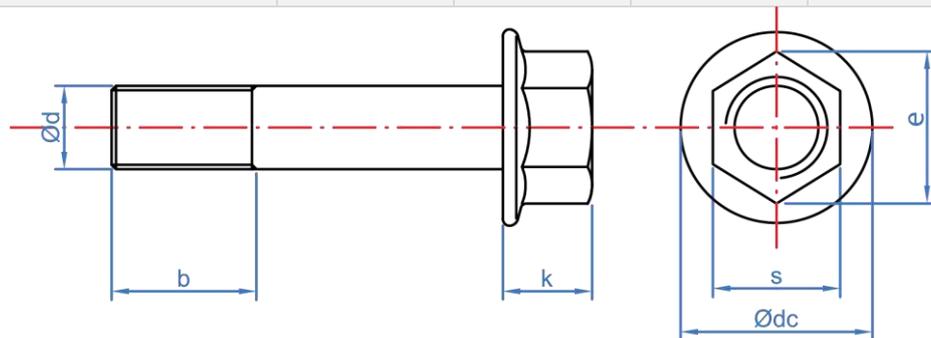


Cabeza hexagonal



Métrica

MÉTRICA		M5	M6	M8	M10	M12
s: distancia entre caras	[mm]	8	10	13	17	19
k: espesor cabeza	[mm]	5,4	6,6	8,10	9,2	11,5
e: distancia entre vértices	[mm]	8,71	10,95	14,26	16,50	17,62
Ødc: diámetro de arandela	[mm]	11,8	14,2	18,0	22,3	26,6
b(min): longitud de rosca	[mm]	Completa / 16 min	Completa / 18 min	Completa / 22 min	Completa / 26 min	Completa / 30 min
Llave de instalación		8	10	13	17	19



2.10 DIN-912

Tornillo Allen



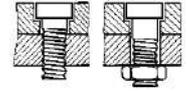
Propiedades



Acero



Recubrimiento
cincado



Unión chapas

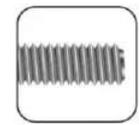
Propiedades



Allen

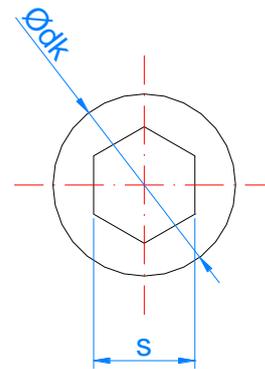
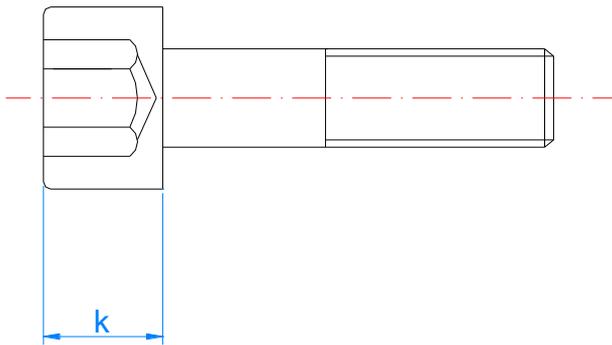


Cabeza cilíndrica



Métrica

MÉTRICA		M4	M5	M6	M8	M10	M12
Ødk: diámetro de la cabeza	[mm]	7	8,5	10	13	16	18
s: distancia entre caras de la huella	[mm]	3	4	5	6	8	10
k: espesor cabeza	[mm]	4	5	6	8	10	12
Llave de instalación		Allen 3	Allen 4	Allen 5	Allen 6	Allen 8	Allen 10



2.11 DIN-603

Tornillo DIN-603 y tuerca DIN-934



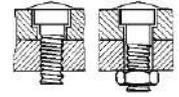
Propiedades



Acero



Recubrimiento
cincado

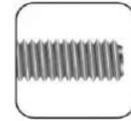


Unión chapas

Propiedades

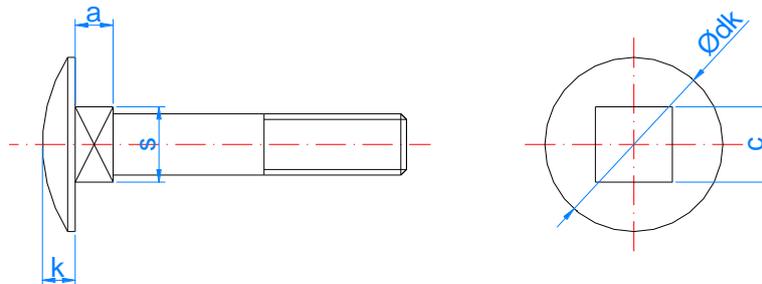


Cabeza redonda cuello cuadrado



Métrica

MÉTRICA		M5	M6	M8	M10	M12
Ødk: diámetro cabeza	[mm]	13	16	20	24	30
k: espesor cabeza	[mm]	3	3,5	4,5	5	6,5
a: espesor del cuadrado	[mm]	3,5	4	5	6	8
s	[mm]	5	6,2	7,8	9,85	11,6
c	[mm]	5	6	8	10	12

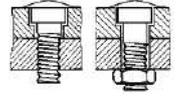


2.12 DIN-603 A2

Tornillo DIN-603 inoxidable



Propiedades

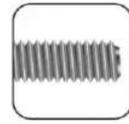


Acero

Inoxidable A2-70
(AISI 304)

Unión chapas

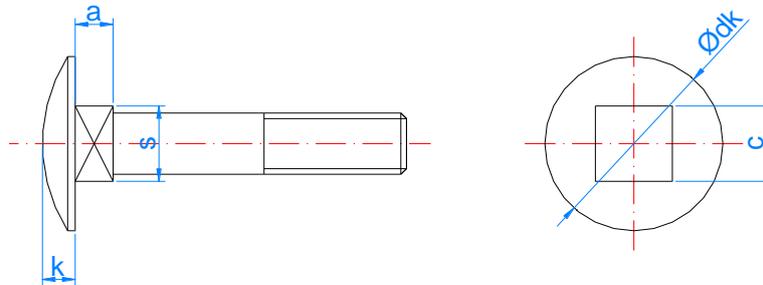
Propiedades



Cabeza redonda cuello cuadrado

Métrica

MÉTRICA		M5	M6	M8	M10	M12
Ødk: diámetro cabeza	[mm]	13	16	20	24	30
k: espesor cabeza	[mm]	3	3,5	4,5	5	6,5
a: espesor del cuadrado	[mm]	3,5	4	5	6	8
s	[mm]	5	6,2	7,8	9,85	11,6
c	[mm]	5	6	8	10	12



2.13 DIN-608

Tornillo DIN-608 y tuerca DIN-934



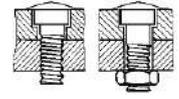
Propiedades



Acero



Recubrimiento
bicromatado

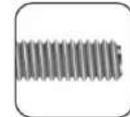


Unión chapas

Propiedades

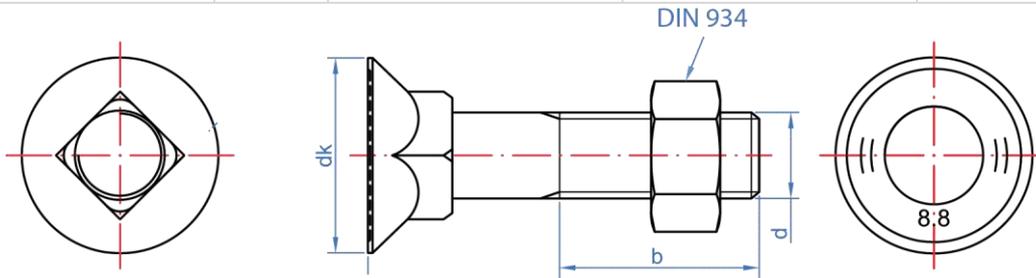


Cabeza avellanada



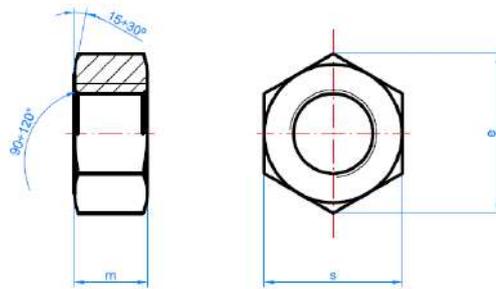
Métrica

MÉTRICA		M10	M10	M12
Ødk: diámetro cabeza	[mm]	19,5	21,5	23,5
b: longitud de rosca	[mm]	25	27	28,5
d: métrica	[mm]	10	11	12



2.14 DIN-934

Tuerca hexagonal



Propiedades



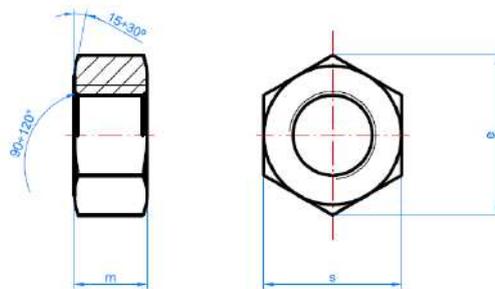
Acero

Recubrimiento
cincado

M	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20	M22	M24	M27	M30	M33	M36
s	5,5	7	8	10	13	17	19	22	24	27	30	32	36	41	46	50	55
e	6,0	7,7	8,8	11,1	14,4	18,9	21,1	24,5	26,8	29,6	32,9	35,0	39,6	45,2	50,9	55,4	60,8
m	2,4	3,2	4	5	6,5	8	10	11	13	15	16	18	19	22	24	26	29
Llave	5,5	7	8	10	13	17	19	22	24	27	30	32	36	41	46	50	55

2.15 DIN-934 A2

Tuerca hexagonal inoxidable



Propiedades



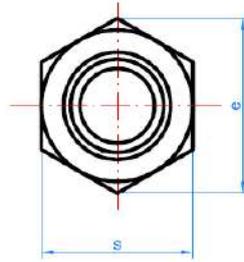
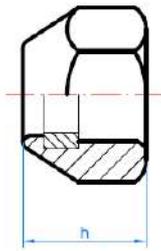
Acero

Inoxidable A2
(AISI 304)

M	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20	M22	M24
s	7	8	10	13	17	19	22	24	27	30	32	36
e	7,7	8,8	11,1	14,4	18,9	21,1	24,5	26,8	29,6	32,9	35,0	39,6
m	3,2	4	5	6,5	8	10	11	13	15	16	18	19
Llave	7	8	10	13	17	19	22	24	27	30	32	36

2.16 DIN-985

Tuerca autoblocante



Propiedades



Acero

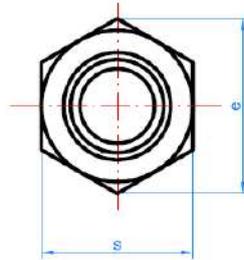
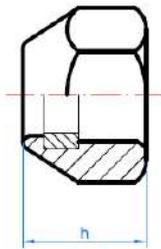


Recubrimiento
cincado

M	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20	M22	M24	M27	M30
s	5,5	7	8	10	13	17	19	22	24	27	30	32	36	41	46
e	6,0	7,7	8,8	11,1	14,4	18,9	21,1	24,5	26,8	29,6	32,9	35,0	38,6	45,2	50,9
h	4	5	5	6	8	10	12	14	16	18,5	20	22	24	27	30
Llave	5,5	7	8	10	13	17	19	22	24	27	30	32	36	41	46

2.17 DIN-985 A2

Tuerca autoblocante inoxidable A2



Propiedades



Acero



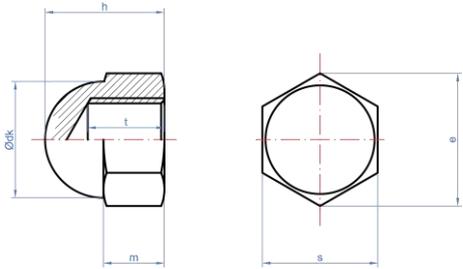
Inoxidable A2
(AISI 304)

M	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20	M22	M24
s	7	8	10	13	17	19	22	24	27	30	32	36
e	7,7	8,8	11,1	14,4	18,9	21,1	24,5	26,8	29,6	32,9	35,0	38,6
h	5	5	6	8	10	12	14	16	18,5	20	22	24
Llave	7	8	10	13	17	19	22	24	27	30	32	36

2.18 DIN-1587

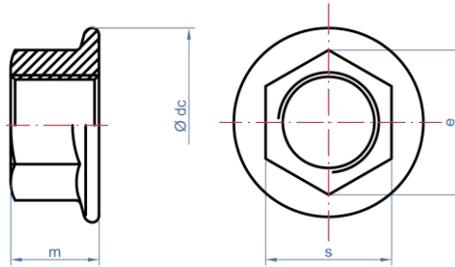
Tuerca ciega

Propiedades

								
			Acero			Recubrimiento cincado		
M	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16
s	7	8	10	13	17	19	22	24
e	7,7	8,8	11,1	14,4	18,9	21,1	24,5	26,8
h	8	10	12	15	18	22	25	28
m	3	4	5	6,5	8	10	11	13
t	5,5	7,5	8	11	13	16	18	21
Ødk	6,5	7,5	9,5	12,5	16	18	21	23
Llave	7	8	10	13	17	19	22	24

2.19 DIN-6923

Tuerca brida grafilada



Propiedades



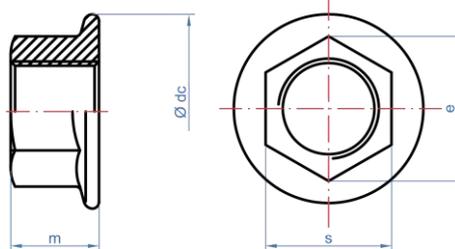
Acero

Recubrimiento
cincado

M	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16
s	7	8	10	13	15	18	21	24
e	7,7	8,8	11,1	14,4	18,9	21,1	24,5	26,8
m	4,5	5	6	8	10	12	14	16
ØdC	10	11,8	14,2	17,9	21,8	26	29,9	34,5
Llave	7	8	10	13	17	19	22	24

2.20 DIN-6923 A2

Tuerca brida grafilada inoxidable



Propiedades



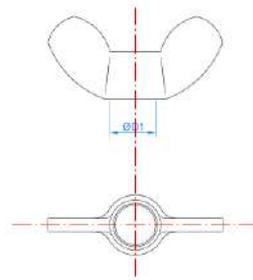
Acero

Inoxidable A2
(AISI 304)

M	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16
s	7	8	10	13	15	18	21	24
e	7,7	8,8	11,1	14,4	18,9	21,1	24,5	26,8
m	4,5	5	6	8	10	12	14	16
ØdC	10	11,8	14,2	17,9	21,8	26	29,9	34,5
Llave	7	8	10	13	17	19	22	24

2.21 TU-MA

Tuerca mariposa



Propiedades



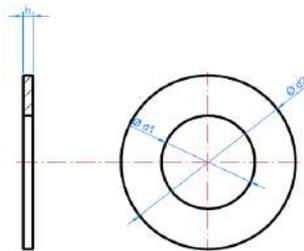
Acero

Recubrimiento cincado

M	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16
$\varnothing d1$: diámetro interior	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16

2.22 DIN-125

Arandela plana



Propiedades



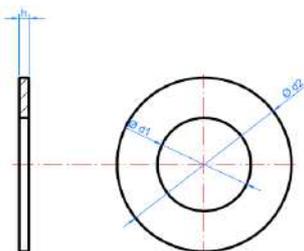
Acero

Recubrimiento cincado

M	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20	M22	M24	M27	M30	M33	M36
$\varnothing d1$: diámetro interior	3,3	4,3	5,3	6,4	8,4	10,5	13,0	15,0	17,0	19,0	21,0	23,0	25,0	28,0	31,0	34,0	37,0
$\varnothing d2$: diámetro exterior	7	9	10	12	16	20	24	28	30	34	37	39	44	50	56	60	66
h: espesor	0,8	0,8	1	1,6	1,6	2	2,5	2,5	3	3	3	3	4	4	4	5	5

2.23 DIN-125 A2

Arandela plana inoxidable



Propiedades



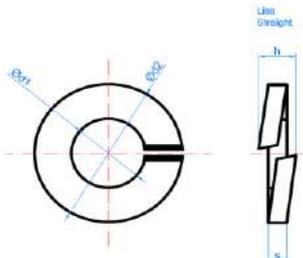
Acero

Inoxidable A2 (AISI 304)

M	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20	M22	M24
$\varnothing d1$: diámetro interior	4,3	5,3	6,4	8,4	10,5	13,0	15,0	17,0	19,0	21,0	23,0	25,0
$\varnothing d2$: diámetro exterior	9	10	12	16	20	24	28	30	34	37	39	44
h: espesor	0,8	1	1,6	1,6	2	2,5	2,5	3	3	3	3	4

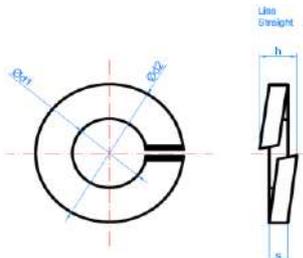
2.24 DIN-127

Arandela muelle Grower

												Propiedades					
												 Acero			 Recubrimiento cincado		
M	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20	M22	M24	M27	M30	M36	
Ød1: diámetro interior	3,1	4,1	5,1	6,1	8,1	10,2	12,2	14,2	16,2	18,2	20,2	22,5	24,5	27,5	30,5	36,5	
Ød2: diámetro exterior	6,2	7,6	9,2	11,8	14,8	18,1	21,1	24,1	27,4	29,4	33,6	35,9	40	43	48,2	58,2	
h: anchura lisa	1,8	2	2,6	3,3	4,3	4,8	5,4	6,5	7,6	7,7	8,7	8,7	10,9	10,9	13,1	13,1	
s: espesor	0,8	0,9	1,2	1,6	2	2,2	2,5	3	3,5	3,5	4	4	5	5	6	6	

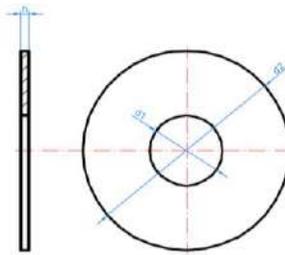
2.25 DIN-127 A2

Arandela muelle Grower inoxidable

												Propiedades					
												 Acero			 Inoxidable A2 (AISI 304)		
M	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20	M22	M24	M27	M30	M36	
Ød1: diámetro interior	3,1	4,1	5,1	6,1	8,1	10,2	12,2	14,2	16,2	18,2	20,2	22,5	24,5	27,5	30,5	36,5	
Ød2: diámetro exterior	6,2	7,6	9,2	11,8	14,8	18,1	21,1	24,1	27,4	29,4	33,6	35,9	40	43	48,2	58,2	
h: anchura lisa	1,8	2	2,6	3,3	4,3	4,8	5,4	6,5	7,6	7,7	8,7	8,7	10,9	10,9	13,1	13,1	
s: espesor	0,8	0,9	1,2	1,6	2	2,2	2,5	3	3,5	3,5	4	4	5	5	6	6	

2.26 DIN-9021

Arandela plana ancha



Propiedades



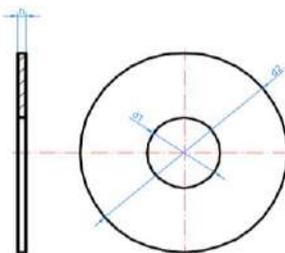
Acero

Recubrimiento
cincado

M	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20	M22	M24
Ød1: diámetro interior	3,2	4,3	5,3	6,4	8,4	10,5	13,0	15,0	17,0	20,0	22,0	24,0	26,0
Ød2: diámetro exterior	9	12	15	18	24	30	37	44	50	56	60	66	72
h: espesor	0,8	1	1,2	1,6	2	2,5	3	3	3	4	4	5	5

2.27 DIN-9021 A2

Arandela plana ancha inoxidable



Propiedades



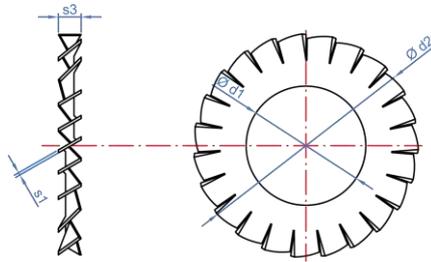
Acero

Inoxidable A2
(AISI 304)

M	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20	M22	M24
Ød1: diámetro interior	4,3	5,3	6,4	8,4	10,5	13,0	15,0	17,0	20,0	22,0	24,0	26,0
Ød2: diámetro exterior	12	15	18	24	30	37	44	50	56	60	66	72
h: espesor	1	1,2	1,6	2	2,5	3	3	3	4	4	5	5

2.24 DIN-6798

Arandela dentada exterior



Propiedades



Acero

Recubrimiento
cincado

M	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16
Ød1: diámetro interior	3,2	4,3	5,3	6,4	8,4	10,5	13	15	17
Ød2: diámetro exterior	6	8	10	11	15	18	20,5	24	26
s1: espesor	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1	1,2
s3: anchura	~3*s1								

3. PAR DE APRIETE PARA LOS TORNILLOS

Para tornillos y tuercas de acero la norma UNE 17-108-81 establece unos parámetros para la instalación específicos.

Esta norma tiene por objeto indicar el valor del momento de apriete necesario para montar, mediante herramientas dinámométricas que no introduzcan vibraciones ni impactos, la tornillería normal de acero, sobre apoyos rígidos y sometida únicamente a solicitaciones axiales de valor constante.

Para uniones entre materiales cincados el coeficiente de rozamiento establecido por la norma es $\mu=0,14$. Los momentos de apriete para cada métrica están especificados en la tabla de abajo.

PAR DE APRIETE [da N·m] (con $\mu=0,14$)

ITEM	MÉTRICA										
	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20
T084	0,063	0,14	0,29	0,49	1,2	2,4	4,1	6,5	10	14	19,5
T963											
T965											
T985											
D603											
D931	0,12	0,27	0,54	0,93	2,2	4,5	7,7	12,5	19	27	38
D933											
D6921											
D912											
D933 (A2)*	0,10	0,17	0,34	0,59	1,45	3,00	5,00	7,90	12,10	17,40	22,40
D603 (A2)*											
D6921 (A2)*											

*Valores según DIN EN ISO 3506 para acero inoxidable A2-70 y coeficiente de rozamiento $\mu_{total}=0,10$. Estos valores son orientativos y dependerán siempre de que la tuerca y el tornillo tengan la lubricación adecuada.

4. RESISTENCIAS

La norma ISO-898-1 "Características mecánicas de los elementos de fijación fabricados de aceros al carbono y aceros aleados" establece unos valores de cargas mínimas de rotura a tracción.

De acuerdo a las tabla 6 de la norma mencionada se muestran los valores correspondientes a los tornillos anteriormente mostrados.

Los valores de resistencia a cortante son equivalentes al 50% de la resistencia a tracción.

CARGA MINIMA DE ROTURA A TRACCION [kN] ($A_s, \text{nom} \times R_{m, \text{min}}$)

MÉTRICA											
ITEM	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20
T084	2,11	3,69	5,96	8,44	15,40	24,40	35,40	48,30	65,90	80,60	103,00
T963											
T965											
T985											
D603											
D608	4,02	7,02	11,35	16,1	29,2	46,4	67,4	92,00	125,00	159,00	203,00
D931											
D933											
D6921											
D912											
D933 (A2)	3,52	6,15	9,94	14,07	20,23	25,62	40,60	59,01	80,50	109,90	134,40
D603 (A2)											
D6921 (A2)											

CARGA MINIMA DE ROTURA A CORTANTE [kN] ($A_s, \text{nom} \times R_{m, \text{min}} \times 0,5$)

MÉTRICA											
ITEM	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20
T084	1,06	1,85	2,98	4,22	7,70	12,20	17,70	24,15	32,95	40,30	51,50
T963											
T965											
T985											
D603											
D608	2,01	3,51	5,68	8,05	14,60	23,20	33,70	46,00	62,50	79,50	101,50
D931											
D933											
D6921											
D912											
D933 (A2)	1,76	3,07	4,97	7,04	10,12	12,81	20,30	29,51	40,25	54,95	67,20
D603 (A2)											
D6921 (A2)											



TO-GU



TU-GU



TU-GRA



TO-GR



EG-Z / EG-A2



PG-Z / PG-A2



PU-Z



SO-TP



SO-PG

CARACTERISTICAS

- Diferentes accesorios para guías de suportación que ofrecen una gran variedad de métodos de instalación.
- Compatibles con la gama de abrazaderas del catálogo, tanto las de tuberías como las eléctricas.
- Ideal para especialistas de este tipo de instalaciones.
- Acabados en:
 - Galvanizados: para suportación de instalaciones eléctricas o instalaciones sencillas de fluidos en interiores o exteriores con corrosión moderada.
 - Inoxidable: de uso en exteriores o en ambientes industriales húmedos o contaminantes (exentos de cloro).
 - PVC: para cargas ligeras. Facilidad de instalación (se puede cortar sin herramientas) y buena resistencia a los agentes químicos en general.

MATERIAL BASE



EJEMPLOS DE APLICACION



Guías y soportes para instalaciones eléctricas, telecomunicaciones y tuberías.

Soportes para bandeja porta cable.

Accesorios que complementan los equipos básicos.

1. GAMA

ITEM	FOTO	REFERENCIA	DESCRIPCION	MATERIAL	RECUBRIMIENTO
1		TG230620	Tope tornillo guía perforada	 Acero	 Cincado $\geq 5\mu\text{m}$
		TG230820			
		TG230830			
		TG340830			
		TG41030			
2		TUG201006	Tuerca guía perforada	 Acero	 Cincado $\geq 5\mu\text{m}$
		TUG201008			
		TUG271808			
		TUG271810			
3		TUGRA2706	Tuerca guía con arandela fijación rápida	 Acero	 Cincado $\geq 5\mu\text{m}$
		TUGRA2708			
		TUGRA3808			
		TUGRA3810			
4		TGR230620	Tope-tornillo guía de fijación rápida	 Acero	 Cincado $\geq 5\mu\text{m}$
		TGR230820			
		TGR230830			
		TGR340830			
		TGR341030			
5		EMZ45	Escuadras cincadas e inoxidables	 Acero	 Cincado $\geq 5\mu\text{m}$
		EMZ90			
		EMZ00			
		EMI45			
		EMI90			
		EMI00			
6		PGZ2718	Puente guía cincado e inoxidable	 Acero	 Cincado $\geq 5\mu\text{m}$
		PGZ2830			
		PGZ3840			
		PGI2718			
		PGI2830			
		PGI3840			
7		PUZ2718	Placa de unión para perfiles	 Acero	 Cincado $\geq 5\mu\text{m}$
		PUZ3840			
8		SOTP2718	Tapón plástico para soportación	 Polipropileno	--
		SOTP2830			
		SOTP3840			
		SOTP4121			
		SOTP4141			
9		SOPG27	Cubierta de goma para soportación	 EPDM	--
		SOPG38			
		SOPG41			

3. DATOS DE INSTALACION

3.1 TO-GU

Tope-tornillo de guía perforada

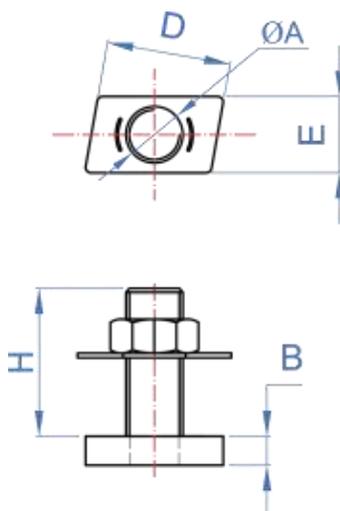


Material	Recubrimiento	Válido para
		
Acero	Cincado	Guía perforada GP-G

Datos de Instalación

Código	ØA	B	D	E	H	Válido para
TG230620	M6	4	23	13	20	20/10 - 25/08 - 25/11 - 27/18
TG230820	M8	5	23	15	20	27/18 - 28/30
TG230830	M8	5	23	15	30	27/18 - 28/30
TG340830	M8	5	33	15	30	38/40 - 40/20
TG341030	M10	5	33	15	30	38/40 - 40/20

Plano



Carga máxima recomendada a deslizamiento y extracción

Código	Guía	Par instalación [Nm]	Carga deslizamiento [kN]	Carga extracción [kN]
TG230620	GPG271812	8.1	0.51	0.43
TG230830	GPG271812	10.0	0.75	1.83
TG230620	GPG283018	8.1	0.40	0.55
TG230830	GPG283018	10.0	0.52	2.77
TG340830	GPG384020	10.0	0.82	3.52
TG341030	GPG384020	10.0	0.84	3.08
TG340830	GPG402015	10.0	0.81	2.45
TG341030	GPG402015	10.0	0.92	1.64
TG230620	GPZ250808	8.1	0.96	0.49
TG230830	GPZ250808	10.0	1.05	0.67

3.2 TU-GU

Tuerca guía perforada

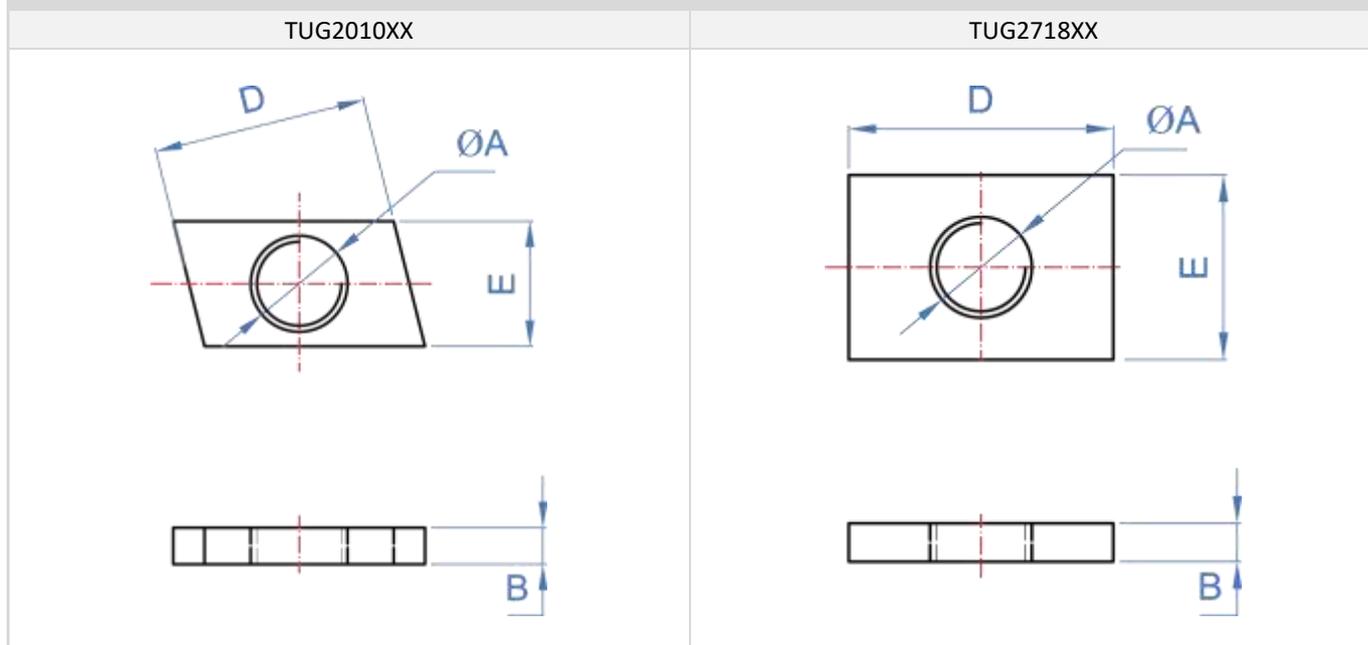


Material	Recubrimiento	Válido para
Acero	Cincado	Guía perforada GP-G

Datos de Instalación

Código	ØA	B	D	E	Válido para
TUG201006	M6	4	23	13	20/10 - 25/08 - 25/11 - 27/18 - 28/30
TUG201008	M8	4	23	13	20/10 - 25/08 - 25/11 - 27/18 - 28/30
TUG271808	M8	4	30	24	27/18 - 28/30 - 38/40 - 40/20
TUG271810	M10	4	30	24	27/18 - 28/30 - 38/40 - 40/20

Plano



Carga máxima recomendada a deslizamiento y extracción

Código	Guía	Par instalación [Nm]	Carga deslizamiento [kN]	Carga extracción [kN]
TUG271808	GPI283015	14.9	0.69	5.33
TUG271808	GPI384020	14.9	0.74	5.84
TUG271810	GPI283015	25.8	0.66	5.84
TUG271810	GPI384020	25.8	1.20	6.19

3.3 TU-GRA

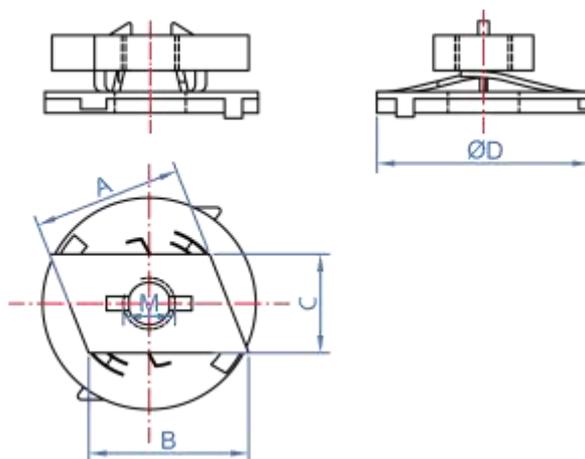
Tuerca guía con arandela fijación rápida

	Material	Recubrimiento	Válido para
	 Acero	 Cincado	 Guia perforada GP-G

Datos de Instalación

Código	A	B	C	ØD	M	Válido para
TUGRA2706	23,5	26	14	31	M6	20/10 - 25/08 - 25/11 - 27/18 - 28/30
TUGRA2708	23,5	26	14	31	M8	20/10 - 25/08 - 25/11 - 27/18 - 28/30
TUGRA3808	33	36	16	41	M8	27/18 - 28/30 - 38/40 - 40/20
TUGRA3810	33	36	16	41	M10	27/18 - 28/30 - 38/40 - 40/20

Plano



3.4 TO-GR

Tope-tornillo guía de fijación rápida

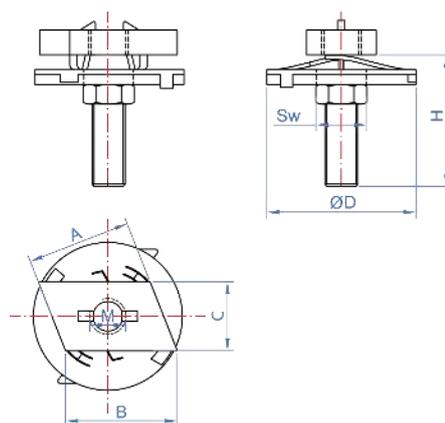


Material	Recubrimiento	Válido para
Acero	Cincado	Guia perforada GP-G

Datos de Instalación

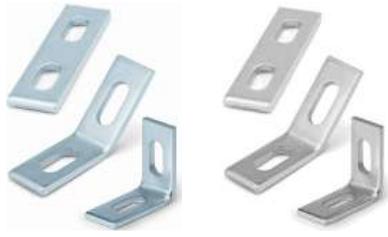
Código	A	B	C	ØD	H	M	SW	Válido para
TGR230620	23,5	26	14	31	23	M6	10	20/10 - 25/08 - 25/11 - 27/18 - 28/30
TGR230820	23,5	26	14	31	23	M8	13	20/10 - 25/08 - 25/11 - 27/18 - 28/30
TGR230830	23,5	26	14	31	33	M8	13	20/10 - 25/08 - 25/11 - 27/18 - 28/30
TGR340830	33	36	16	41	33	M8	13	27/18 - 28/30 - 38/40 - 40/20
TGR341030	33	36	16	41	33	M10	17	27/18 - 28/30 - 38/40 - 40/20

Plano



3.5 EG-Z / EG-A2

Escuadras cincadas / inoxidables



Material		Recubrimiento	Válido para	
			--	
Acero	Acero Inoxidable A2	Cincado	--	Guía perforada GP-A2

Datos de Instalación

Código	Código	Medida	Nº de agujeros
EMZ45	EMI45	45º	2
EMZ90	EMI90	90º	2
EMZ00	EMI00	180º	2

Plano

Carga Máxima Recomendada* [kg]

EMZ45 / EMI45		540
EMZ90 / EMI90		540
EMZ00 / EMI00		540

*Resistencias para cargas aplicadas sobre estructuras que no están en voladizo.

3.6 PG-Z / PG-A2

Puente guía cincado / inoxidable



Material		Recubrimiento		Válido para	
			--		
Acero	Acero Inoxidable A2	Cincado	--	Guia perforada GP-G	Guia perforada GP-A2

Datos de Instalación

Código	Código	Valido para
PGZ2718	PGI2718	27/18
PGZ2830	PGI2830	28/30
PGZ3840	PGI3840	38/40

Plano

PGZ2718 / PGI2718	PGZ2830 / PGI2830	PGZ3840 / PGI3840

3.7 PU-Z

Placa de unión para perfiles

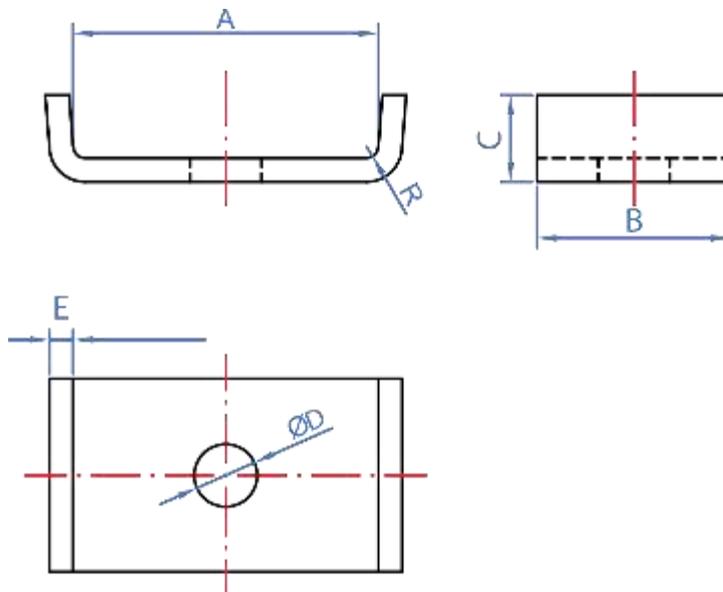


Material	Recubrimiento	Válido para
A	Z ZINC	
Acero	Cincado	Guia perforada GP-G

Datos de Instalación

Código	A	B	C	∅D	R
PUZ2718	27,5	25	10,5	9	2
PUZ3840	38,5	25	10,5	9	2,5

Plano



3.8 SO-TP

Tapones plásticos para perfil indextrut



Material

Válido para



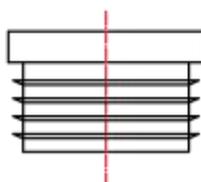
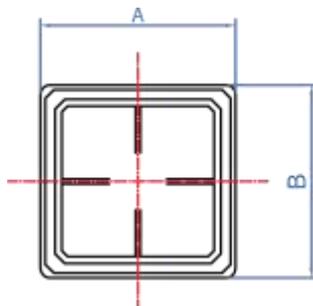
Polipropileno

Guia perforada GP-G / GP-X

Datos de Instalación

Código	A	B
SOTP2718	30	20
SOTP2830	30	30
SOTP3840	40	40
SOTP4121	41	21
SOTP4141	41	41

Plano



3.9 SO-PG

Cubierta de goma para soportación

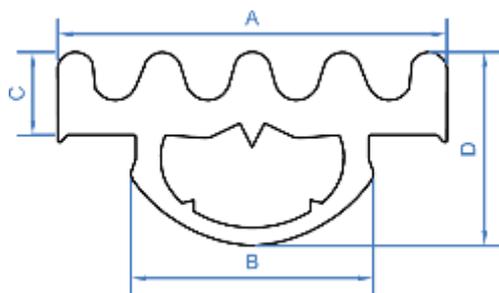


Material	Válido para
 Goma EPDM	 Guia perforada GP-G / GP-X

Datos de Instalación

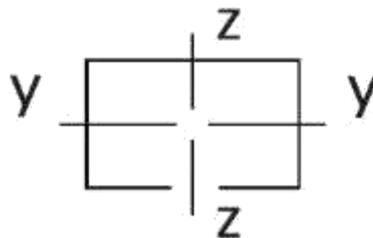
Código	A	B	C	D
SOPG27	28	15,5	6	16
SOPG38	39	17,5	8	19,5
SOPG41	41	25,5	8	19

Plano



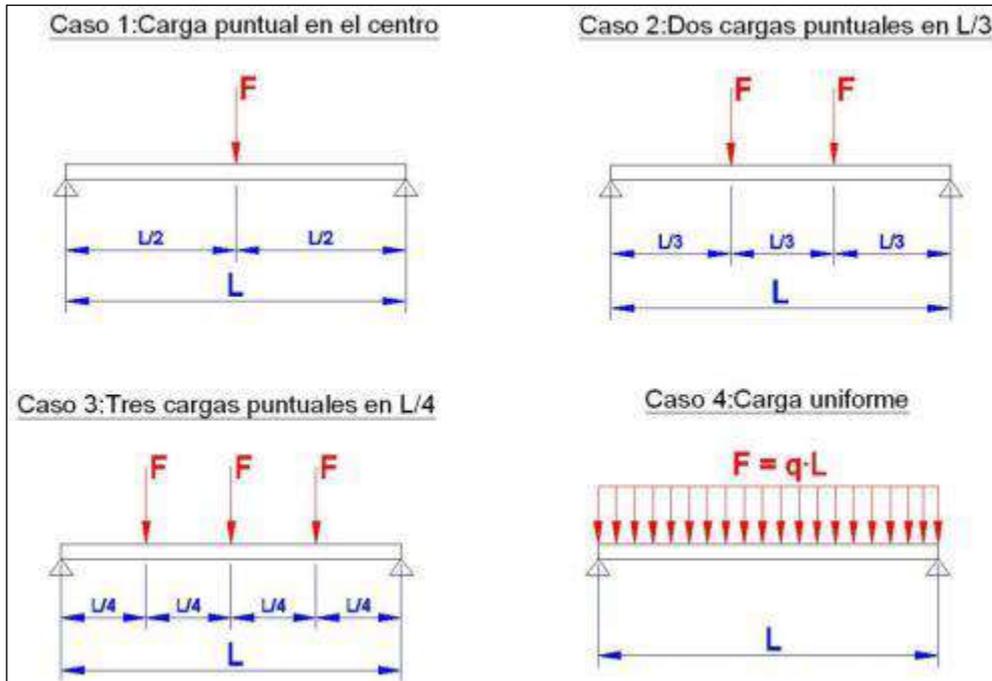
4. DATOS GEOMETRICOS

REFERENCIA	SECCIÓN	PESO	ÁREA	MOMENTO INERCIA (I_y)	MOMENTO INERCIA (I_z)	MÓDULO RESISTENTE (W_y)	MÓDULO RESISTENTE (W_z)
	[mm x mm]	[Kg/m]	[cm ²]	[cm ⁴]	[cm ⁴]	[cm ³]	[cm ³]
GPZ201010	20 x 10	0.31	0.44	0.06	0.25	0.10	0.25
GPZ250808	25 x 8	0.26	0.35	0.03	0.30	0.06	0.24
GPG271812	27 x 18	0.66	0.84	0.37	0.97	0.34	0.71
GPG283018	28 x 30	1.25	1.60	1.79	2.10	1.03	1.50
GPG384020	38 x 40	2.00	2.55	5.39	6.18	2.39	3.25
GPG351312	35 x 13	Prestación no declarada					
GPG402015	40 x 20	0.94	1.30	0.71	3.10	0.57	1.55
GPP271812	27 x 18	0.66	0.84	0.37	0.97	0.34	0.71
GPI271812	27 x 18	0.66	0.79	0.36	0.90	0.33	0.67
GPI283015	28 x 30	1.25	1.37	1.54	1.82	0.89	1.30
GPI384020	37 x 40	2.00	2.55	5.39	6.18	2.39	3.25
SPZ271820	27 x 18	1,20	0.84	0.37	0.97	0.34	0.71
SPZ271830	27 x 18	1,20	0.84	0.37	0.97	0.34	0.71
SPZ384020	38 x 40	2,4	2.55	5.39	6.18	2.39	3.25
SPZ384025	38 x 40	2,4	2.55	5.39	6.18	2.39	3.25
SPZ384030	38 x 40	2,4	2.55	5.39	6.18	2.39	3.25
SPZ384035	38 x 40	2,4	2.55	5.39	6.18	2.39	3.25
SPZ384040	38 x 40	2,4	2.55	5.39	6.18	2.39	3.25
SPZ384050	38 x 40	2,4	2.55	5.39	6.18	2.39	3.25
SPZ384060	38 x 40	2,4	2.55	5.39	6.18	2.39	3.25

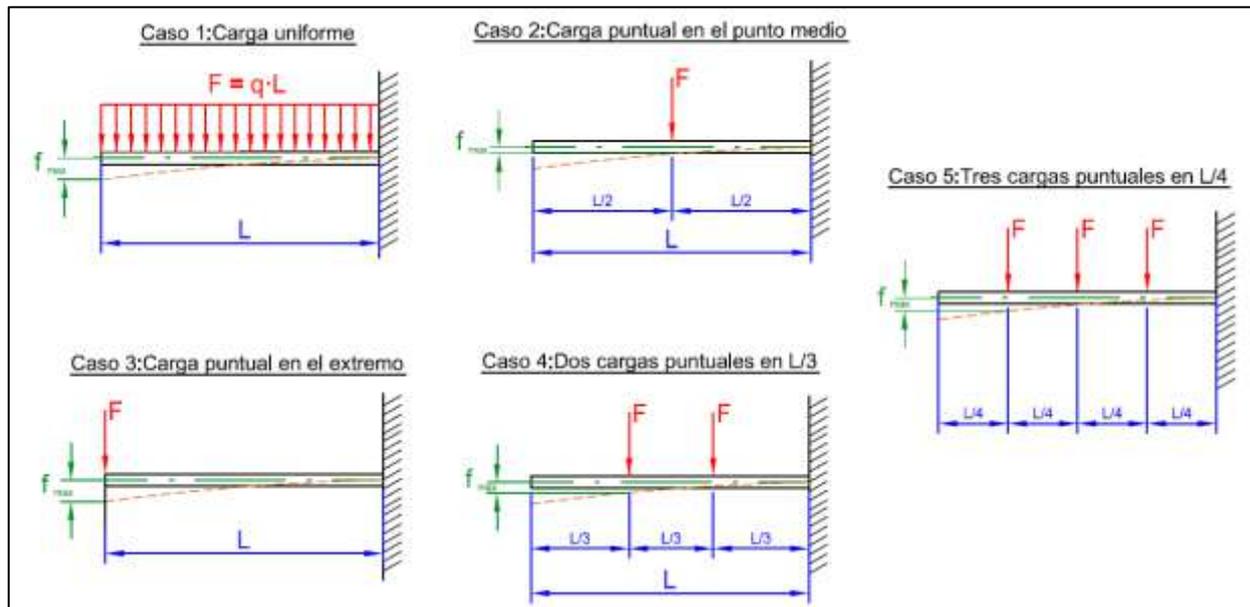


5. HIPOTESIS DE CALCULO Y CARGAS

HIPOTESIS DE CÁLCULOS PARA GUIAS PERFORADAS GP-Z

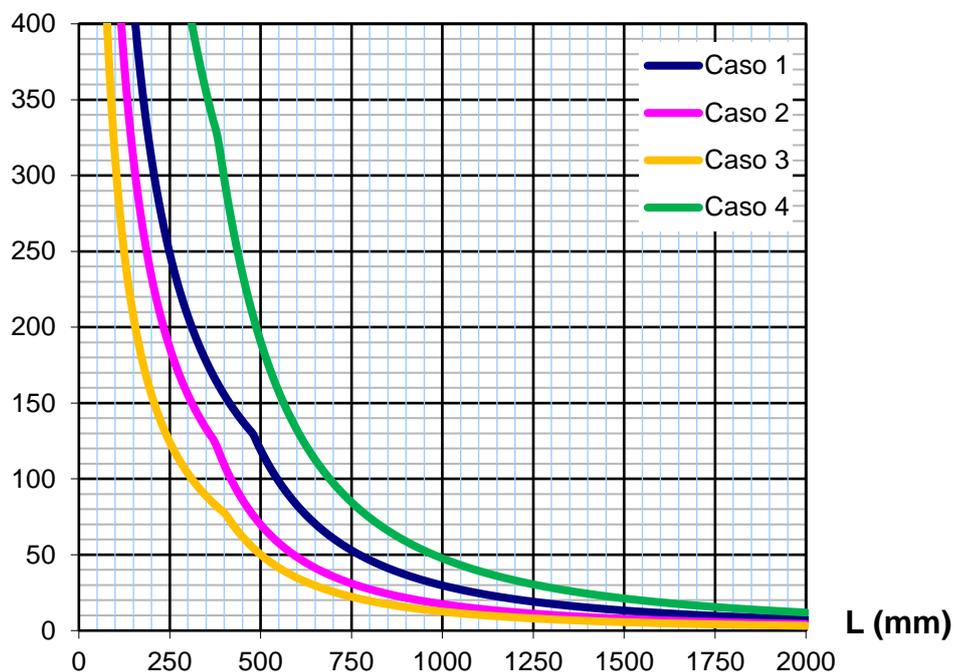


HIPOTESIS DE CÁLCULOS SOPORTES SP-Z



CARGAS MAXIMAS RECOMENDADAS PARA GUIAS PERFORADAS GP-Z

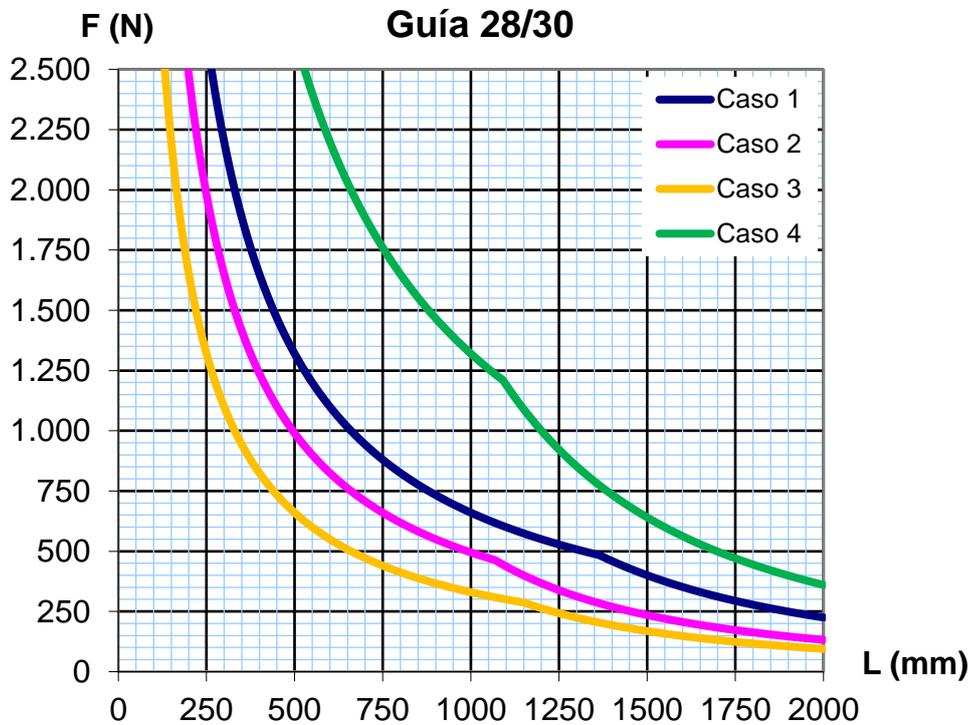
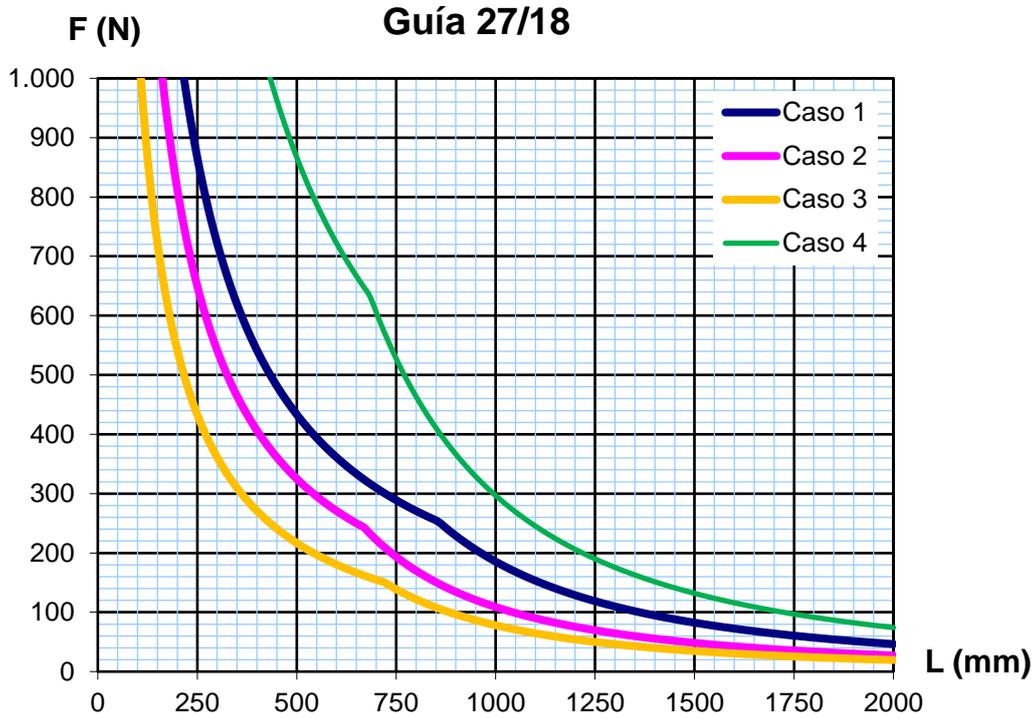
F (N) **Guía 20/10**

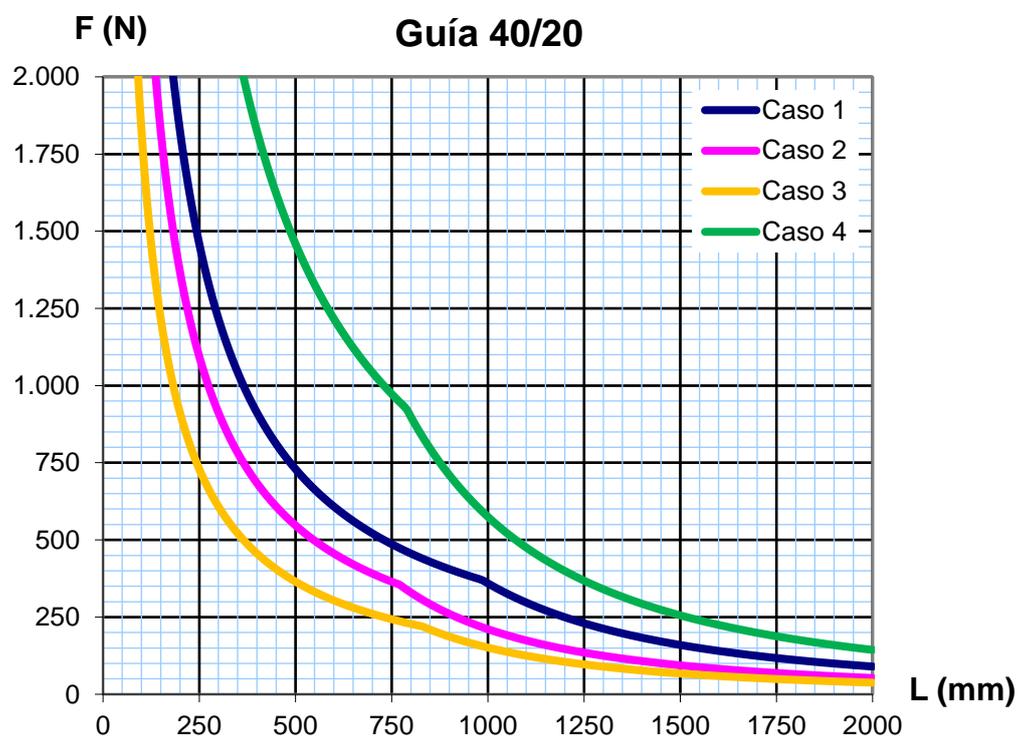
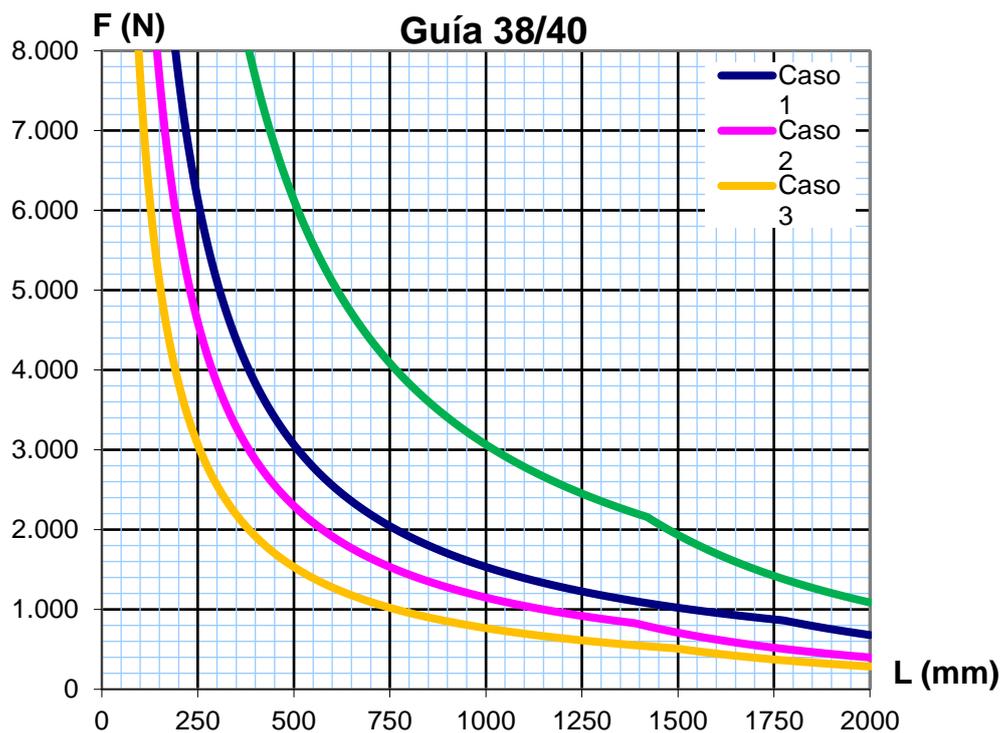


F (N) **Guía 25/08**

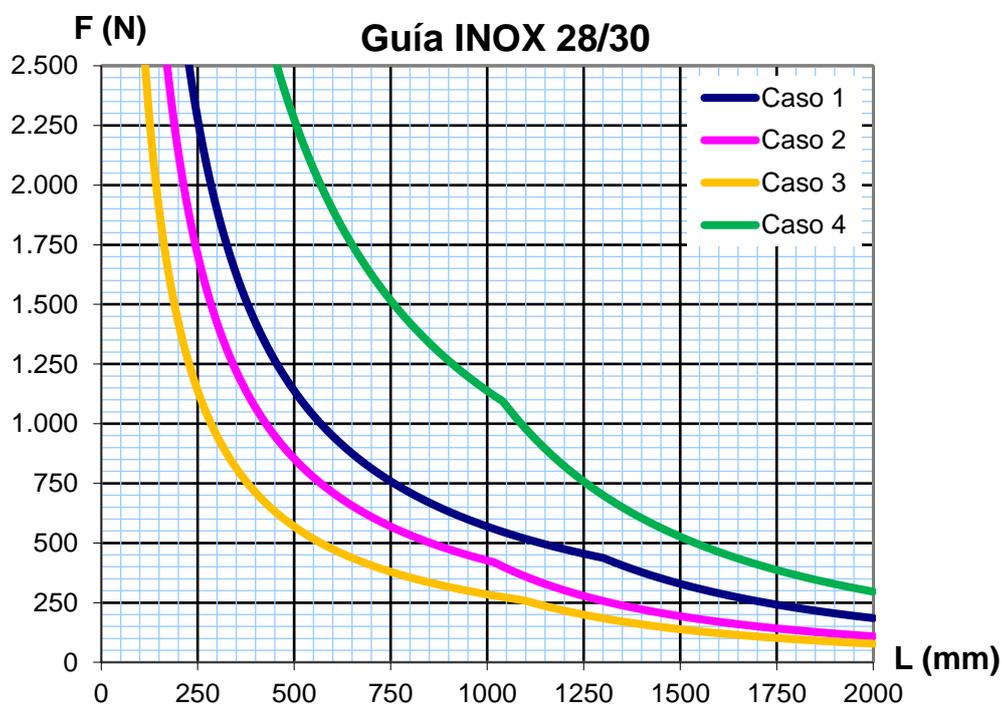
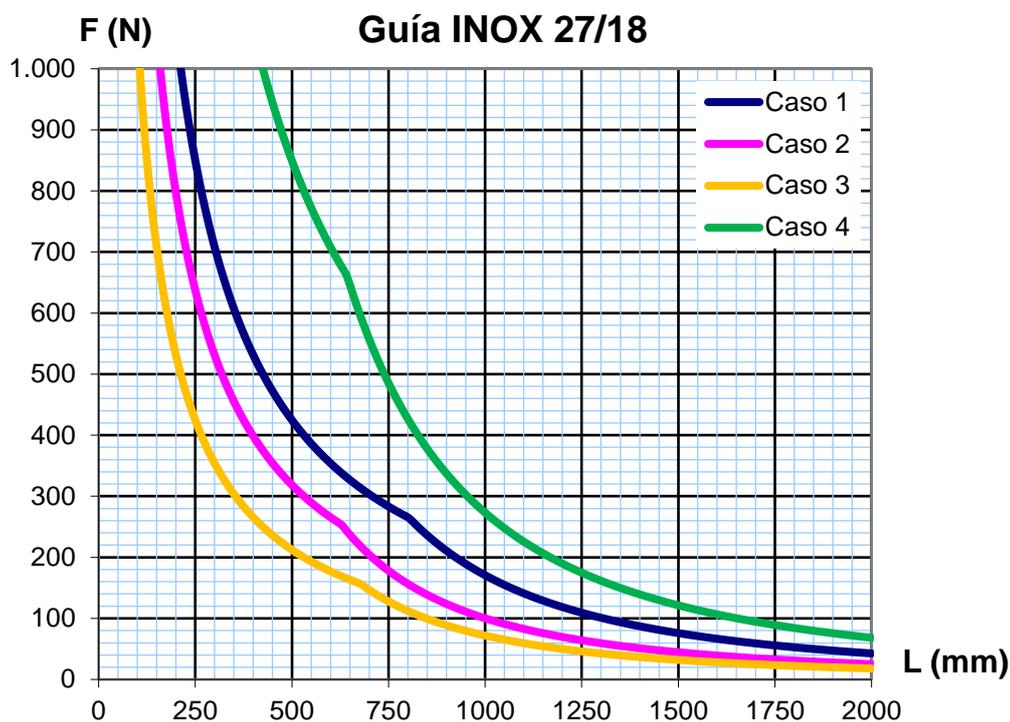


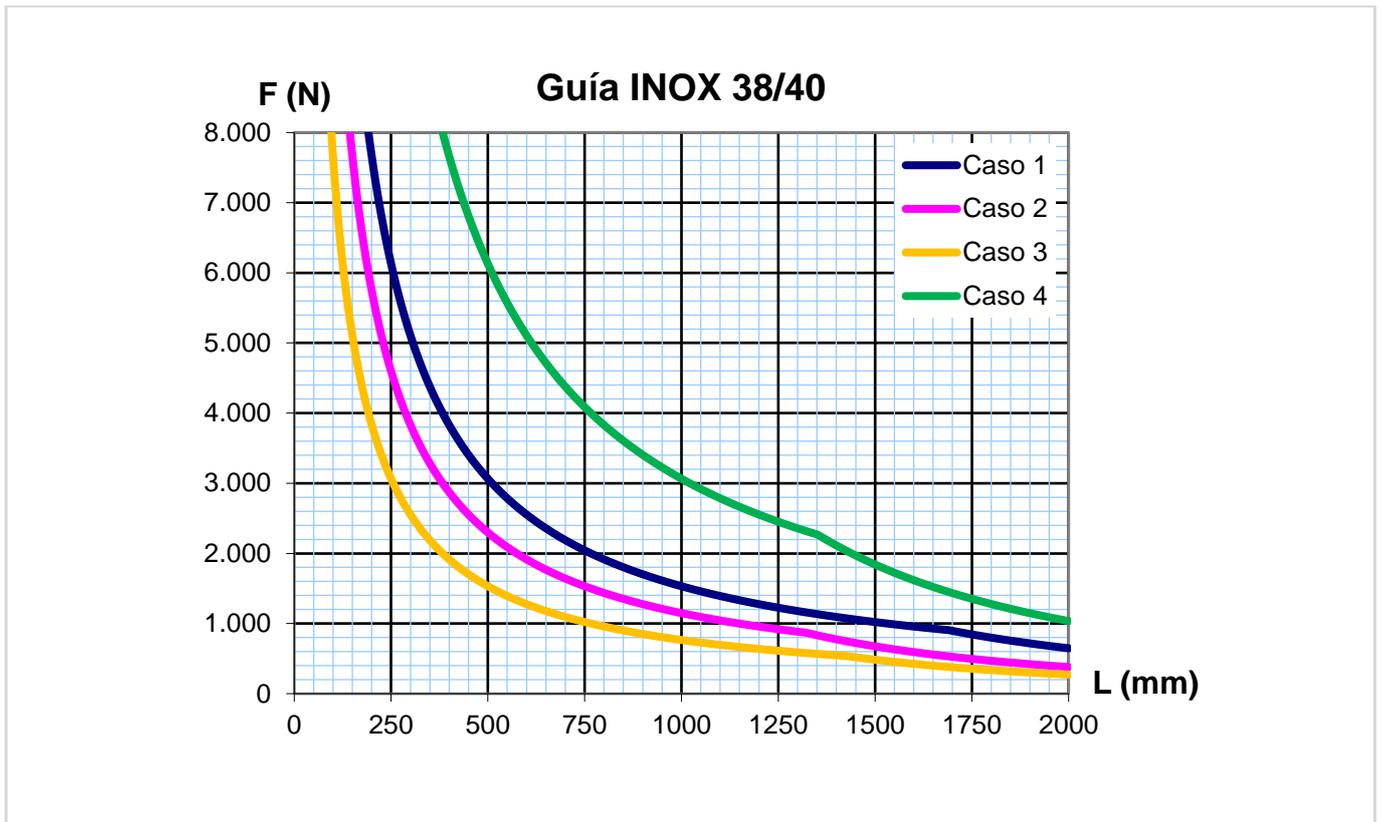
CARGAS MAXIMAS RECOMENDADAS PARA GUIAS PERFORADAS GP-G



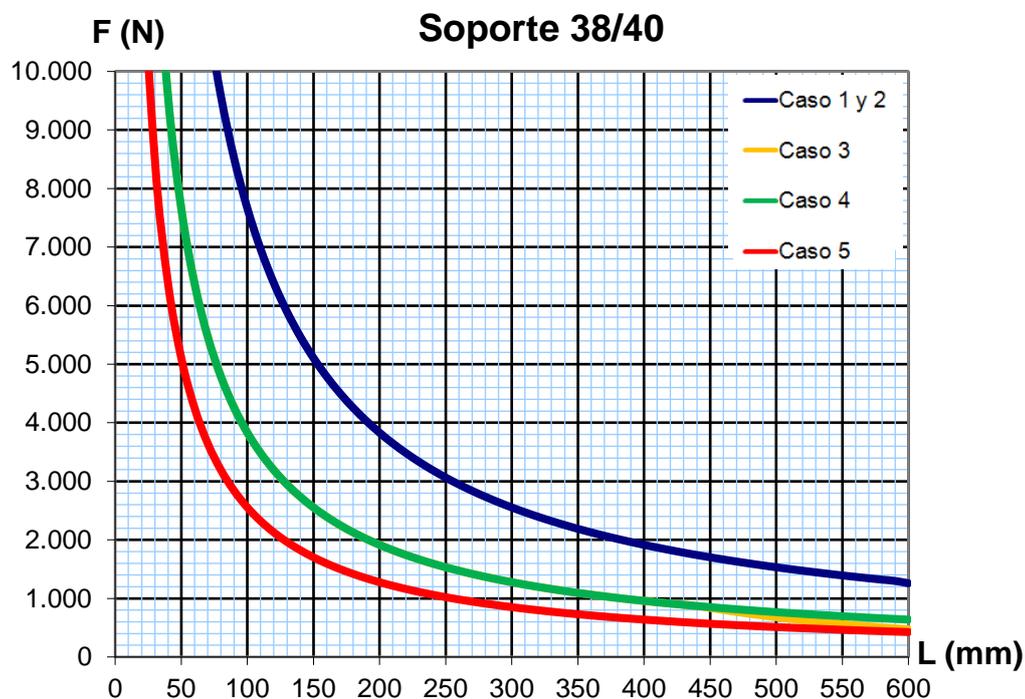
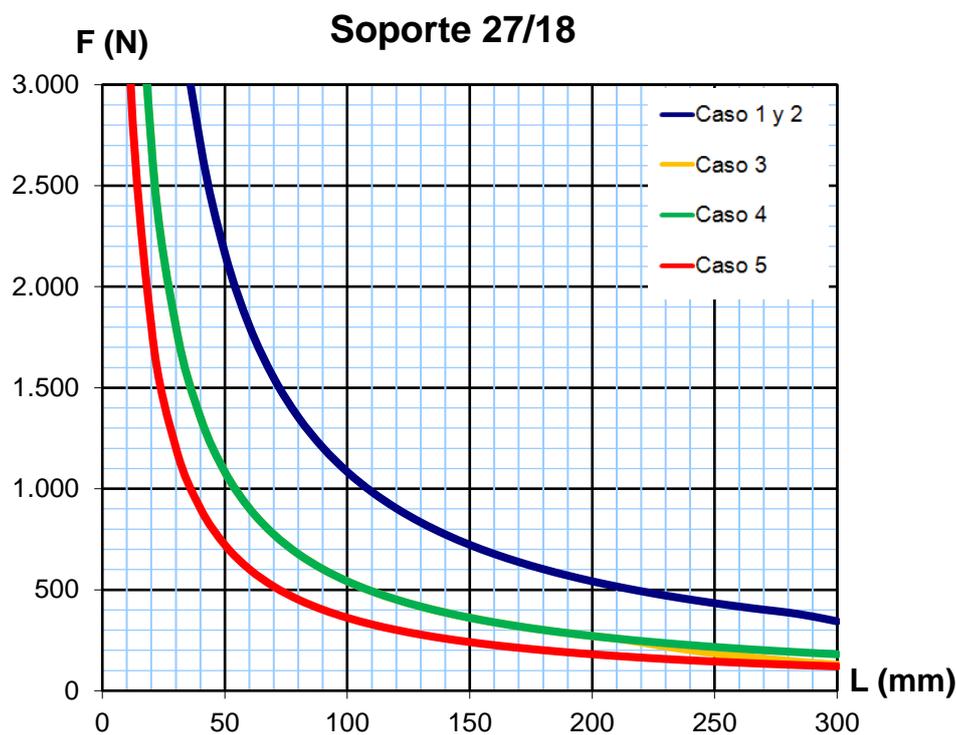


CARGAS MAXIMAS RECOMENDADAS PARA GUIAS PERFORADAS GP-A2





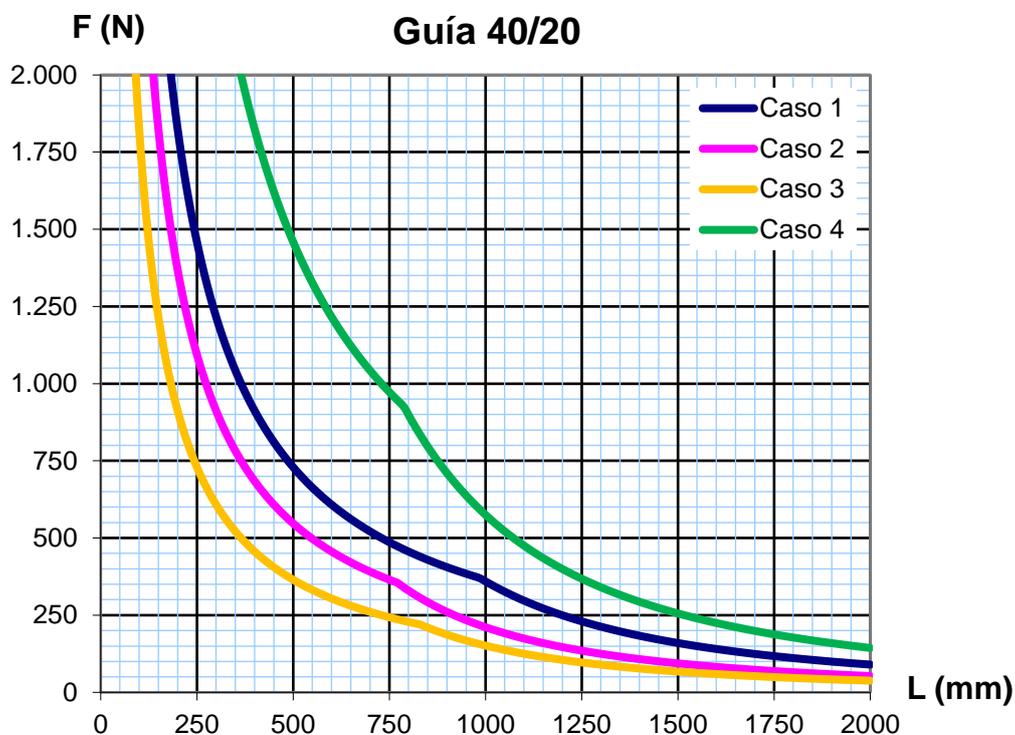
CARGAS MAXIMAS RECOMENDADAS PARA SOPORTES PERFORADOS SP-Z



EJEMPLO DE CÁLCULO GUÍA PERFORADA

Ejemplo de cálculo guía perforada:

Carril GPG402015: Longitud de carril 800 mm con tres abrazaderas situadas equidistantes a 200 mm (caso 3).

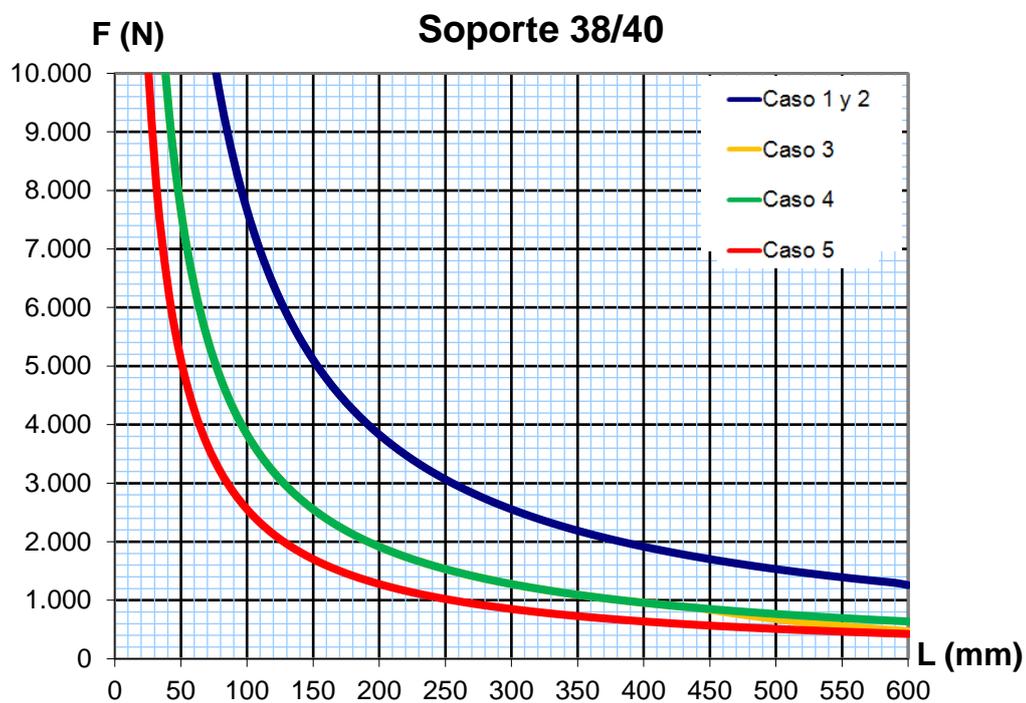
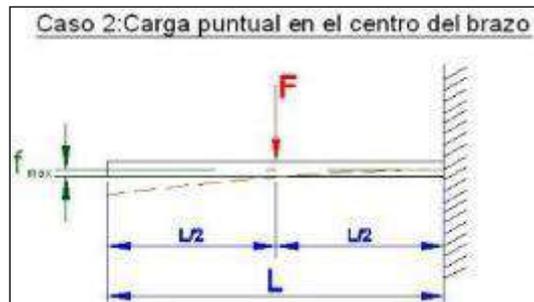


Resultando una carga admisible por abrazadera de 250 N (≈ 25 Kg).

EJEMPLO DE CÁLCULO SOPORTE PERFORADO

Ejemplo de cálculo soporte perforado:

Soporte SPZ384020: Una única tubería situada a 150 mm de la pared (caso 2).



Resultando una carga admisible de 5.000 N (≈500 Kg).

Estas cargas admisibles solamente son aplicables si los soportes se fijan con anclajes cumpliendo las pautas de uso y aplicación de éstos.

Se debe comprobar por separado que las fuerzas se transmiten al material base (acero u hormigón)



ABE – DIN-7504-K



ABEI – DIN 7504-K A2



ARE – DIN-7504-K RE



AUTO

CARACTERISTICAS

- Punta broca: taladra directamente el material sin necesidad de taladro previo.
- Rosca autorroscante.
- Gran variedad de tipos de cabezas, diámetros y longitudes para distintas aplicaciones: flexibilidad en el montaje.
- Recubrimientos en cincado, disponible en diferentes recubrimientos bajo pedido
- Versiones en colores habituales de chapas lacadas comerciales (carta RAL).
- Disponibles tapones de colores para cabezas hexagonales.

APLICACIONES

- Para la unión de metal a madera, elementos metálicos entre sí, o plástico, madera y otros materiales sobre materiales metálicos.
- Versiones con arandela de acero galvanizado-EPDM o acero inoxidable-EPDM para uniones estancas en fachadas y cubiertas, en distintos diámetros.

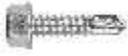
MATERIAL BASE



EJEMPLOS DE APLICACION



1.GAMA

ITEM	DENOMINACION	FOTO	NORMA	CABEZA	ØARANDELA EPDM (1)	RECUBRIMIENTO (2) (3)	MATERIAL A TALADRAR
1	ABE DIN-7504-K		DIN 7504K	Hexagonal con arandela	14, 16, 18, 25	Acero / Cincado	Acero
2	ABEI DIN-7504-K-A2		DIN 7504K	Hexagonal con arandela	---	Acero inoxidable	Aluminio
3	ARE DIN-7504-K RE		DIN 7504K	Hexagonal con arandela	16, 18, 25	Acero / Cincado	Acero
4	AUTO		---	Hexagonal con arandela	16	Acero / Cincado	Acero

(1) Características arandela EPDM según Ficha Técnica ARVUL.

(2) Recubrimientos: cincado $\geq 3 \mu\text{m}$ según ISO 4042 A1J.
cincado negro $\geq 3 \mu\text{m}$ según ISO 4042 A1N.

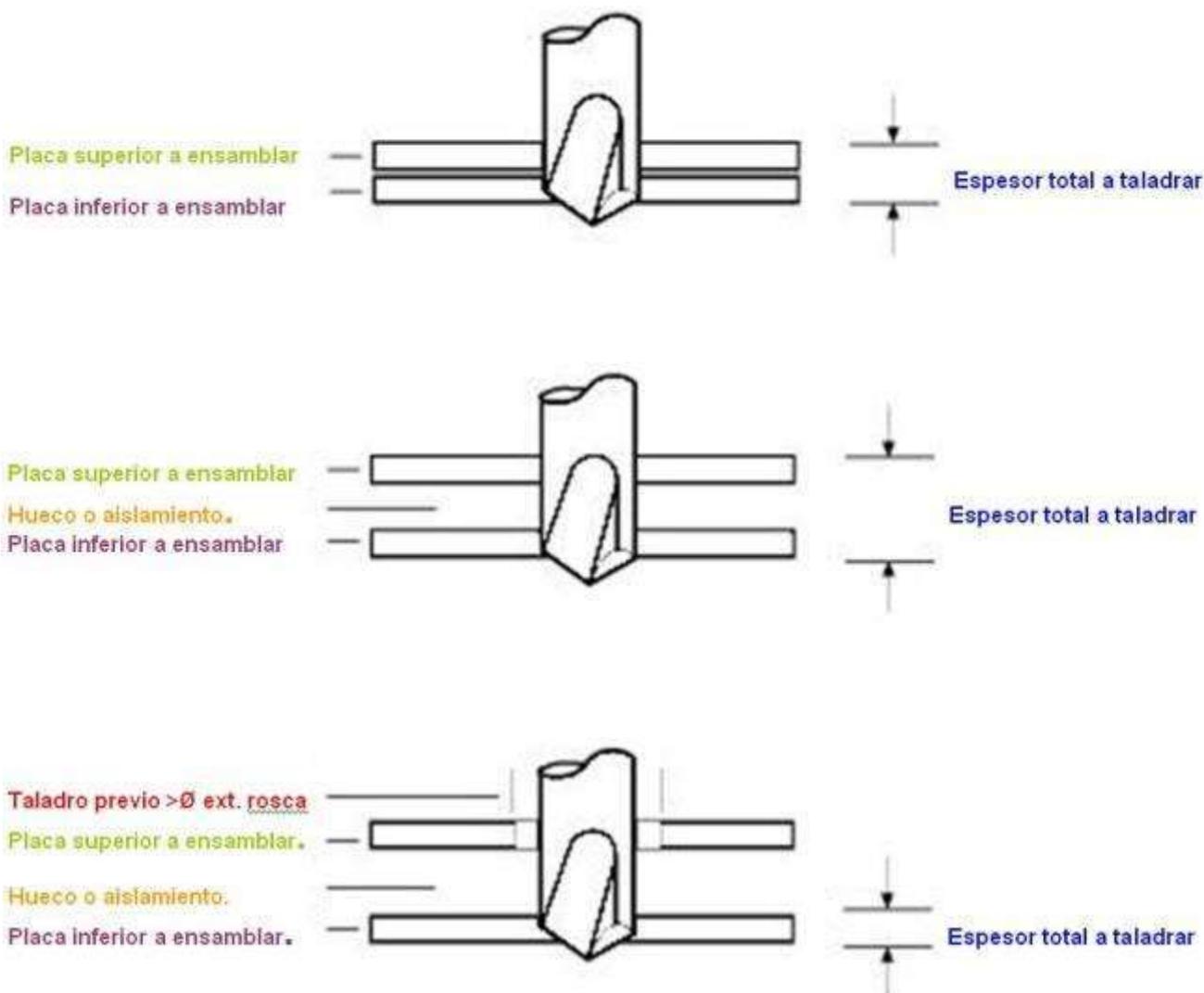
(3) Disponible en varios recubrimientos y colores bajo pedido.

MATERIALES

Característica	ABE - ARE - AUTO	ABEI
Material	Acero especial para tratamiento térmico SAE J403 1022	Acero Inoxidable A2
Dureza superficial	> 500 HV	--
Dureza núcleo	240 - 450 HV	--
Profundidad dureza	ST 2.5 – 3.5: 0.05 – 0.18 mm. ST 3.9 – 5.5: 0.10 – 0.23 mm. ST 6.3: 0.15 – 0.28 mm.	--

SELECCIÓN PUNTAS

La elección de la punta del tornillo debe ser tal que el espesor total de los materiales metálicos a unir (incluyendo eventuales separaciones intermedias) sea menor que el filo de la punta broca; en caso contrario es posible que se produzca la rotura del tornillo durante su instalación.



PARAMETROS DE INSTALACIÓN

Parámetro		ST 3.5	ST 3.9	ST 4.2	ST 4.8	ST 5.5 M 5.5	ST 6.3
Fuerza máxima instalación	[N]	150	200	250	250	350	350
Velocidad taladrado	Acero	1800 - 2500				1000 - 1800	
	Acero inox.	1000 - 1500				600 - 1000	
Tiempo máximo	[sg]	4	4.5	5	7	11	13
Par máximo	[Nm]	2.8	3.8	4.7	6.9	10.4	16.9

10 N ≈ 1 Kg

10 Nm ≈ 1Kg m

*A tiempos altos de taladrado o velocidad excesiva de taladrado hay riesgo de quemar la punta broca, no consiguiendo por tanto taladrar el material.

TORNILLO	ØROSCA	ESPESOR A TALADRAR EN ACERO [mm]	
AUTO	5.5	4.0	12.0

ABE ABEI	6.3	2,5	6,0
	5.5	1,75	5,25
	4.8	1,75	4,4
	4.2	1,75	3,0
	3.9	0,7	2,4
	3.5	0,7	2,25

ARE	6.3	1.0	1.5
	5.5	1.0	1.5
	4.8	0.3	1.0

0,00 0,25 0,50 0,75 1,00 1,25 1,50 1,75 2,00 2,25 2,50 2,75 3,00 3,25 3,50 3,75 4,00 4,25 4,50 4,75 5,00 5,25 5,50 5,75 6,00 6,5 7,0 7,5 8,0 8,5 9,0 9,5 10,0 10,5 11,0 11,5 12,0

ESPESOR MAXIMO A FIJAR						
Longitud	ST 3,5	ST 3,9	ST 4,2	ST 4,8	ST 5,5	ST 6,3
9,5	2,85					
11	4,2					
13	6,2	5,8	4,3	3,7		
16	9,2	8,8	7,3	5,5		
19	12,1	11,7	10,3	8,7	8,7	7
22	15,1	14,7	13,3	11,7	11,7	10
25	18,1	17,7	16,3	14,7	14,7	13
32	25,1	24,5	23	21,5	21,5	20
38		30,5	29	27,5	27,5	26
45			36	34,5	34,5	33
50			41	39,5	39,5	38
60				49,5	49,5	48
63				52,5	52,5	51
73				62,5	62,5	61
75				64,5	64,5	63
80				69,5		68
90				79,5		78
100				89,5		88
110						98
120						108
130						118
140						128

RESISTENCIA CARACTERÍSTICA DEL TORNILLO*

MEDIDA	TRACCION [KN]	CORTADURA [KN]
ST 2.9	2.62	1.31
ST 3.5	3.81	1.91
ST 3.9	4.64	2.32
ST 4.2	5.26	2.63
ST 4.8	7.11	3.56
ST 5.5	9.63	4.82
ST 6.3	13.36	6.68

1 KN ≈ 100 Kg

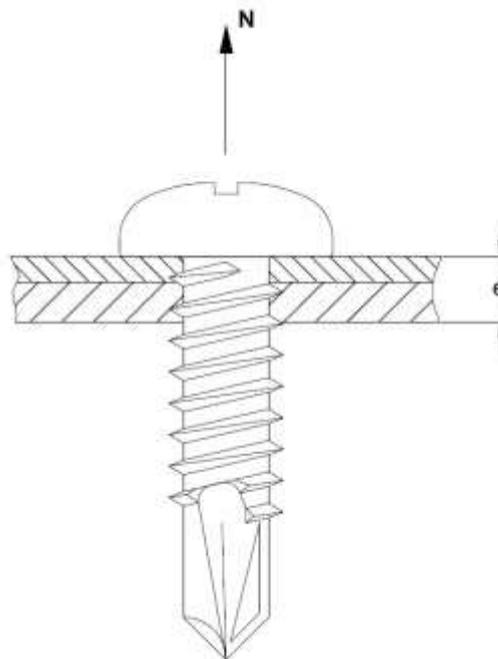
En las cargas a tracción se deberá tener en cuenta la propia resistencia de la chapas a unir, que habitualmente será inferior a la resistencia del tornillo en sí, ya que el tornillo probablemente rasgará las chapas.

CARGA RECOMENDADA A EXTRACCIÓN EN CHAPA DE ACERO

MEDIDA	CARGA RECOMENDADA					
	e[mm]	N[kN]	e[mm]	N[kN]	e[mm]	N[kN]
ST 3.5	0.8	0.55	1.5	0.89	2.0	1.13
ST 3.9	0.8	0.54	1.5	0.97	2.0	1.50
ST 4.2	2.0	1.63	2.5	1.51	3.0	2.62
ST 4.8	2.0	1.87	3.0	2.77	4.0	3.71
ST 5.5	2.0	1.77	3.5	2.86	5.0	3.43
ST 6.3	2.5	1.44	4.0	3.19	5.0	4.83

CARGA RECOMENDADA A EXTRACCIÓN EN CHAPA DE ALUMINIO

MEDIDA	CARGA RECOMENDADA					
	e[mm]	N[kN]	e[mm]	N[kN]	e[mm]	N[kN]
ST 4.8	2.0	0.95	3.0	1.52	4.0	2.10



2. DATOS DE INSTALACIÓN

2.1 - ABE – DIN 7504-K

Tornillo autotaladrante de cabeza hexagonal con arandela estampada



Propiedades



Acero



Recubrimiento cincado



Disponible en diferentes colores

Material base



Ensamblaje chapa



Perfiles chapa

Propiedades



Hexagonal con arandela estampada



Hexagonal con arandela estampada

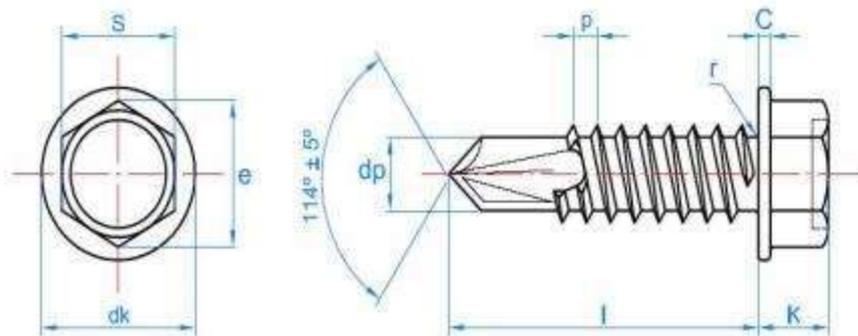


Punta broca

Datos de Instalación

CODIGO		ST 3.5	ST 4.2	ST 4.8	ST 5.5	ST 6.3
dk: diám. arandela cabeza	[mm]	8	8.5	10	10.5	12.6
k: espesor cabeza	[mm]	3.3	4.1	4.3	4.3	6.3
c: espesor arandela	[mm]	1.2	1.5	1.6	1.9	2
s: llave fija	[mm]	6	7	8	8	10
D: diámetro exterior rosca	[mm]	3.53	4.22	4.80	5.46	6.25
d: diámetro interior rosca	[mm]	2.64	3.10	3.58	4.17	4.88
p: paso rosca	[mm]	1.3	1.4	1.6	1.8	1.8
l: longitudes	[mm]	9.5 - 32	13 - 38	13 - 38	19- 75	19 - 240
Código punta de instalación (boca magnética hexagonal)		BOCA006	BOCA007	BOCA008	BOCA008	BOCA010
Capacidad de taladrado	[mm]	0.70 - 2.25	1.75 - 3.00	1.75 - 4.40	1.75 - 5.25	2.50 - 6.00

PLANO



- Acabado cincado.
- Uso general en uniones chapa-chapa.
- Versiones con arandela EPDM montada para cierre estanco en fachadas y cubiertas (consultar Ficha Técnica ARVUL).



2.2 – ABEI – DIN-7504-K A2

Tornillo autotaladrante de cabeza hexagonal con arandela estampada inoxidable A2



Propiedades



Acero Inoxidable A2

Material base



Ensamblaje chapa



Perfiles chapa



Aluminio

Propiedades



Hexagonal con arandela estampada



Hexagonal con arandela estampada

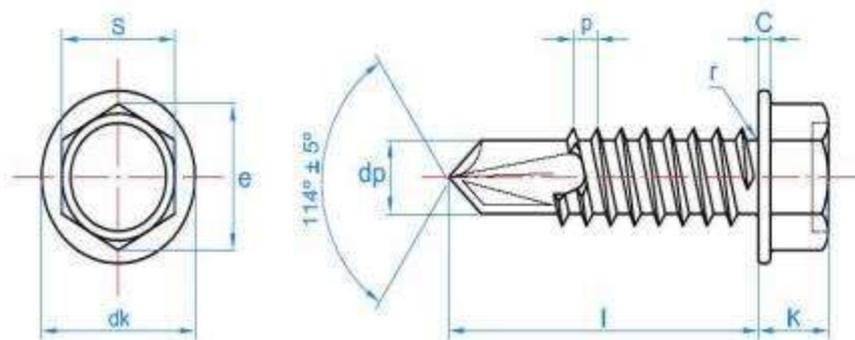


Punta broca

Datos de Instalación

CODIGO		ST 4.2	ST 4.8	ST 5.5	ST 6.3
dk: diám. arandela cabeza	[mm]	8.5	10	10.5	12.6
k: espesor cabeza	[mm]	4.1	4.3	4.3	6.3
c: espesor arandela	[mm]	1.5	1.6	1.9	2
s: llave fija	[mm]	7	8	8	10
D: diámetro exterior rosca	[mm]	4.22	4.80	5.46	6.25
d: diámetro interior rosca	[mm]	3.10	3.58	4.17	4.88
p: paso rosca	[mm]	1.4	1.6	1.8	1.8
l: longitudes	[mm]	13 - 38	13 - 38	19- 75	19 - 140
Código punta de instalación (boca magnética hexagonal)		BOCA007	BOCA008	BOCA008	BOCA010
Capacidad de taladrado	[mm]	1.75 - 3.00	1.75 - 4.40	1.75 - 5.25	2.50 - 6.00

PLANO



- Acero inoxidable A2
- Uso general en uniones chapa-chapa de aluminio.

2.3 – ARE – DIN-7504-K RE

Tornillo autotaladrante de punta reducida y cabeza hexagonal de 8 mm

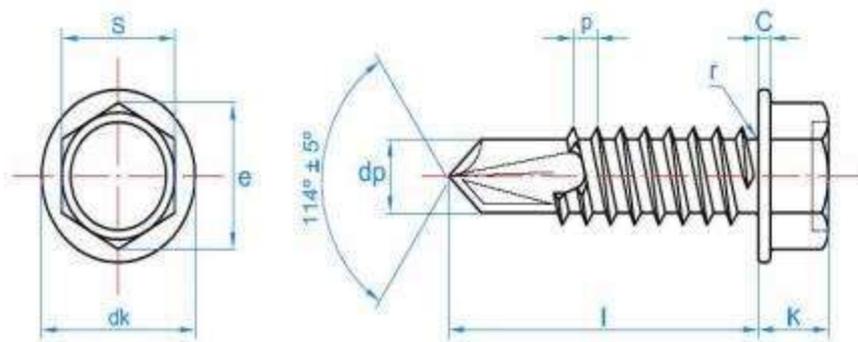
	Propiedades		
	<p>Acero</p>	<p>Recubrimiento cincado</p>	<p>Disponible en diferentes colores</p>

Material base			Propiedades		
<p>Ensamblaje chapa</p>	<p>Perfiles chapa</p>	<p>Aluminio</p>	<p>Hexagonal con arandela estampada</p>	<p>Hexagonal con arandela estampada</p>	<p>Punta broca</p>

Datos de Instalación

CODIGO		ST 4.8	ST 5.5	ST 6.3
dk: diám. arandela cabeza	[mm]	11	11	11
k: espesor cabeza	[mm]	4.45	5.45	5.45
c: espesor arandela	[mm]	1.15	1.25	1.25
s: llave fija	[mm]	8	8	8
D: diámetro exterior rosca	[mm]	4.80	5.46	6.25
d: diámetro interior rosca	[mm]	3.58	4.17	4.88
p: paso rosca	[mm]	1.6	1.8	1.8
l: longitudes	[mm]	16 - 19	22	20 - 80
Código punta de instalación (boca magnética hexagonal)		BOCA008	BOCA008	BOCA008
Capacidad de taladrado	[mm]	0.0 - 1.0	1.0 - 1.5	1.0 - 1.5

PLANO

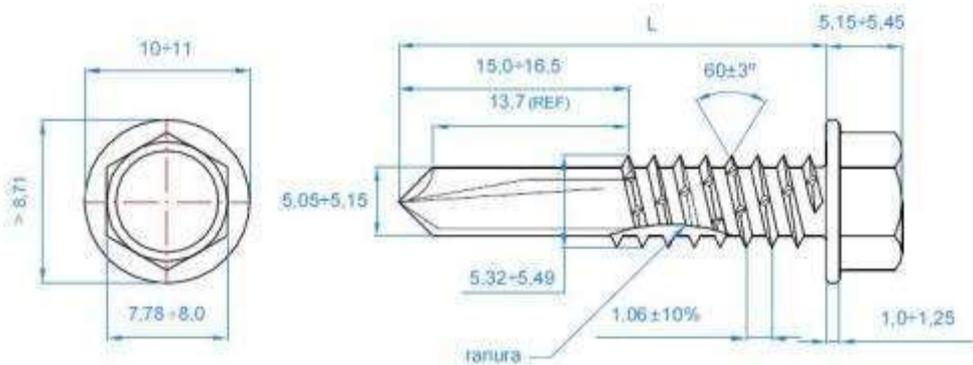


- Acabado cincado.
- Uniones chapa-chapa de pequeño espesor, hasta 1.5 mm. La broca realiza un taladro previo de menor diámetro. La rosca, de mayor diámetro, crea una extrusión en la chapa, alargando y reforzando la zona de roscado.
- Taladrar en la parte alta de la gama de revoluciones de la tabla del apartado 5.
- Versiones con arandela EPDM montada para cierre estanco en fachadas y cubiertas (consultar Ficha Técnica ARVUL).



2.4 - AUTO

Tornillo para viga autotaladrante con punta broca nº5 y cabeza hexagonal

			Propiedades		
			 <p>Acero</p>	 <p>Recubrimiento cincado</p>	 <p>Disponible en diferentes colores</p>
Material base			Propiedades		
 <p>Ensamblaje chapa</p>	 <p>Perfiles chapa</p>	 <p>IPN</p>	 <p>Hexagonal con arandela estampada</p>	 <p>Hexagonal con arandela estampada</p>	 <p>Punta broca viga</p>
Datos de Instalación					
CODIGO			M 5.5		
dk: diámetro arandela cabeza	[mm]		11		
k: espesor cabeza	[mm]		5.3		
c: espesor arandela	[mm]		1.15		
s: llave fija	[mm]		8		
Punta			#5		
D: diámetro exterior rosca	[mm]		5.5		
d: diámetro interior rosca	[mm]		4.6		
p: paso rosca	[mm]		1.06		
l: longitudes	[mm]		32 - 38		
Código punta de instalación (boca magnética hexagonal)			BOCA008		
Capacidad de taladrado	[mm]		4.0 – 12.0		
PLANO					
					

- Acabado cincado.
- Uso general en uniones chapa-chapa para espesores hasta 12 mm.
- Versiones con arandela EPDM montada para cierre estanco en fachadas y cubiertas (consultar Ficha Técnica ARVUL).



www.segui.com.es



Cubiertas



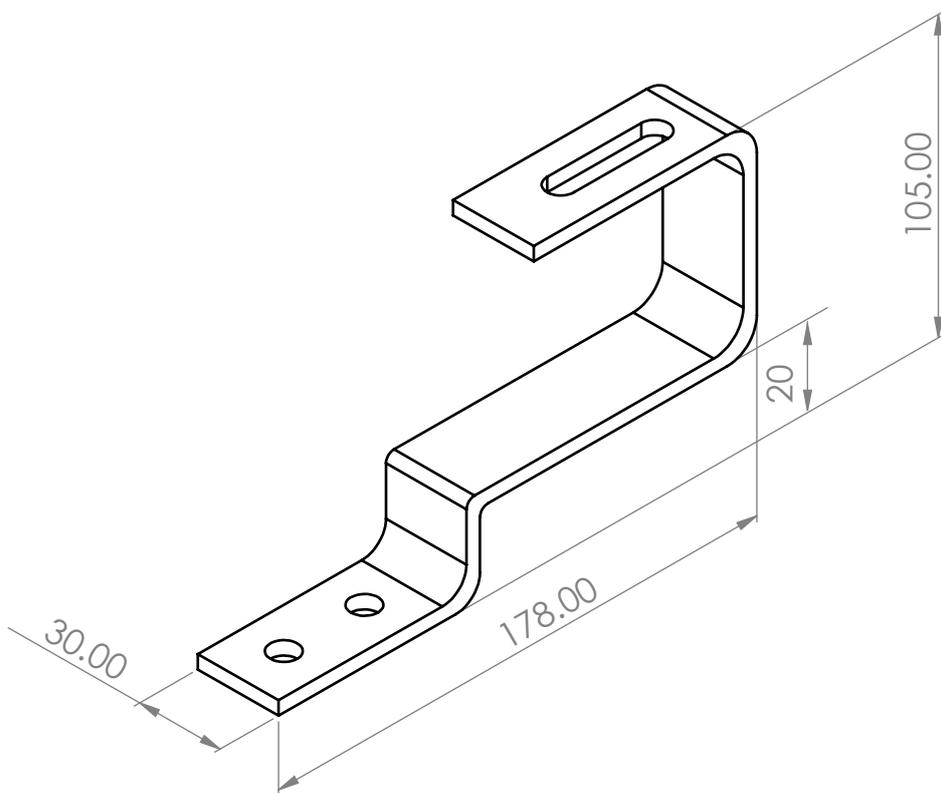
Huertos Solares



Accesorios

SALVATEJEJA

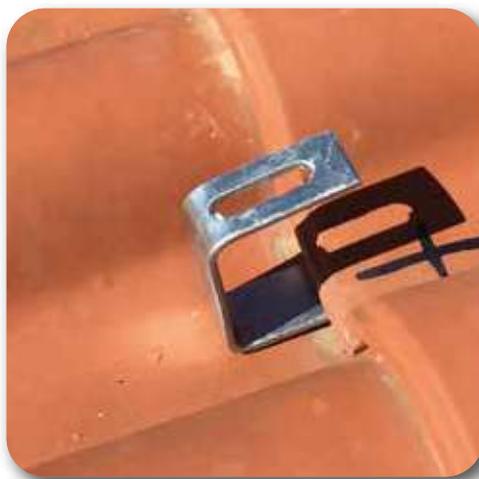
Ref. TEJA



Nuestro sistema de salvatejas es idóneo para cubiertas con teja. Con este sistema se evita la perforación y la aparición de las filtraciones de agua.

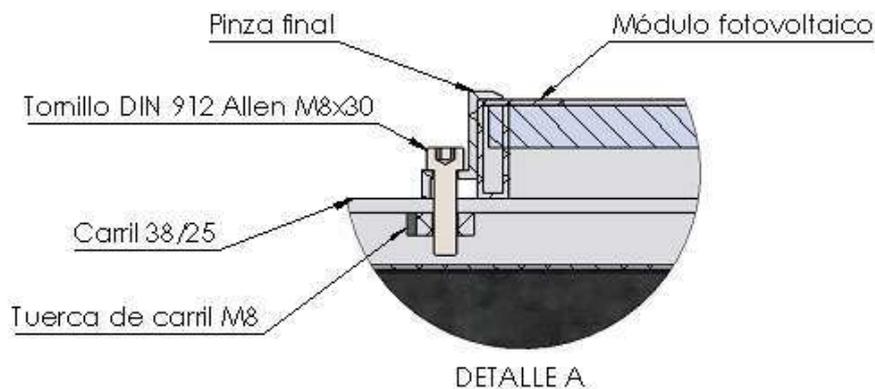
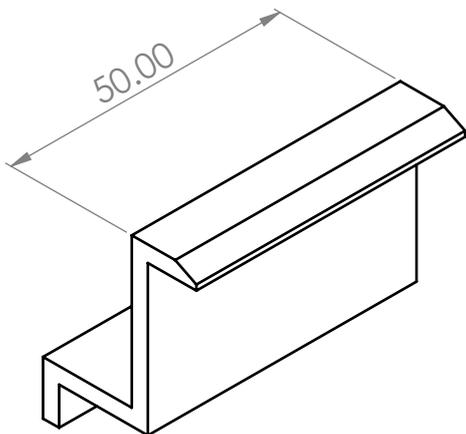


ACERO GALVANIZADO



PINZA FINAL

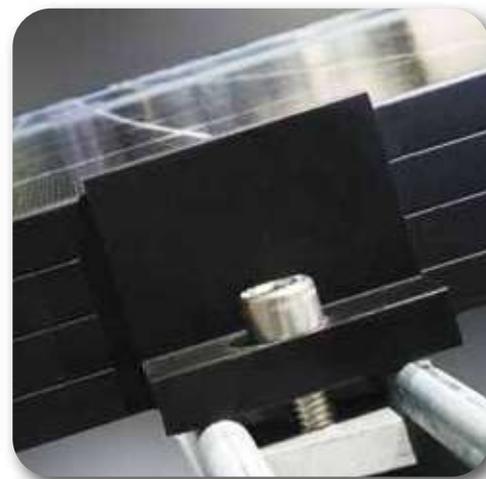
Ref. FIN



Nuestro sistema de pinzas es sencillo y rápido de montar asegurando una fijación óptima de los paneles. Podemos ofrecer varios tamaños dependiendo del grosor del panel. Disponemos acabado aluminio y negro. La altura de la pinza corresponde a X

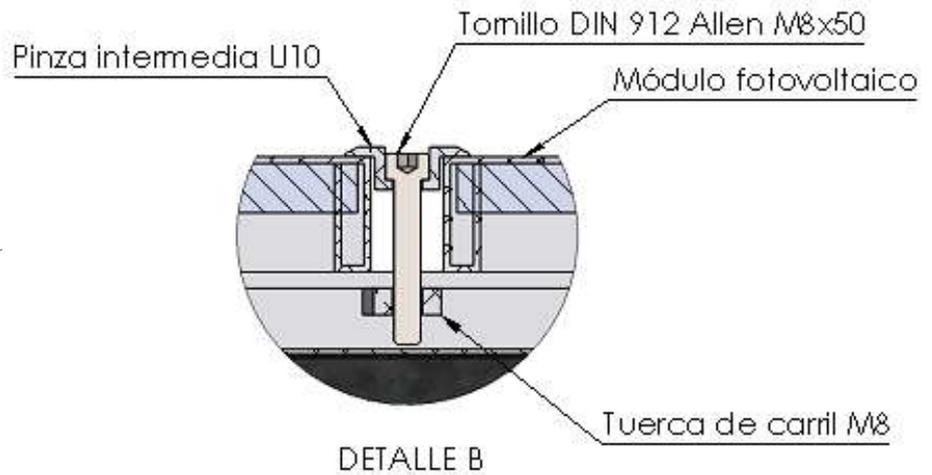
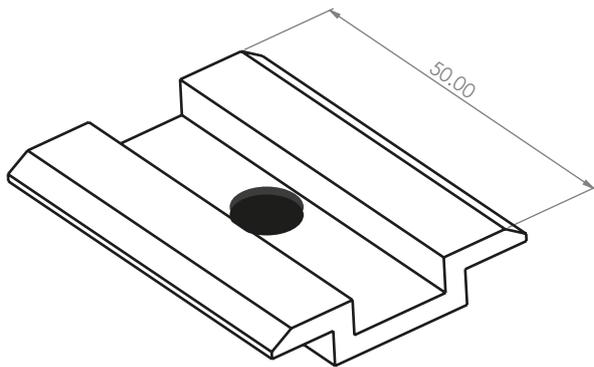


ALUMINIO

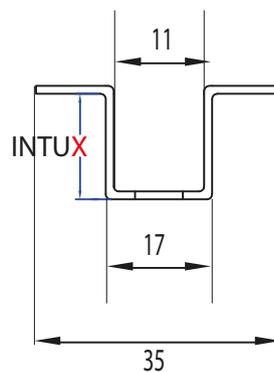


PINZA intermedia

Ref. INTU



Nuestro sistema de pinzas es sencillo y rápido de montar asegurando una fijación óptima de los paneles. Podemos ofrecer varios tamaños dependiendo del grosor del panel. Disponemos acabado aluminio y negro. La altura de la pinza corresponde a **X**

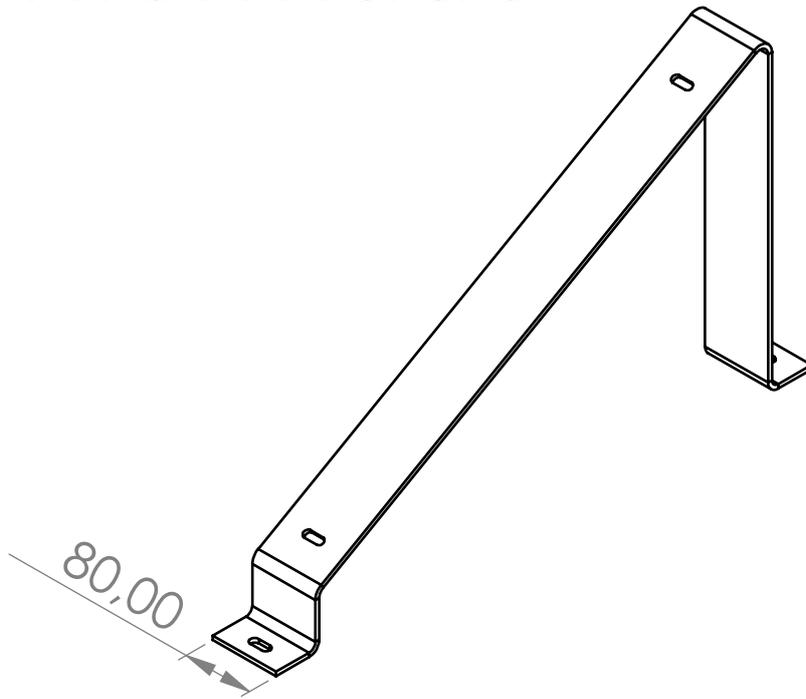


ALUMINIO

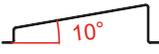


TRIÁNGULO conformado

Ref. TR()GC



Nuestro sistema de triángulos conformados se puede adaptar a las necesidades de inclinación que se necesiten en el proyecto.

				
TR10GC	TR15GC	TR20GC	TR25GC	TR30GC

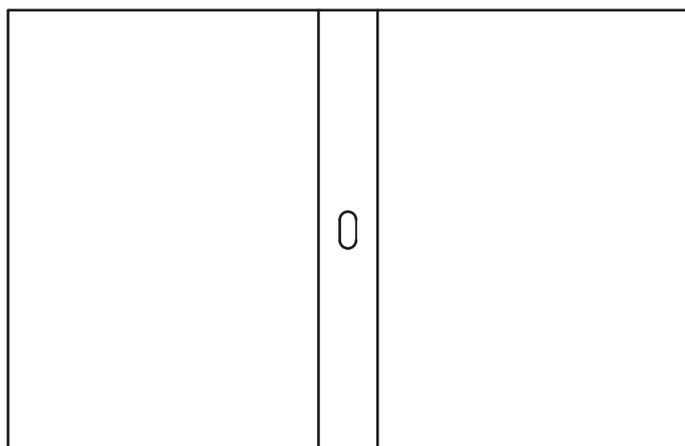
ALUMINIO

* Consulta otros ángulos por necesidades de proyecto



CHAPA bordillo

Ref. CHBORDILLO



Nuestra chapa bordillo se utiliza en nuestro sistema de estructura lastrada. Ésta se encarga de unir el bordillo a la estructura sin tener que perforar, pudiendo reutilizar el bordillo si fuera necesario. Las medidas son personalizadas a cada proyecto

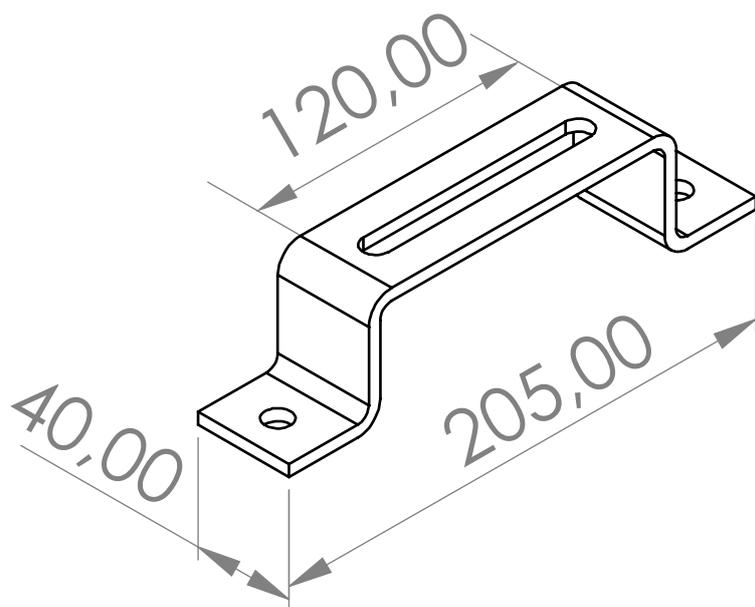


ALUMINIO



PUENTE Abarcón

Ref. ABARCON



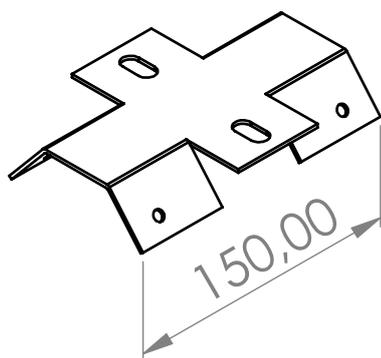
Nuestro puente abarcón es una solución cuando la cubierta no está orientada correctamente y se desea tener la máxima producción en el proyecto. Con este sistema se puede orientar la estructura independientemente de la orientación de la cubierta.

ACERO GALVANIZADO

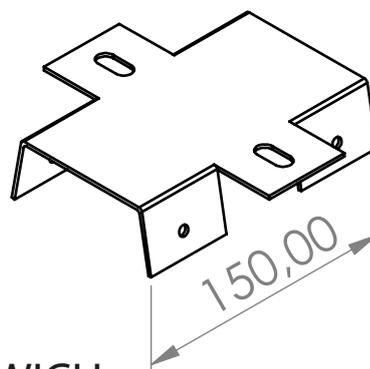


SALVAGRECA

Ref. GRECA



GRECA



SANDWICH

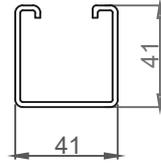
El salvagreca se utilizado como apoyo y anclaje, evitando así que descansa la estructura sobre las greca de la cubierta.

ACERO GALVANIZADO CALIENTE

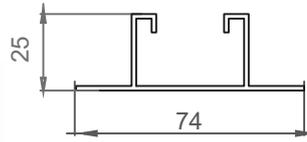
ACERO INOXIDABLE



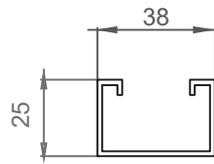
CARRIL



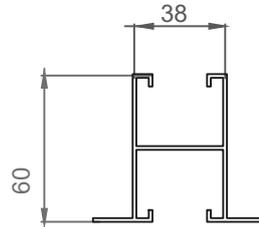
Ref. 41x41



Ref. 74x25



Ref. 38x25



Ref. 38x60

Nuestra gama de carriles están compuestos por perfiles de acero y de aluminio. Los perfiles se utilizarán como estructura y/o soportación de placas solares. Estos disponen de una gran versatilidad en el montaje de cualquier tipo de módulos, garantizándonos así una buena sujeción con nuestro sistema de pinzas intermedias y finales. Los perfiles que se utiliza tienen una alta resistencia mecánica y a la corrosión, así como una gran ligereza que ayuda a la hora del montaje de la estructura.

			
41x41	74x25	38x25	38x60
6m	6,4m	6,4m	7m
ACERO	ALUMINIO	ALUMINIO	ALUMINIO

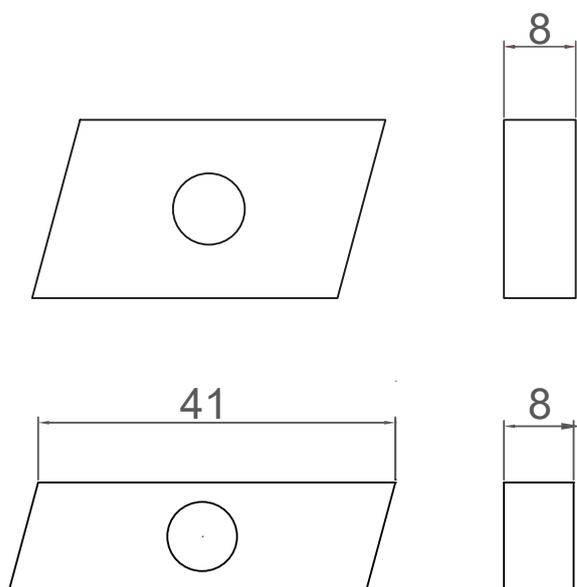


TUERCA Carril

Ref. TC()

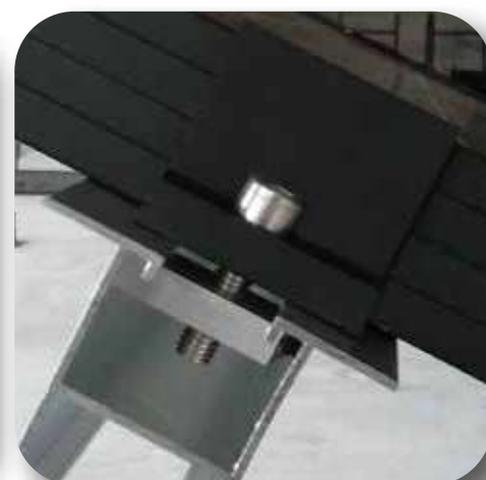
Ref. TCA()

Ref. TCPLANA



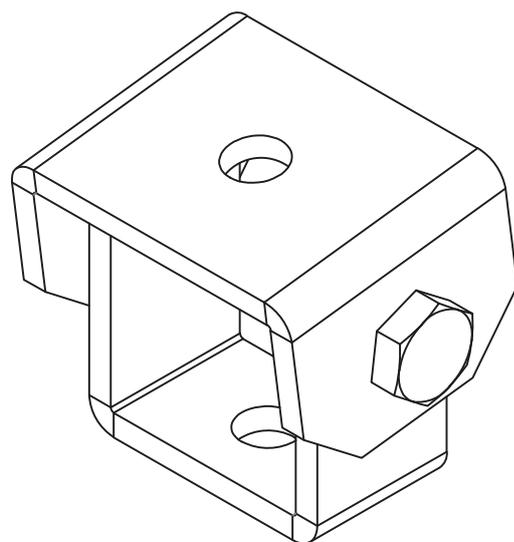
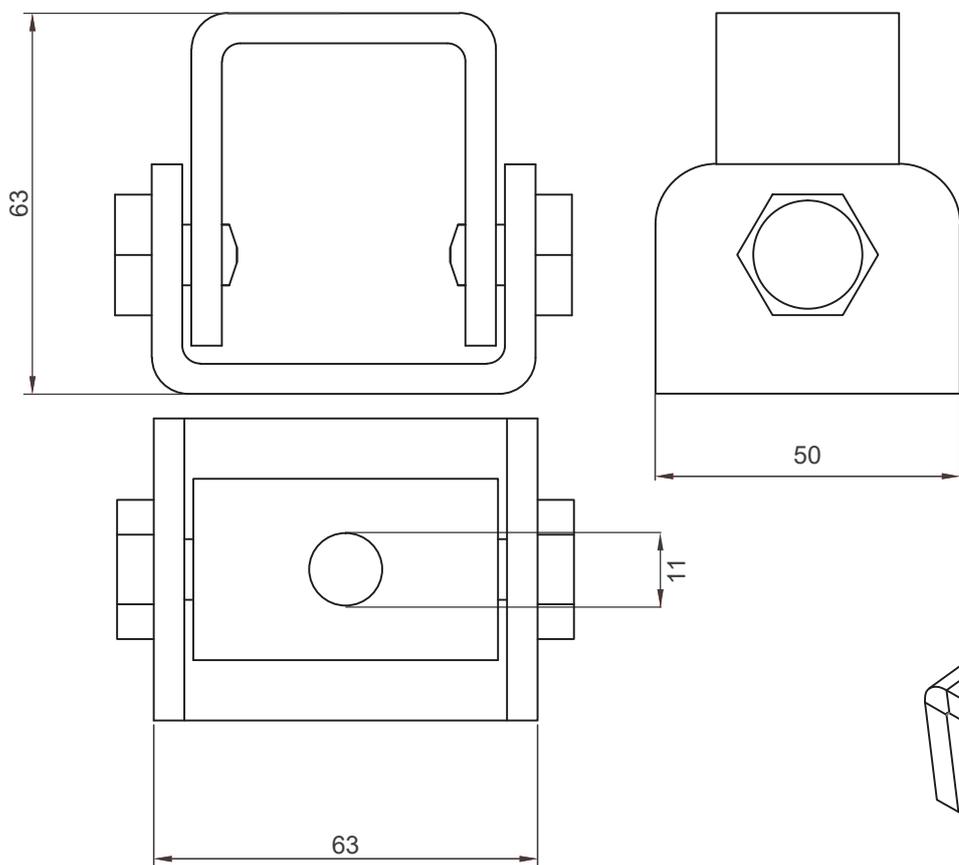
Las tuercas de carril son elementos de fijación para los tornillos que se autobloquean con las paredes del perfil cuando se aprieta. Esta tuerca carril dispone de unas medidas especiales que hacen que solo se utilice en nuestro perfil, dependiendo del perfil se utilizará una u otra.

		
38-41	41-41	CORREA
TC	TCA	TCPLANA
M8/M10	M8/M10	M8
ALUMINIO	ACERO	ALUMINIO



RÓTULA

Ref. RÓTULA



Utilizada para fijación de piezas que deban permanecer a una inclinación diferente respecto a otra pieza o superficie

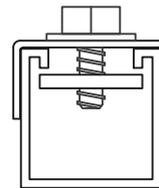
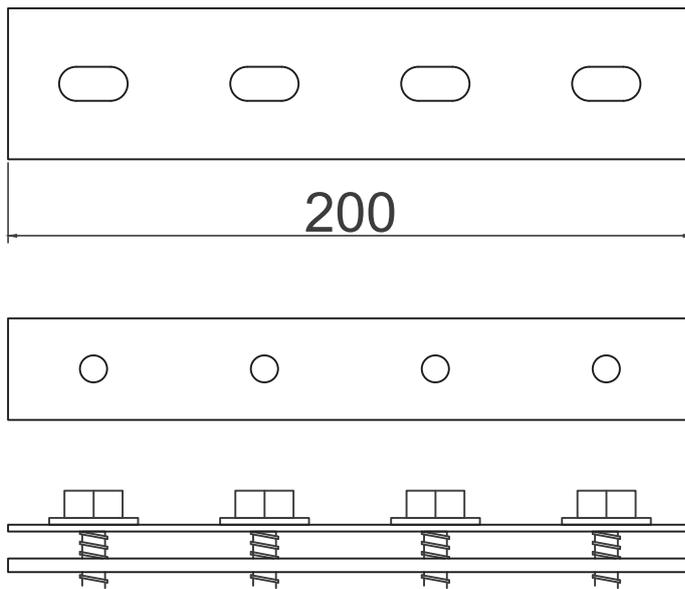
ACERO GALVANIZADO



UNIÓN DE CARRIL

Ref. UNCARIN

Ref. UNCARG



Unión utilizada para conectar dos carriles y mantener gracias a ella la consistencia y rigidez de una única pieza. Disponemos de diferentes uniones ajustables a distintos tipos de carriles.

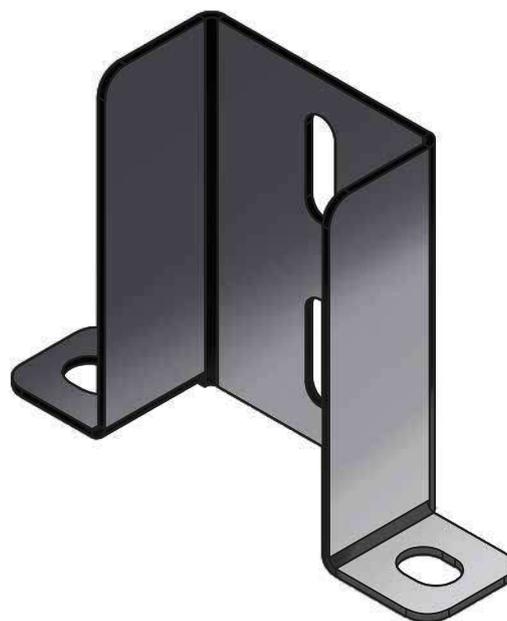
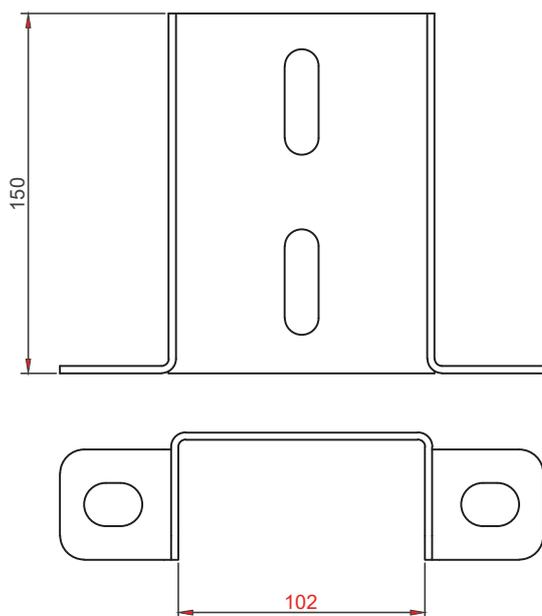
- Realizada diferentes espesores, según el material.
- Este elemento se realiza a su vez con cuatro uniones atornilladas, ajustables longitudinalmente.

	
38	41
UNCARIN	UNCARG
INOX	ACERO



PIE PÓRTICO

Ref. PIEPOR



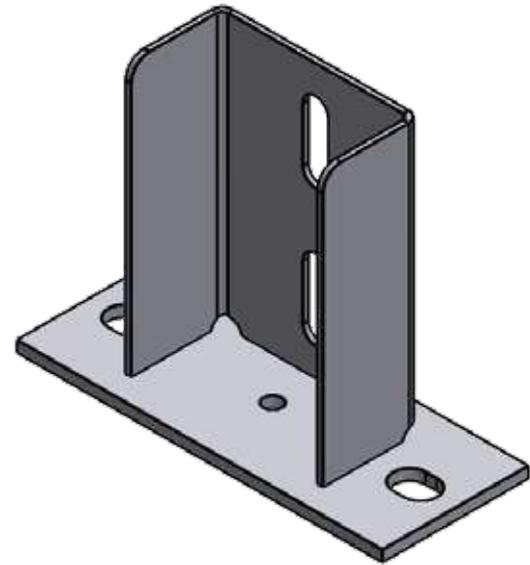
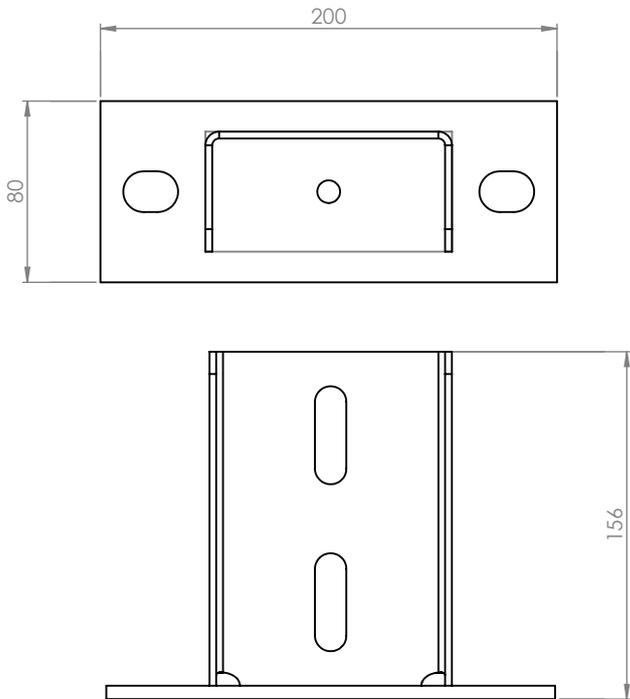
Utilizada para fijación de piezas que deban permanecer ancladas a 90° con respecto a otra pieza o superficie.

ACERO
GALVANIZADO FRIO



PIE PÓRTICO

Ref. PIEPORGC



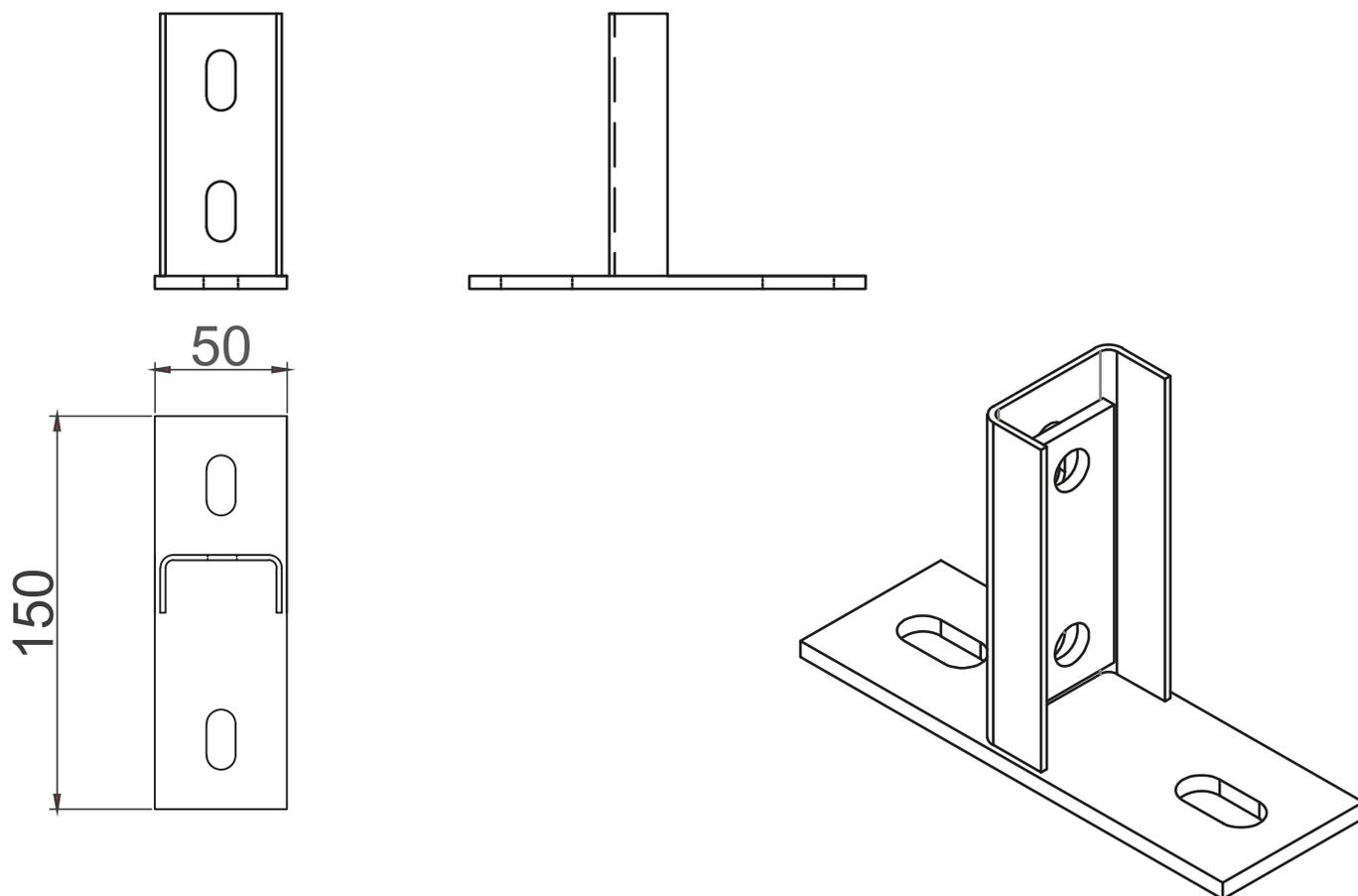
Utilizada para fijación de piezas que deban permanecer ancladas a 90° con respecto a otra pieza o superficie.

ACERO
GALVANIZADO CALIENTE



PIE RECTO

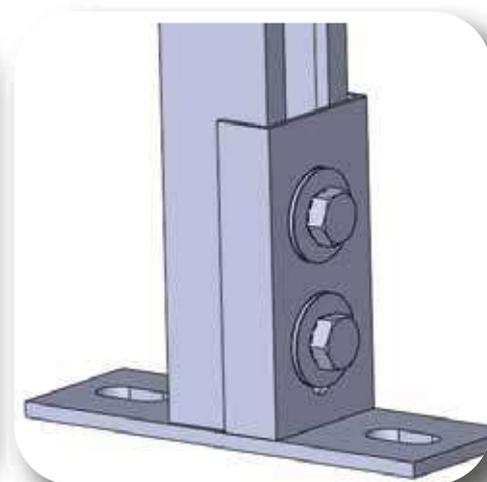
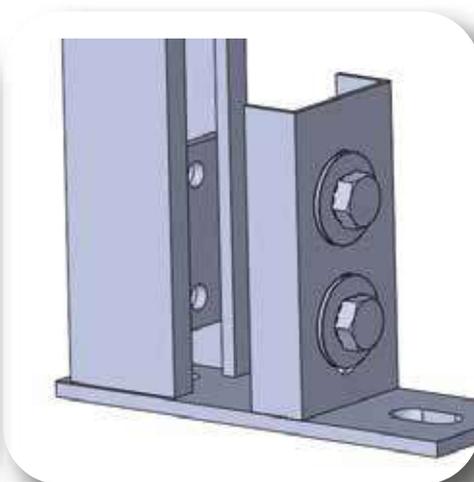
Ref. RECTO



Utilizada para fijación de piezas que deban permanecer ancladas a 90° con respecto a otra pieza o superficie.

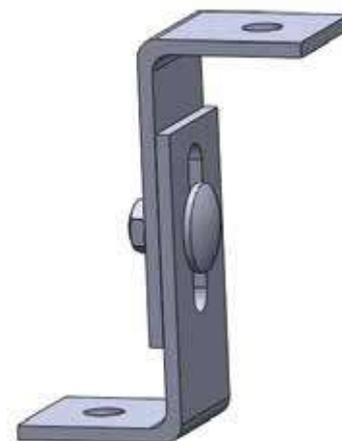
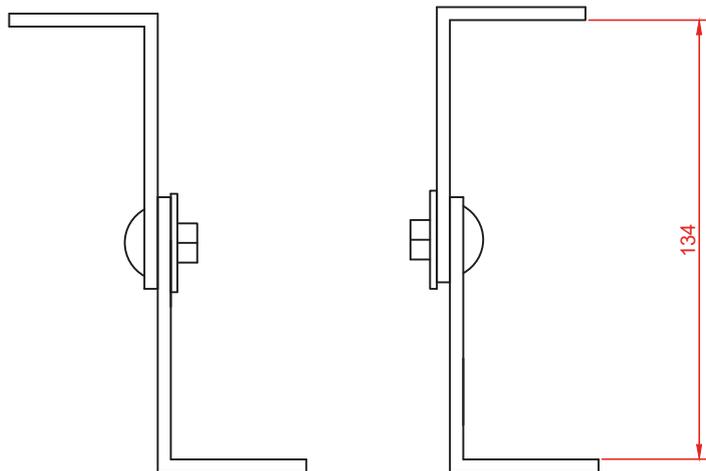
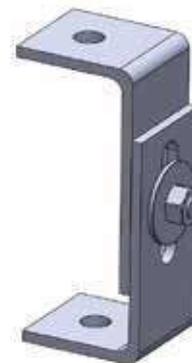
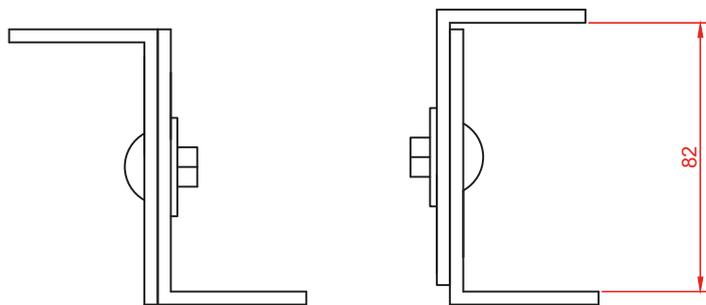
ACERO
GALVANIZADO CALIENTE

ZINCADO



PINZA TÉRMICA

Ref. PINTER



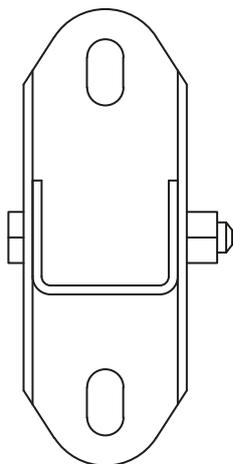
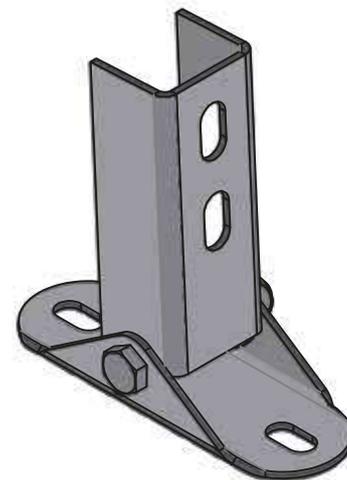
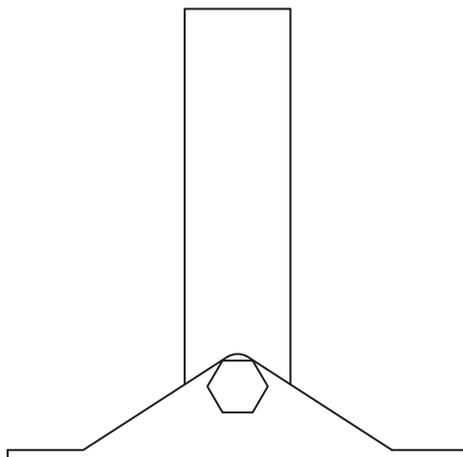
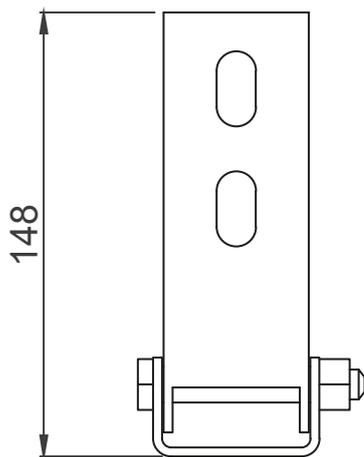
Utilizada para fijación de piezas que deban permanecer ancladas a 90° con respecto a otra pieza o superficie.

ACERO



APOYO ARTICULADO

Ref. 447038D



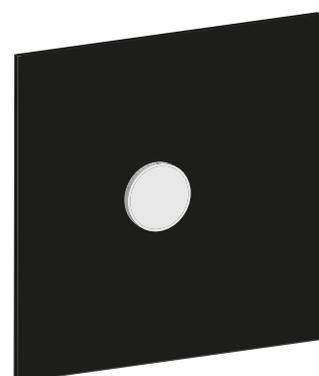
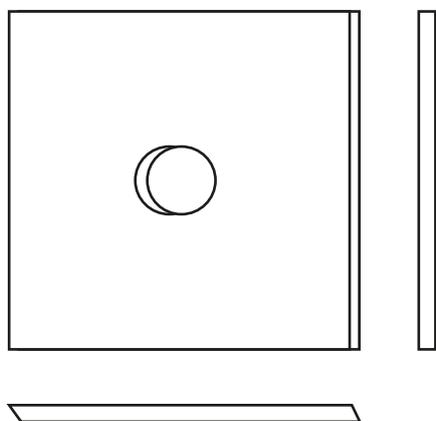
Utilizada para fijación de piezas que necesiten un ángulo con respecto a otra pieza o superficie.

ACERO
GALVANIZADO CALIENTE



GOMA CAUCHO

Ref. 30X30X3



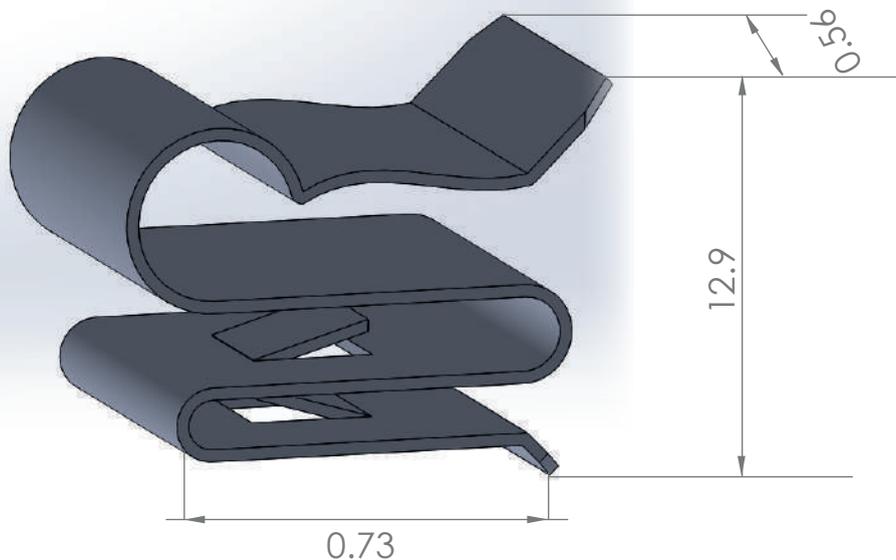
Goma base aislante para evitar filtraciones de agua en la cubierta

CAUCHO



CLIP CABLE

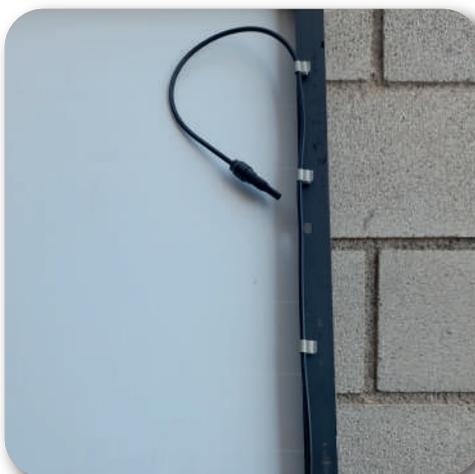
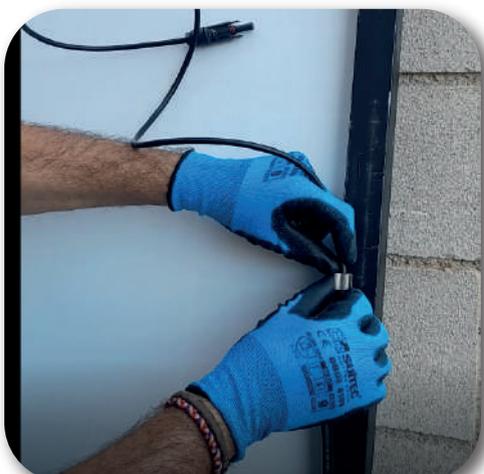
Ref. CLIP



Clip Cable metálico para sujetar cables

- Sencilla colocación
- Apto para todo tipo de paneles
- Resistente en el exterior
- Sujección de 2 cables

ACERO GALVANIZADO



General information

Designation

Aluminum, 3105, H14, wrought

Condition	H14 (Strain-hardened only)
UNS number	A93105
EN name	EN AW-3105 (EN AW-AI Mn0,5Mg0,5)
EN number	3.0505

Typical uses

Building cladding sheet, boiler-making & fabrication, domestic electrical appliances - washing machine tubs.

Composition overview

Compositional summary

Al96-99.5 / Mn0.3-0.8 / Mg0.2-0.8 (impurities: Fe<0.7, Si<0.6, Zn<0.4, Cu<0.3, Cr<0.2, Ti<0.1, Other<0.15)

Material family	Metal (non-ferrous)
Base material	Al (Aluminum)

Composition detail (metals, ceramics and glasses)

Al (aluminum)	* 96	-	99.5	%
Cr (chromium)	0	-	0.2	%
Cu (copper)	0	-	0.3	%
Fe (iron)	0	-	0.7	%
Mg (magnesium)	0.2	-	0.8	%
Mn (manganese)	0.3	-	0.8	%
Si (silicon)	0	-	0.6	%
Ti (titanium)	0	-	0.1	%
Zn (zinc)	0	-	0.4	%
Other	0	-	0.15	%

Price

Price	* 1.63	-	1.82	EUR/kg
Price per unit volume	* 4.34e3	-	4.97e3	EUR/m ³

Physical properties

Density	2.67e3	-	2.73e3	kg/m ³
---------	--------	---	--------	-------------------

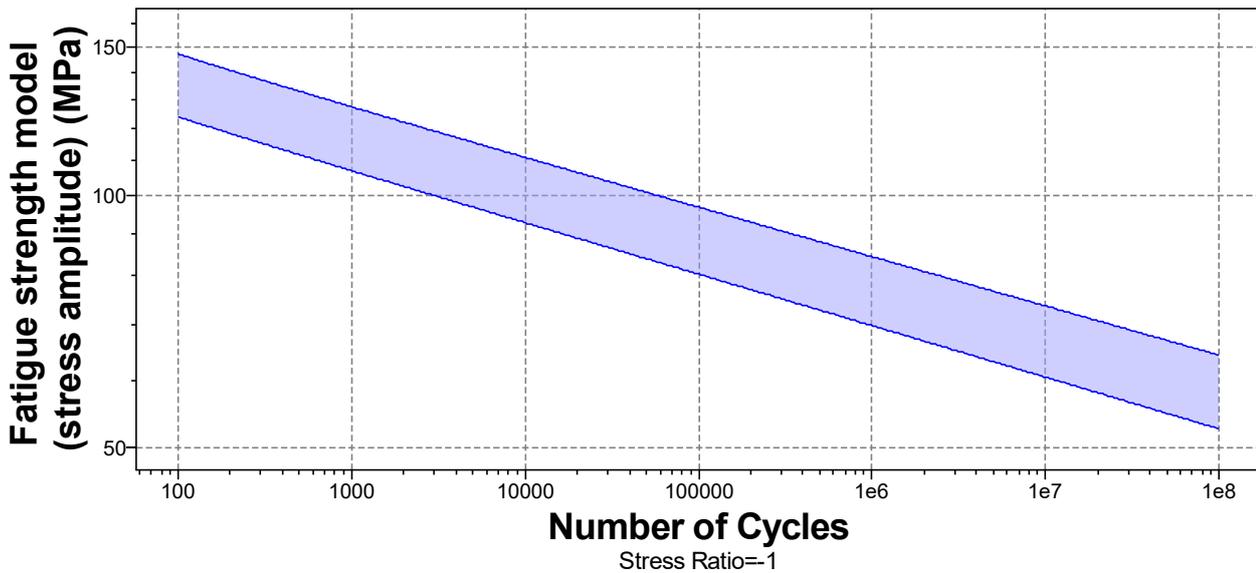
Mechanical properties

Young's modulus	69	-	72	GPa
Specific stiffness	25.5	-	26.7	MN.m/kg
Yield strength (elastic limit)	143	-	158	MPa
Tensile strength	171	-	189	MPa
Specific strength	52.9	-	58.6	kN.m/kg
Elongation	1.9	-	2.2	% strain
Compressive strength	* 143	-	158	MPa
Flexural modulus	* 69	-	72	GPa
Flexural strength (modulus of rupture)	143	-	158	MPa
Shear modulus	25	-	27	GPa
Bulk modulus				

GRANTA EDUPACK

	64	-	71	GPa
Poisson's ratio	0.325	-	0.335	
Shape factor	36			
Hardness - Vickers	49	-	55	HV
Elastic stored energy (springs)	145	-	177	kJ/m ³
Fatigue strength at 10 ⁷ cycles	* 66.7	-	66.9	MPa
Fatigue strength model (stress amplitude)	* 60.6	-	73.7	MPa

[Parámetros:](#) Stress Ratio = -1, Number of Cycles = 1e7cycles



Impact & fracture properties

Fracture toughness	* 30	-	35	MPa.m ^{0.5}
Toughness (G)	12.8	-	17.3	kJ/m ²

Thermal properties

Melting point	625	-	650	°C
Maximum service temperature	130	-	150	°C
Minimum service temperature	-273			°C
Thermal conductivity	169	-	175	W/m.°C
Specific heat capacity	879	-	915	J/kg.°C
Thermal expansion coefficient	23.4	-	24.6	µstrain/°C
Thermal shock resistance	83.8	-	94.3	°C
Thermal distortion resistance	* 6.95	-	7.39	MW/m
Latent heat of fusion	384	-	393	kJ/kg

Electrical properties

Electrical resistivity	3.9	-	4.1	µohm.cm
Electrical conductivity	42.1	-	44.2	%IACS
Galvanic potential	* -0.79	-	-0.71	V

Magnetic properties

Magnetic type	Non-magnetic			
---------------	--------------	--	--	--

Optical, aesthetic and acoustic properties

Transparency	Opaque
Acoustic velocity	5.05e3 - 5.17e3 m/s
Mechanical loss coefficient (tan delta)	* 1e-4 - 0.002

Critical materials risk

Contains >5wt% critical elements?	Yes
-----------------------------------	-----

Processing properties

Metal casting	Unsuitable
Metal cold forming	Excellent
Metal hot forming	Acceptable
Metal press forming	Excellent
Metal deep drawing	Acceptable
Machining speed	137 m/min
Weldability	Excellent
Notes	Preheating and post weld heat treatments are not required

Durability

Water (fresh)	Excellent
Water (salt)	Acceptable
Weak acids	Excellent
Strong acids	Excellent
Weak alkalis	Acceptable
Strong alkalis	Unacceptable
Organic solvents	Excellent
Oxidation at 500C	Unacceptable
UV radiation (sunlight)	Excellent
Galling resistance (adhesive wear)	Limited use

Notes

Aluminum alloys perform poorly when self-mated but can be processed without galling when mated with steels.

Flammability	Non-flammable
--------------	---------------

Corrosion resistance of metals

Stress corrosion cracking	Slightly susceptible
Notes	Rated in chloride; Other susceptible environments: Halide, water

Primary production energy, CO2 and water

Embodied energy, primary production (virgin grade)	* 184 - 203 MJ/kg
Embodied energy, primary production (typical grade)	* 112 - 132 MJ/kg
CO2 footprint, primary production (virgin grade)	* 13.1 - 14.5 kg/kg
CO2 footprint, primary production (typical grade)	* 8.12 - 9.48 kg/kg
Water usage	* 1.14e3 - 1.26e3 l/kg

Processing energy, CO2 footprint & water

Roll forming, forging energy	* 3.81 - 4.21 MJ/kg
Roll forming, forging CO2	* 0.286 - 0.316 kg/kg
Roll forming, forging water	* 3.18 - 4.77 l/kg
Extrusion, foil rolling energy	* 7.34 - 8.11 MJ/kg
Extrusion, foil rolling CO2	* 0.55 - 0.608 kg/kg

Extrusion, foil rolling water	* 4.69	-	7.03	l/kg
Wire drawing energy	* 26.7	-	29.5	MJ/kg
Wire drawing CO2	* 2	-	2.22	kg/kg
Wire drawing water	* 10.1	-	15.1	l/kg
Metal powder forming energy	* 23.1	-	25.5	MJ/kg
Metal powder forming CO2	* 1.85	-	2.04	kg/kg
Metal powder forming water	* 25.2	-	37.7	l/kg
Vaporization energy	* 1.55e4	-	1.71e4	MJ/kg
Vaporization CO2	* 1.16e3	-	1.28e3	kg/kg
Vaporization water	* 6.46e3	-	9.69e3	l/kg
Coarse machining energy (per unit wt removed)	* 1	-	1.11	MJ/kg
Coarse machining CO2 (per unit wt removed)	* 0.0753	-	0.0832	kg/kg
Fine machining energy (per unit wt removed)	* 5.76	-	6.37	MJ/kg
Fine machining CO2 (per unit wt removed)	* 0.432	-	0.478	kg/kg
Grinding energy (per unit wt removed)	* 11.1	-	12.2	MJ/kg
Grinding CO2 (per unit wt removed)	* 0.829	-	0.916	kg/kg
Non-conventional machining energy (per unit wt removed)	* 155	-	171	MJ/kg
Non-conventional machining CO2 (per unit wt removed)	* 11.6	-	12.8	kg/kg

Recycling and end of life

Recycle	✓			
Embodied energy, recycling	* 32.1	-	35.4	MJ/kg
CO2 footprint, recycling	* 2.52	-	2.78	kg/kg
Recycle fraction in current supply	42.8	-	47.3	%
Downcycle	✓			
Combust for energy recovery	✗			
Landfill	✓			
Biodegrade	✗			

Notes

Other notes

Prices of Aluminum alloys fluctuate greatly and are dependent on batch size, unit size, forming methods, etc.

Standards with similar compositions

- Australia:
3105 to AS 1734, 3105 to AS 2848.1
- Europe:
EN AW-3105 to CEN EN 573-3, EN AW-3105A to CEN EN 573-3
- Germany:
3.0505/AlMn0.5Mg0.6 to DIN 1725-1
- International:
AlMn0.5Mg0.5 to ISO 209-1
- Japan:
A3104P to JIS H4000, A3105P to JIS H4000
- Norway:
17404 to NS 17404
- UK:
3105 to BS 1470
- USA:
3006, 3015, 3016, 3105, 3105 to ASTM B209M, 3105A, 3105B, UNS A93006, UNS A93015, UNS A93016, UNS A93105
- Venezuela:
3105 to COPANT 862
- Yugoslavia:
3.3551.00/AlMn0.5Mg0.5 to JUS C.C2.100
- Tradenames:
ALUMINUM 3105

Enlaces

[ProcessUniverse](#)

[Producers](#)

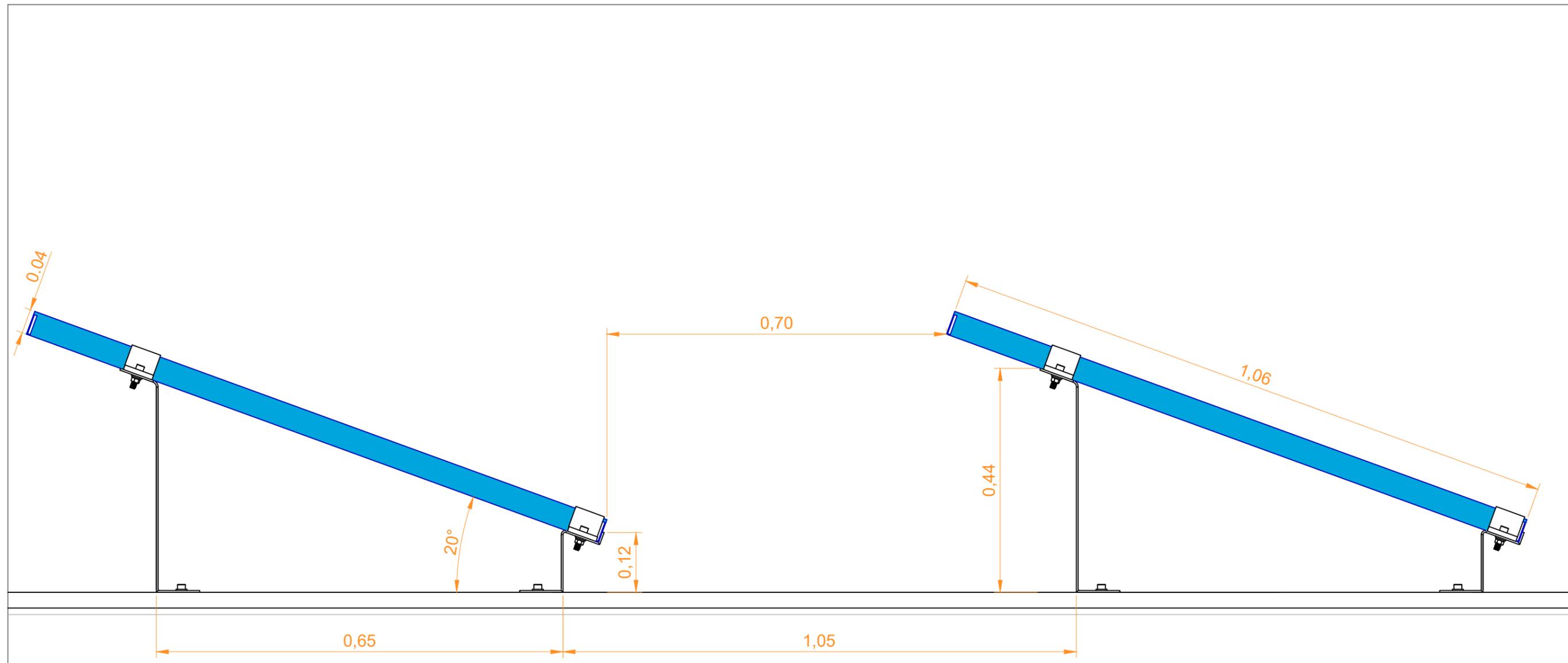
[Reference](#)

[Shape](#)

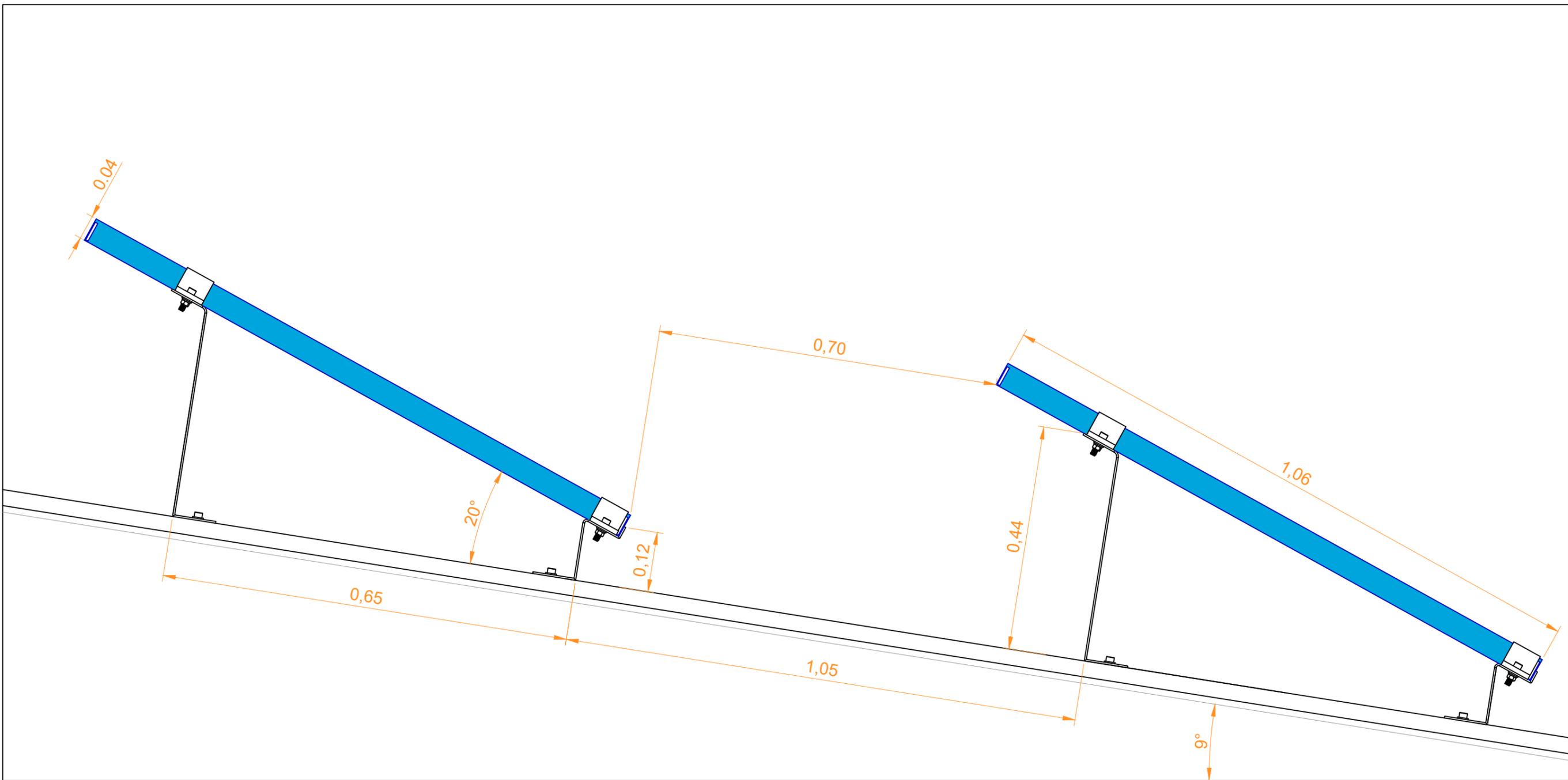
DOCUMENTO N°4: PLANOS

ÍNDICE DOCUMENTO Nº4: PLANOS

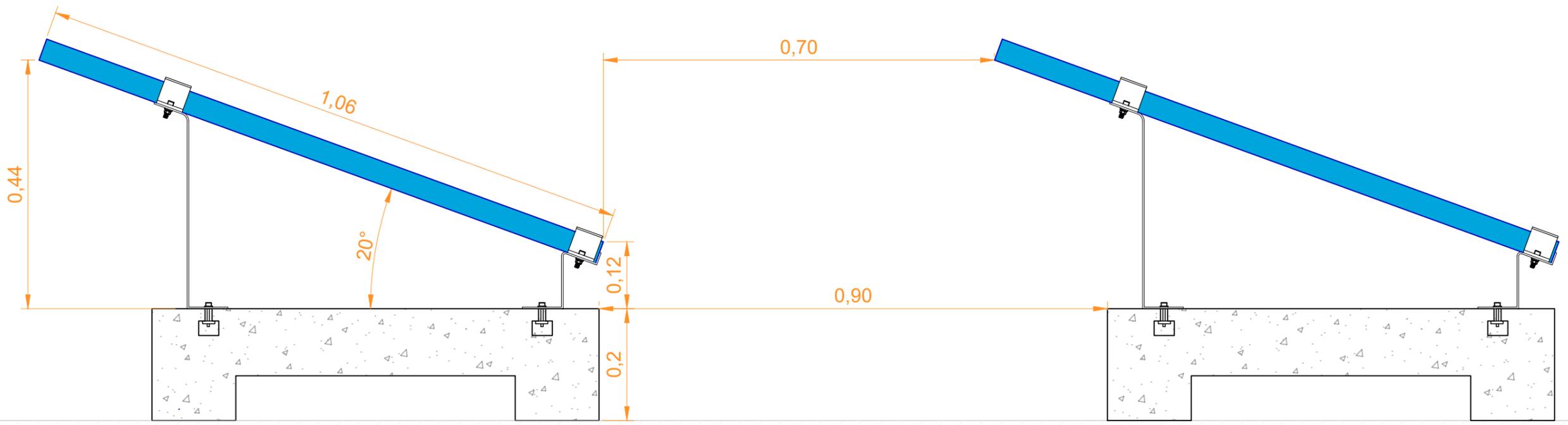
- PLANO Nº1:** INSTALACIÓN SOBRE CUBIERTA PLANA.
- PLANO Nº2:** INSTALACIÓN SOBRE CUBIERTA INCLINADA.
- PLANO Nº3:** INSTALACIÓN SOBRE LASTRE DE HORMIGÓN.
- PLANO Nº4:** INSTALACIÓN COPLANAR MEDIANTE SALVAGRECA.
- PLANO Nº5:** INSTALACIÓN COPLANAR MEDIANTE SALVATEJA.
- PLANO Nº6:** ENSAMBLAJE PATA DE SOPORTE DELANTERA.
- PLANO Nº7:** ENSAMBLAJE PATA DE SOPORTE TRASERA.
- PLANO Nº8:** DIMENSIONES PATAS DE SOPORTE DELANTERA.
- PLANO Nº9:** DIMENSIONES PATAS DE SOPORTE TRASERA.
- PLANO Nº10:** DIMENSIONES PINZA INTERMEDIA.
- PLANO Nº11:** DIMENSIONES PINZA FINAL.
- PLANO Nº12:** DIMENSIONES PERFIL SOLAR-FLAT.
- PLANO Nº13:** DIMENSIONES LASTRE HORMIGÓN.
- PLANO Nº14:** MECANIZADO PATAS DE SOPORTE 20°.
- PLANO Nº15:** MECANIZADO PATAS DE SOPORTE 25°.
- PLANO Nº16:** MECANIZADO PATAS DE SOPORTE 30°.
- PLANO Nº17:** DIMENSIONES MOLDE LASTRE HORMIGÓN.
- PLANO Nº18:** EJEMPLO EMPLAZAMIENTO INSTALACIÓN 100 KW.



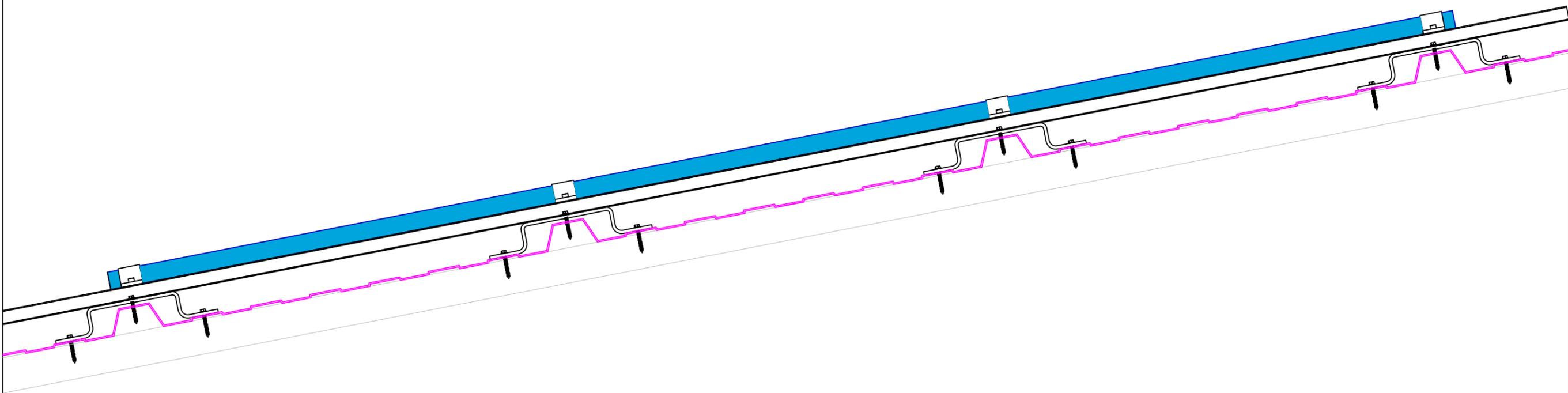
Dibujado:	26/06/2022	Lámina nº:	TÍTULO:
Modificado:	26/06/2022	1	DISEÑO Y ESTUDIO TÉCNICO DE UN SISTEMA ESTRUCTURAL MODULAR PARA ANCLAJE DE PLACAS SOLARES
Comprobado:	xx/xx/xxxx	Fecha:	
TOLERANCIA: ISO 2768-m		JUNIO 2022	
ESCALA: 1/7	PLANO: DETALLE SECCIÓN INSTALACIÓN 20° SOBRE CUBIERTA PLANA		 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI
	NOMBRE: ÓSCAR MANTAS BIOSCA		



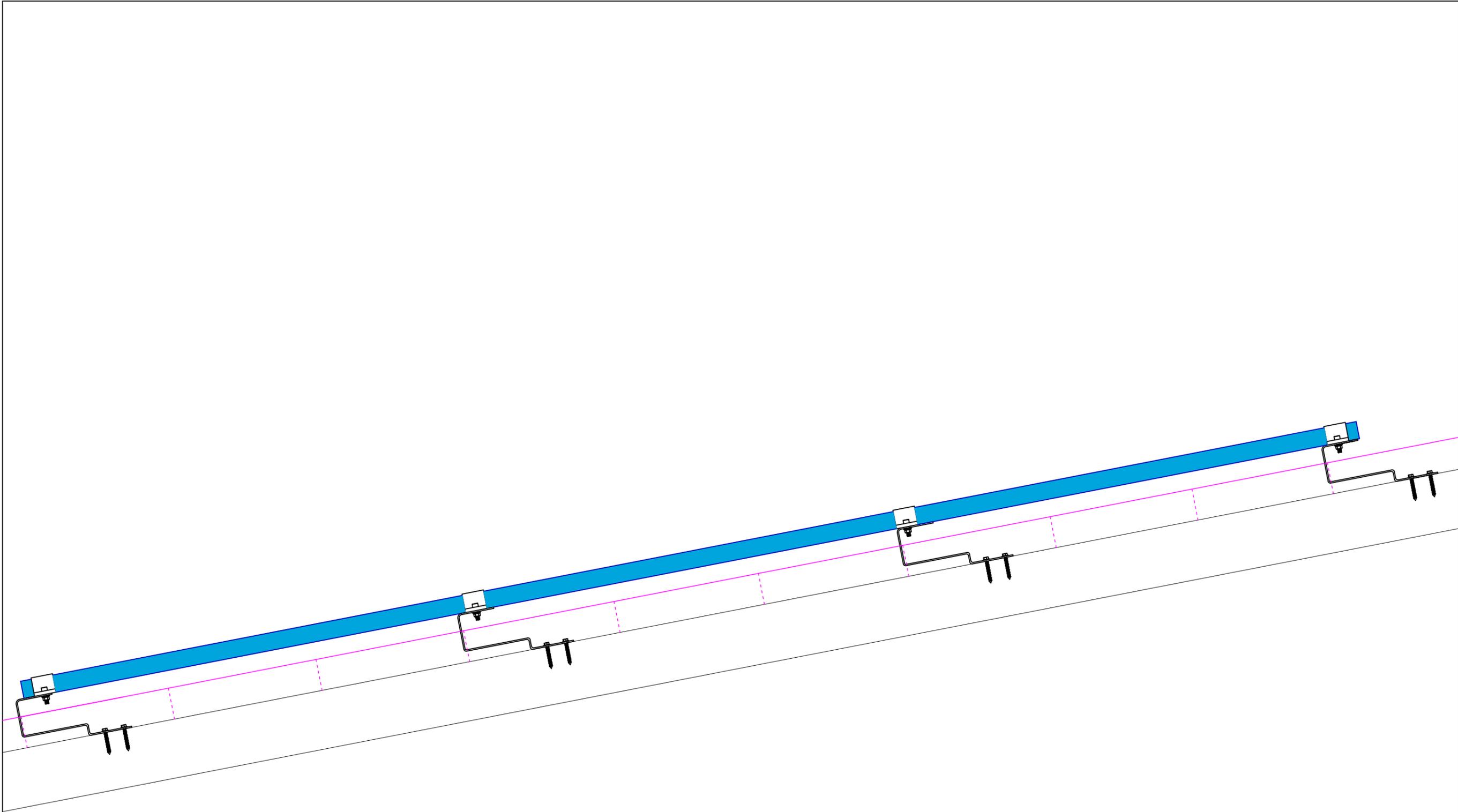
Dibujado:	26/06/2022	Lámina nº:	TÍTULO:
Modificado:	26/06/2022	2	DISEÑO Y ESTUDIO TÉCNICO DE UN SISTEMA ESTRUCTURAL MODULAR PARA ANCLAJE DE PLACAS SOLARES
Comprobado:	xx/xx/xxxx	Fecha:	
TOLERANCIA: ISO 2768-m		JUNIO 2022	
ESCALA: 1/7	PLANO: DETALLE SECCIÓN INSTALACIÓN 20° SOBRE CUBIERTA INCLINADA		 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI
	NOMBRE: ÓSCAR MANTAS BIOSCA		



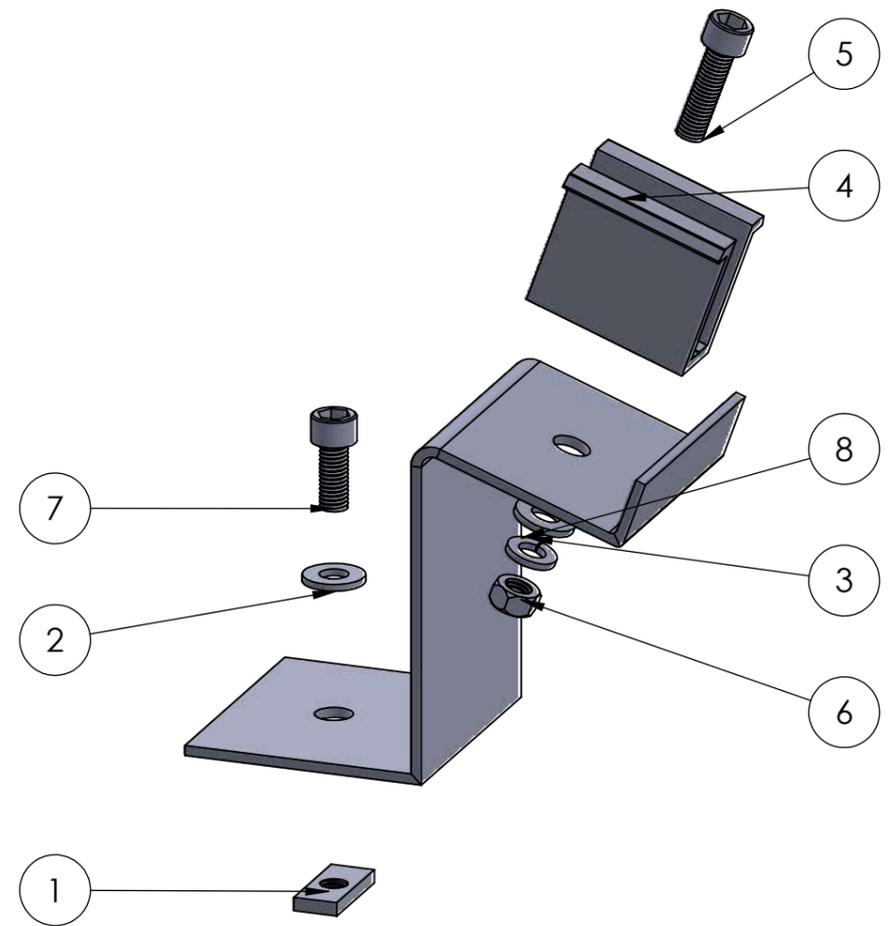
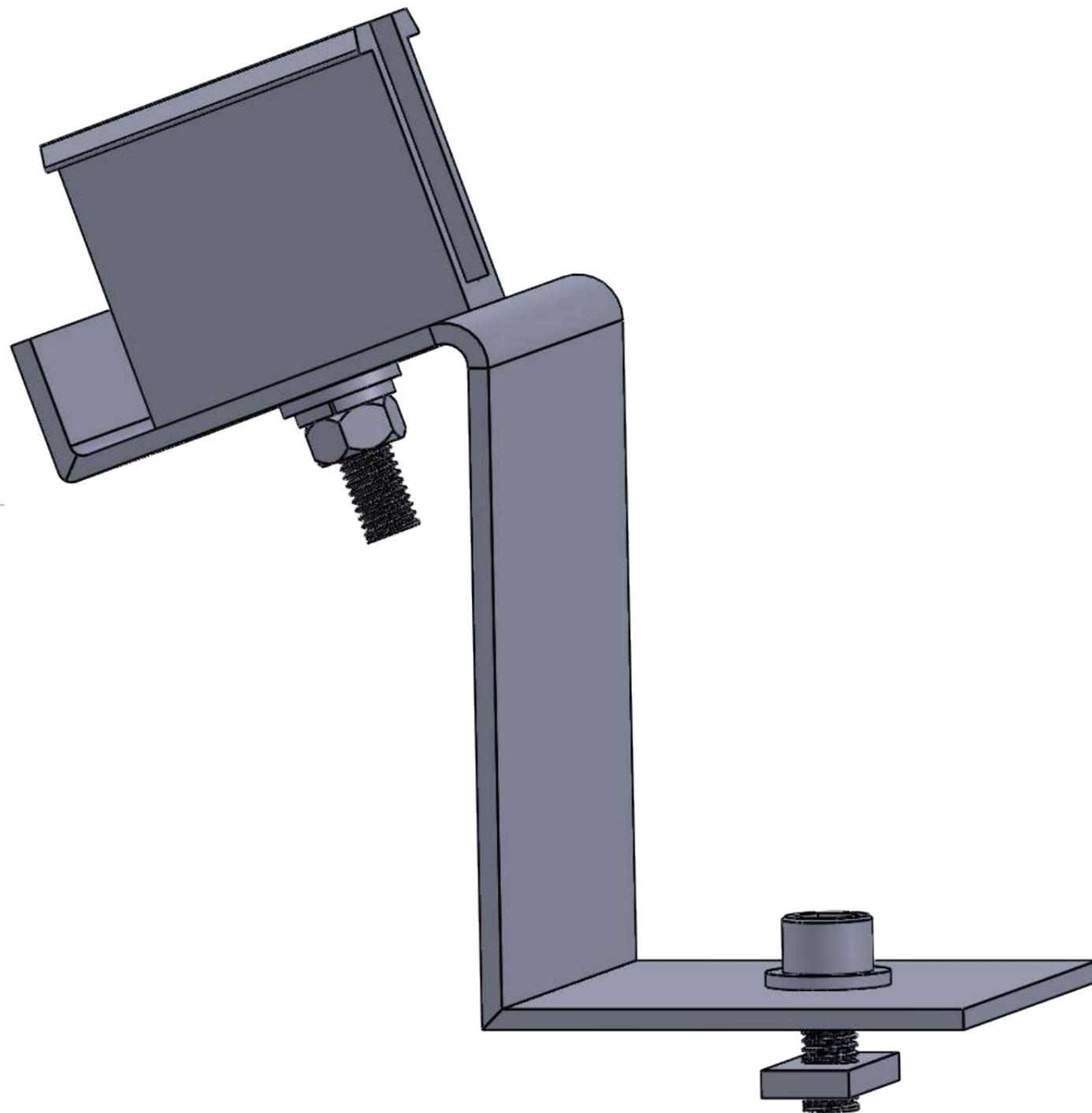
Dibujado:	26/06/2022	Lámina nº:	TÍTULO:
Modificado:	26/06/2022	3	DISEÑO Y ESTUDIO TÉCNICO DE UN SISTEMA ESTRUCTURAL MODULAR PARA ANCLAJE DE PLACAS SOLARES
Comprobado:	xx/xx/xxxx	Fecha:	
TOLERANCIA: ISO 2768-m		JUNIO 2022	
ESCALA: 1/7	PLANO: DETALLE SECCIÓN INSTALACIÓN 20° SOBRE SUELO MEDIANTE LASTRE DE HORMIGÓN PLANO		 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI
	NOMBRE: ÓSCAR MANTAS BIOSCA		



Dibujado:	27/06/2022	Lámina nº:	TÍTULO:
Modificado:	27/06/2022	4	DISEÑO Y ESTUDIO TÉCNICO DE UN SISTEMA ESTRUCTURAL MODULAR PARA ANCLAJE DE PLACAS SOLARES
Comprobado:	xx/xx/xxxx	Fecha:	
TOLERANCIA: ISO 2768-m		JUNIO 2022	
ESCALA:	PLANO: DETALLE SECCIÓN INSTALACIÓN COPLANAR MEDIANTE SALVA GRECA		 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI
1/10	NOMBRE: ÓSCAR MANTAS BIOSCA		

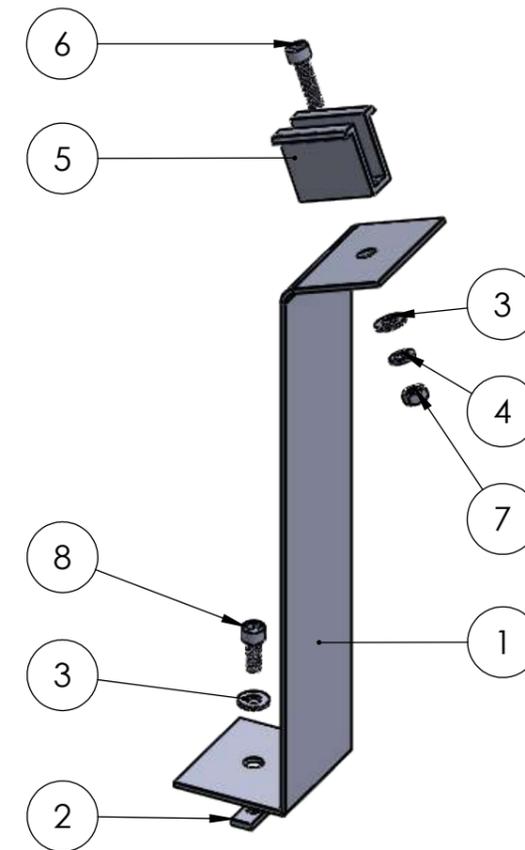
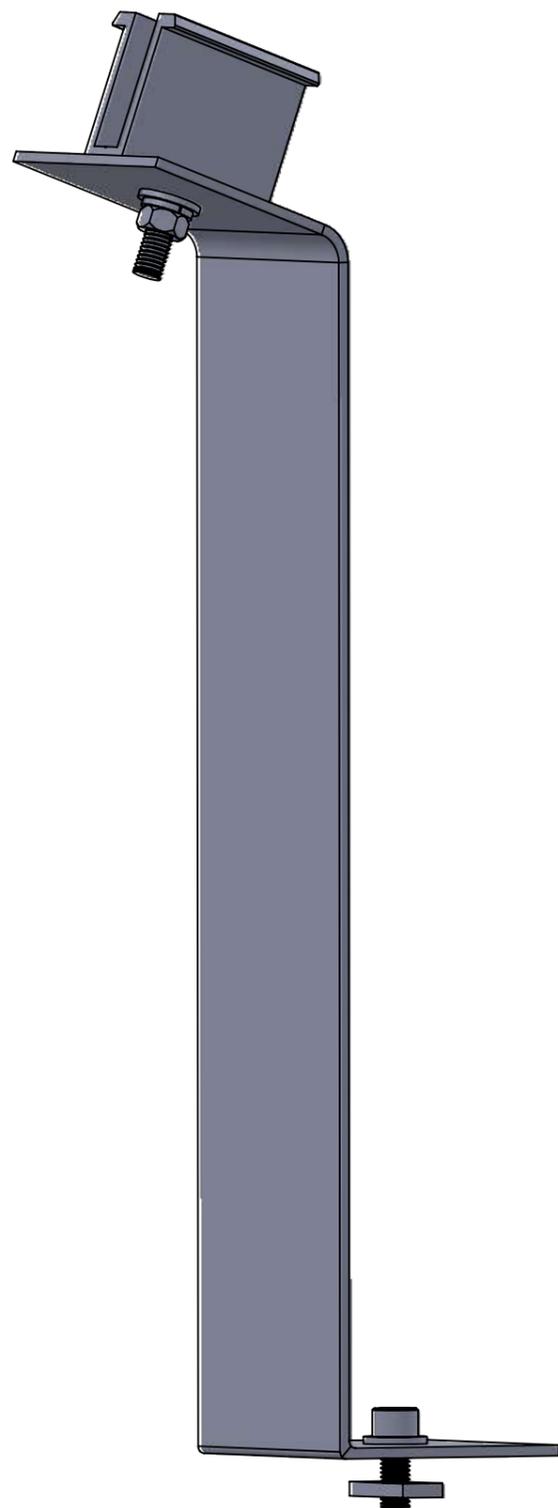


Dibujado:	27/06/2022	Lámina nº:	TÍTULO:
Modificado:	27/06/2022	5	DISEÑO Y ESTUDIO TÉCNICO DE UN SISTEMA ESTRUCTURAL MODULAR PARA ANCLAJE DE PLACAS SOLARES
Comprobado:	xx/xx/xxxx	Fecha:	
TOLERANCIA: ISO 2768-m		JUNIO 2022	
ESCALA:	PLANO: DETALLE SECCIÓN INSTALACIÓN COPLANAR MEDIANTE SALVATEJA		 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI
1/10	NOMBRE: ÓSCAR MANTAS BIOSCA		



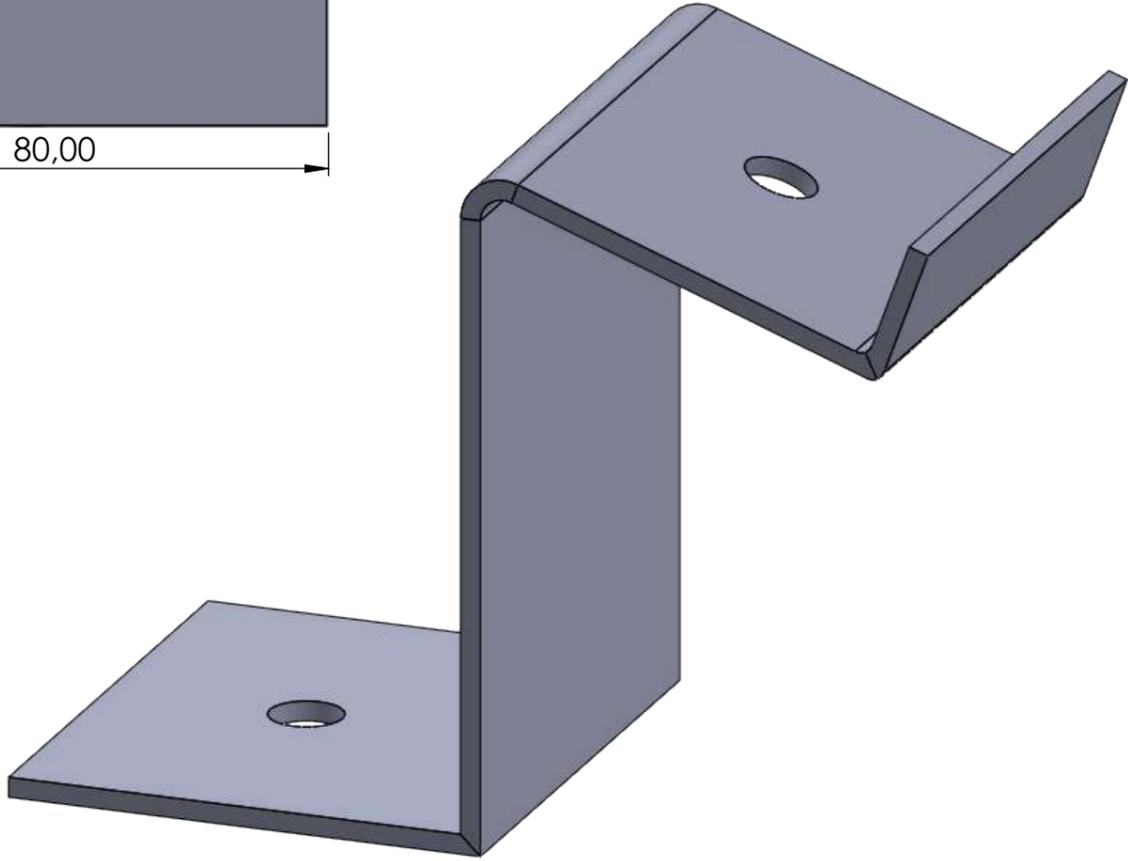
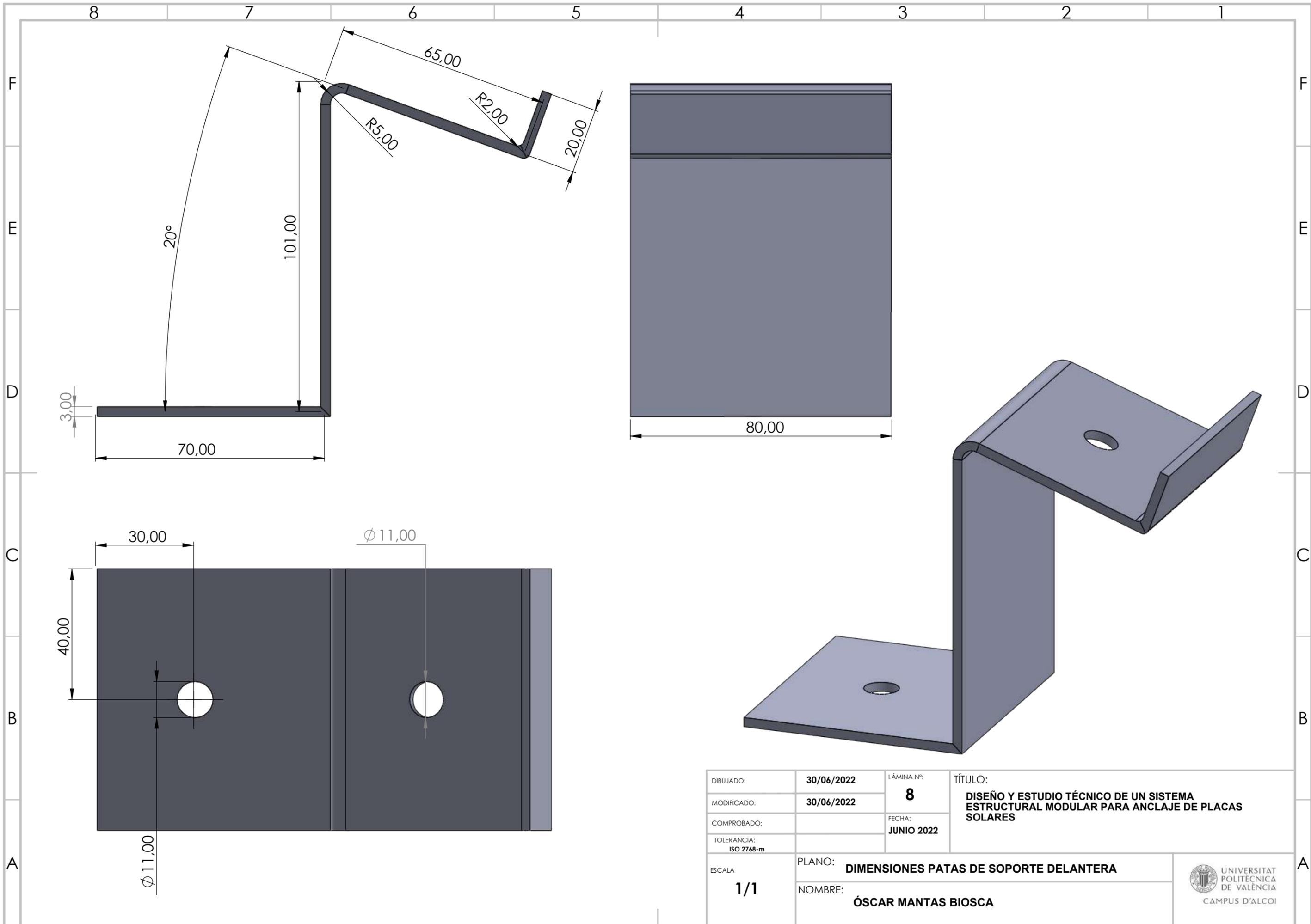
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1		Tuerca de carril M8	1
2		Arandela Plana M8 DIN 9021 A2	2
3		Arandela Grower M8 DIN 127 A2	1
4		Pinza intermedia U30	1
5		Tornillo M8x30 DIN 912	1
6		Tuerca hexagonal M8 DIN 934	1
7		Tornillo M8x20 DIN 912	1
8		Pata de soporte trasera	1

DIBUJADO:	30/06/2022	LÁMINA N.º:	6	TÍTULO: DISEÑO Y ESTUDIO TÉCNICO DE UN SISTEMA ESTRUCTURAL MODULAR PARA ANCLAJE DE PLACAS SOLARES
MODIFICADO:	30/06/2022	FECHA:		
COMPROBADO:				
TOLERANCIA: ISO 2768-m				
ESCALA 1/2	PLANO: ENSAMBLAJE PATAS DE SOPORTE DELANTERA			
	NOMBRE: ÓSCAR MANTAS BIOSCA			

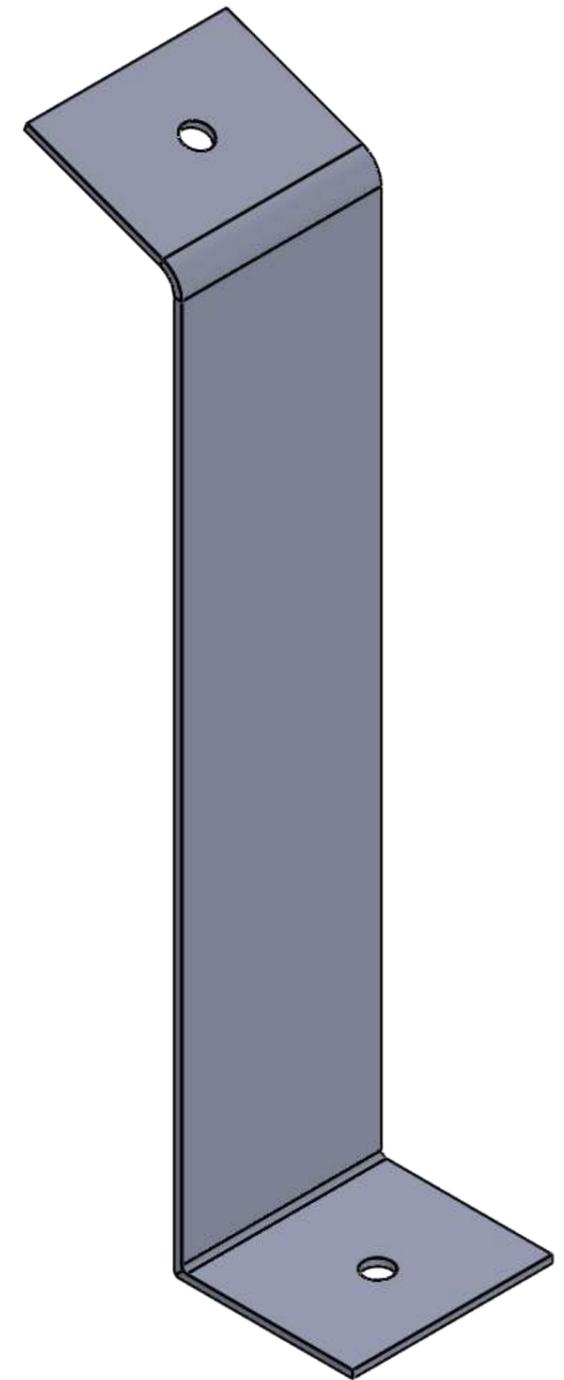
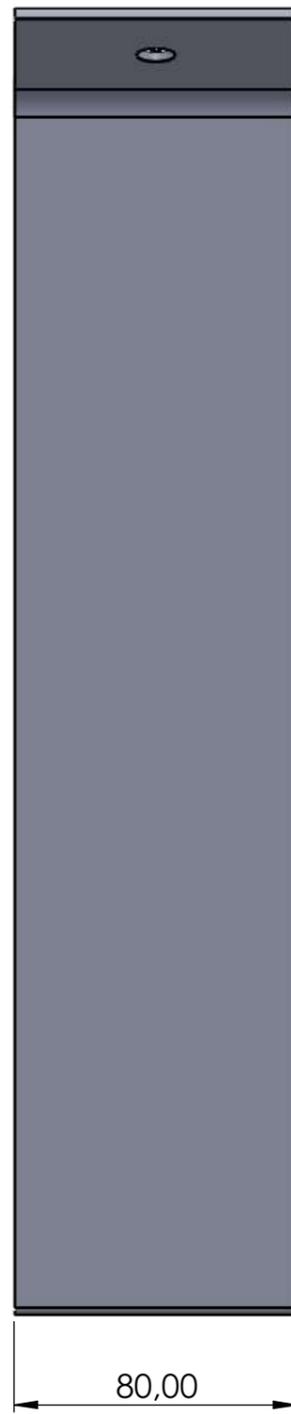
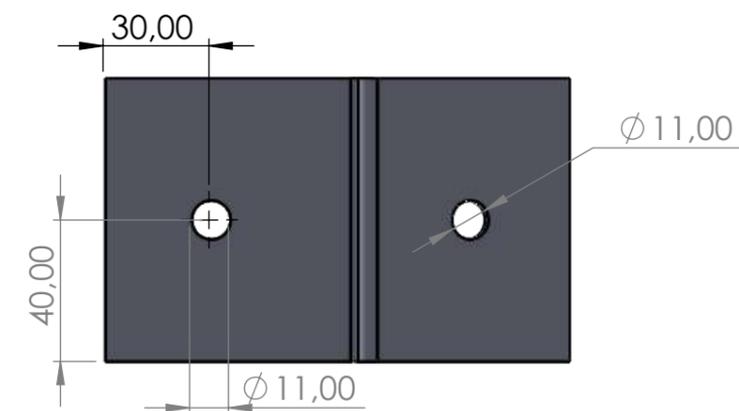
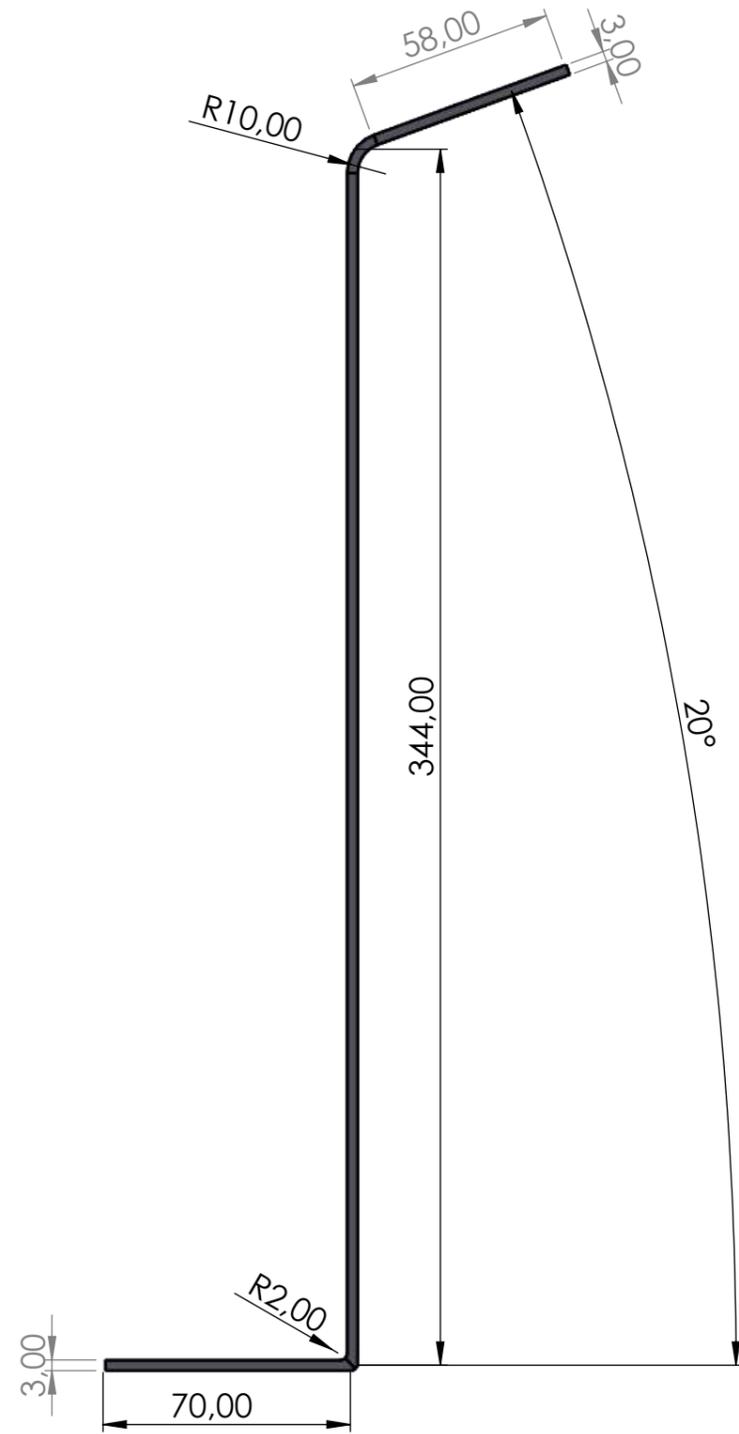


N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1		Pata de soporte trasera	1
2		Tuerca de carril M8	1
3		Arandela Plana M8 DIN 9021 A2	2
4		Arandela Grower M8 DIN 127 A2	1
5		Pinza intermedia U30	1
6		Tornillo M8x30 DIN 912	1
7		Tuerca hexagonal M8 DIN 934	1
8		Tornillo M8x20 DIN 912	1

DIBUJADO:	30/06/2022	LÁMINA N.º:	7	TÍTULO: DISEÑO Y ESTUDIO TÉCNICO DE UN SISTEMA ESTRUCTURAL MODULAR PARA ANCLAJE DE PLACAS SOLARES
MODIFICADO:	30/06/2022	FECHA:		
COMPROBADO:				
TOLERANCIA: ISO 2768-m				
ESCALA 1/5	PLANO: ENSAMBLAJE PATAS DE SOPORTE TRASERA			
	NOMBRE: ÓSCAR MANTAS BIOSCA			

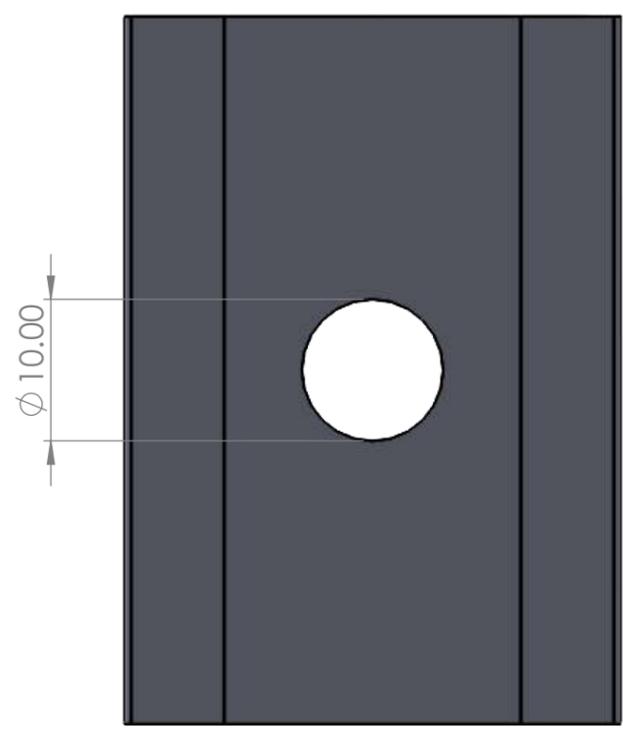
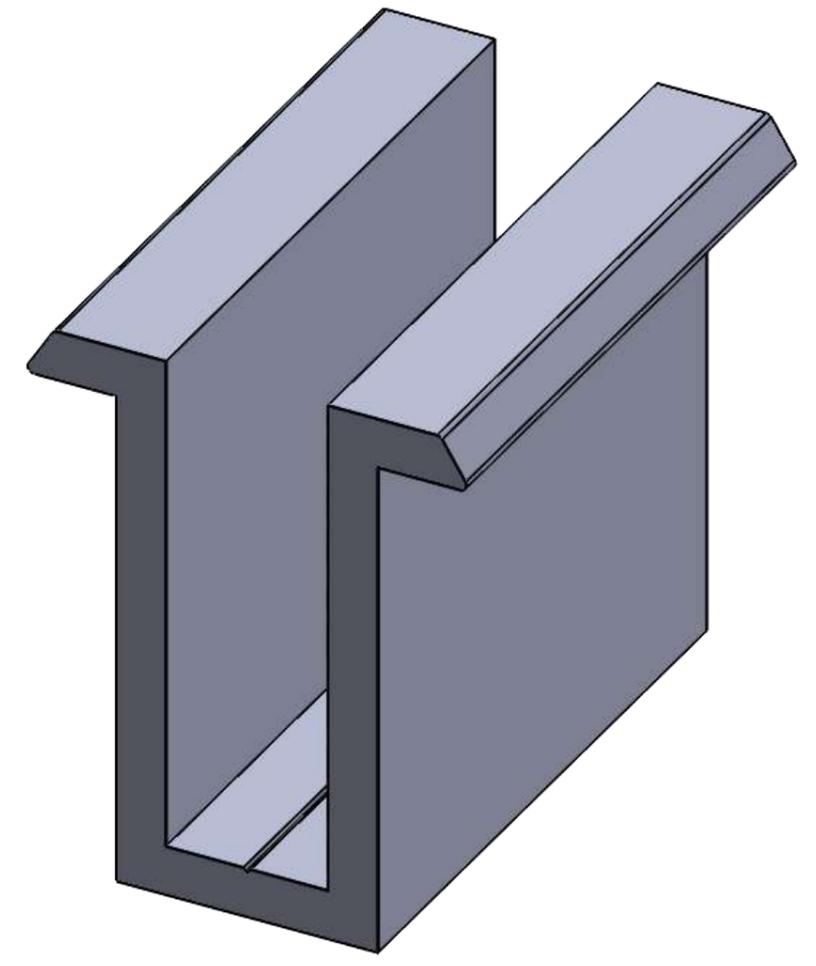
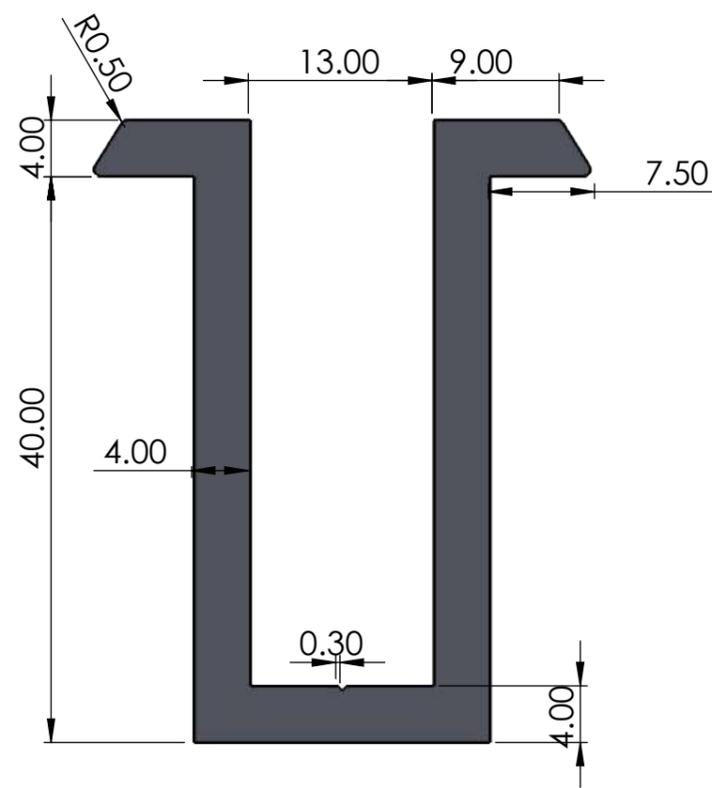


DIBUJADO:	30/06/2022	LÁMINA Nº:	8	TÍTULO: DISEÑO Y ESTUDIO TÉCNICO DE UN SISTEMA ESTRUCTURAL MODULAR PARA ANCLAJE DE PLACAS SOLARES
MODIFICADO:	30/06/2022	FECHA:		
COMPROBADO:				
TOLERANCIA: ISO 2768-m				
ESCALA 1/1	PLANO: DIMENSIONES PATAS DE SOPORTE DELANTERA			
	NOMBRE: ÓSCAR MANTAS BIOSCA			

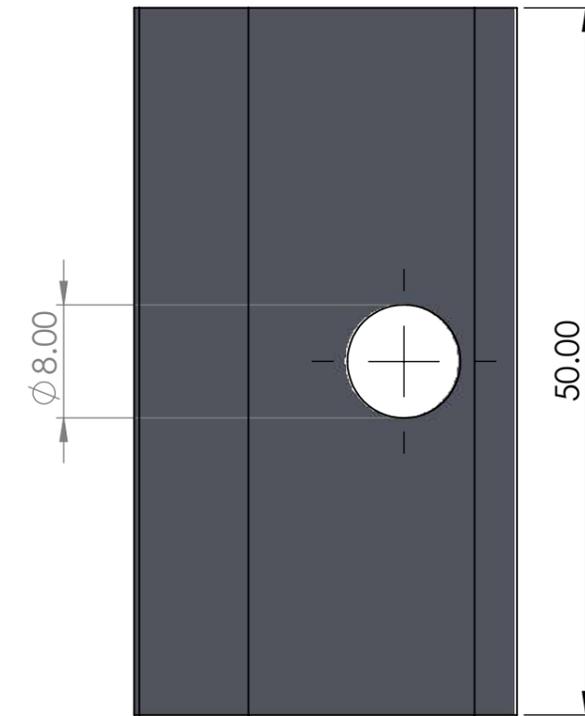
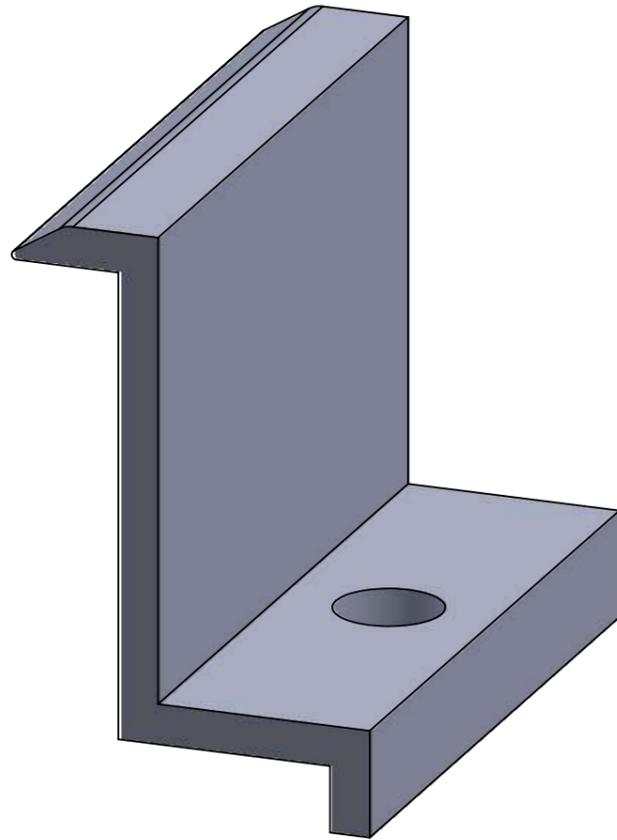
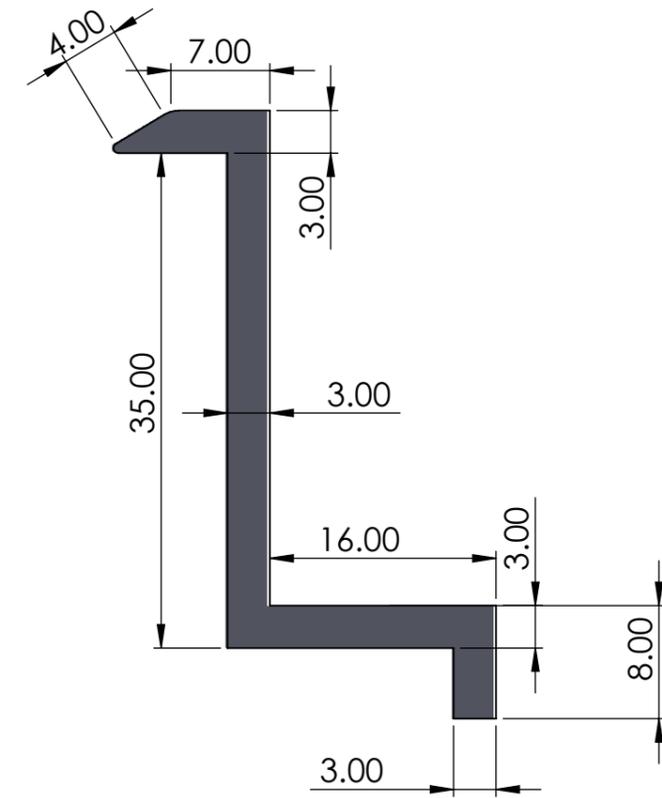


DIBUJADO:	30/06/2022	LÁMINA Nº:	TÍTULO:
MODIFICADO:	30/06/2022	9	DISEÑO Y ESTUDIO TÉCNICO DE UN SISTEMA ESTRUCTURAL MODULAR PARA ANCLAJE DE PLACAS SOLARES
COMPROBADO:		FECHA:	
TOLERANCIA:	ISO 2768-m	JUNIO 2022	
ESCALA	1/2	PLANO:	DIMENSIONES PATAS DE SOPORTE TRASERA
		NOMBRE:	ÓSCAR MANTAS BIOSCA

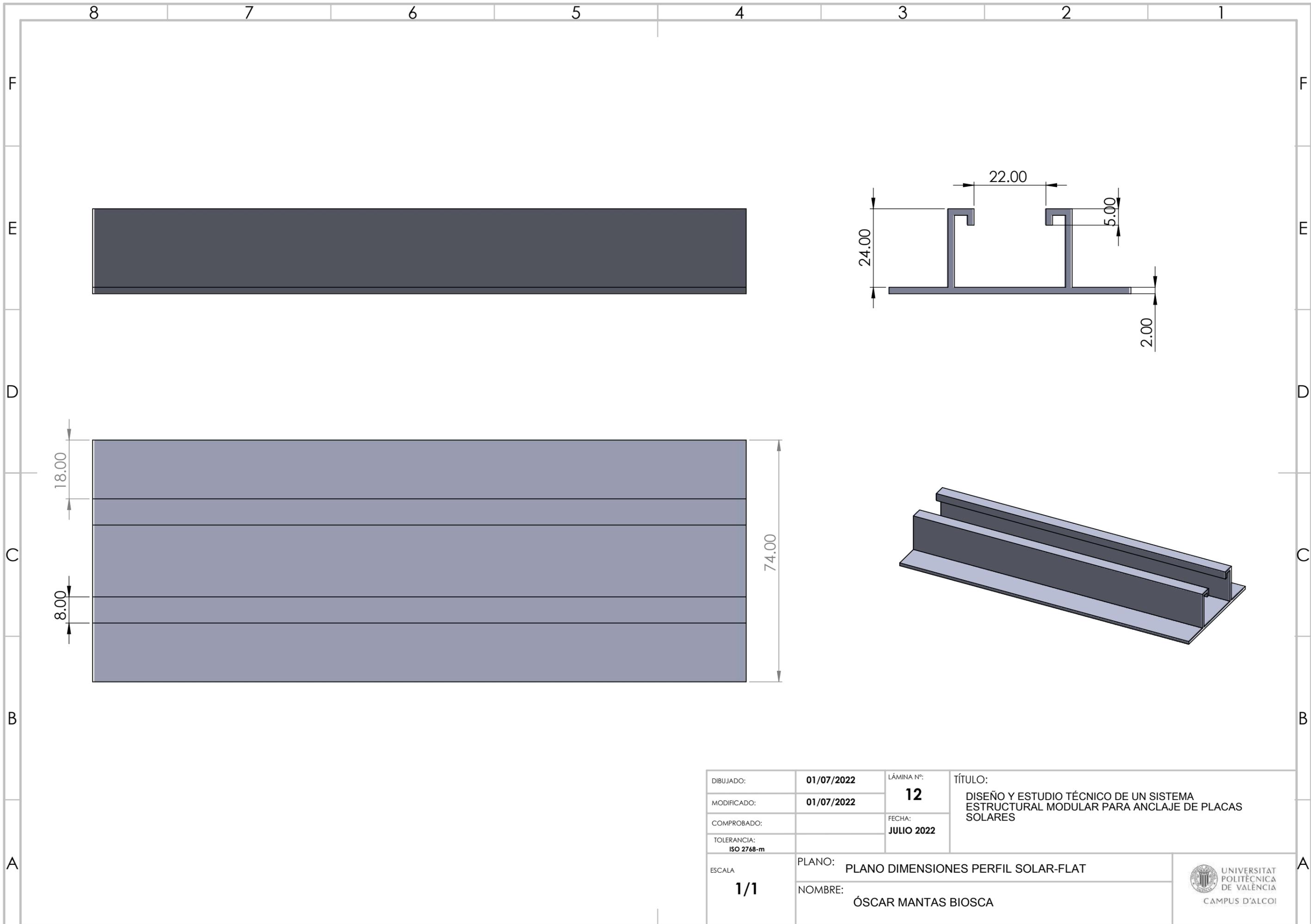




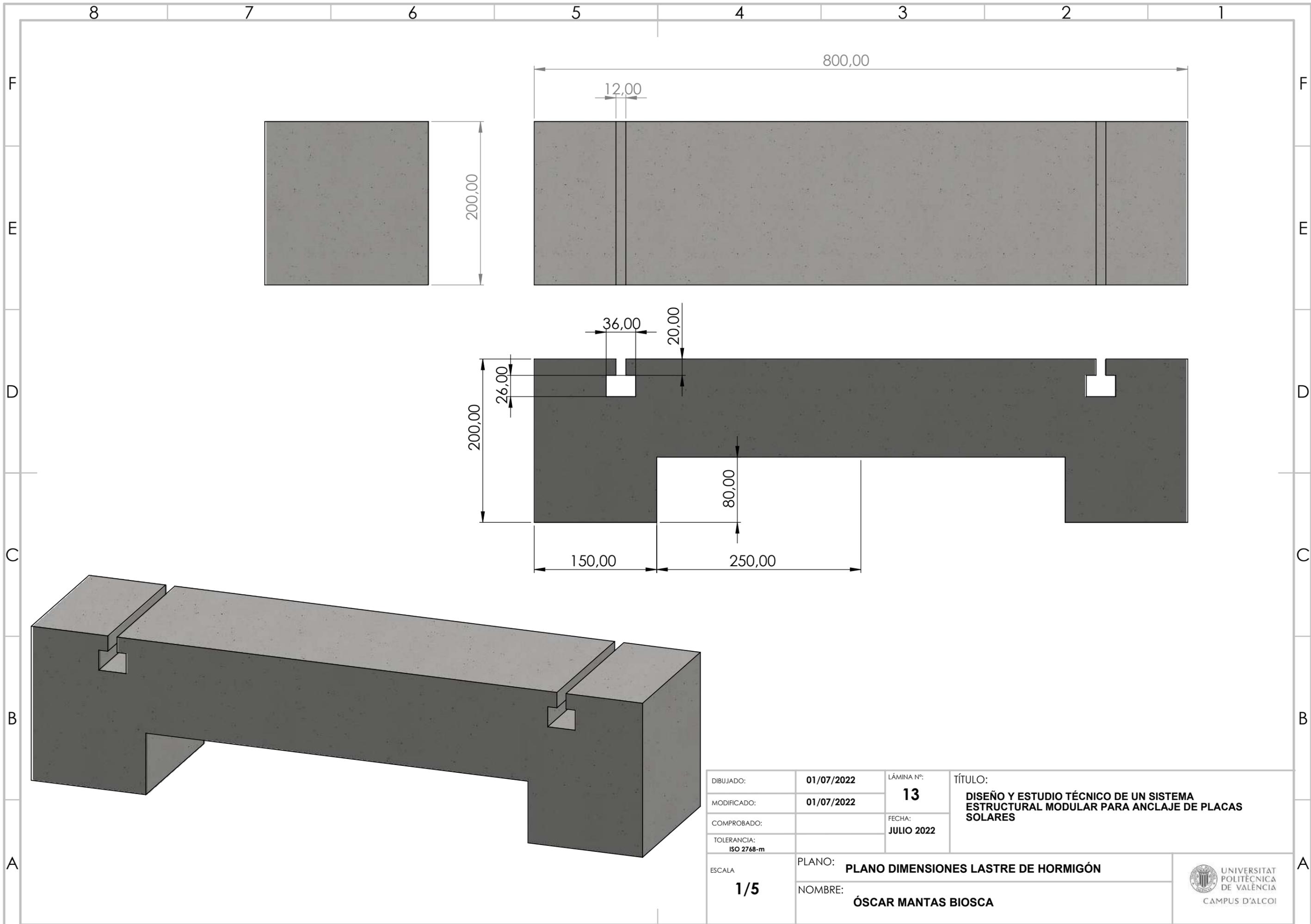
DIBUJADO:	01/07/2022	LÁMINA Nº:	10	TÍTULO: DISEÑO Y ESTUDIO TÉCNICO DE UN SISTEMA ESTRUCTURAL MODULAR PARA ANCLAJE DE PLACAS SOLARES
MODIFICADO:	01/07/2022	FECHA:		
COMPROBADO:				
TOLERANCIA: ISO 2768-m				
ESCALA 2/1	PLANO: PLANO DIMENSIONES PINZA INTERMEDIA		 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI	
NOMBRE: ÓSCAR MANTAS BIOSCA				



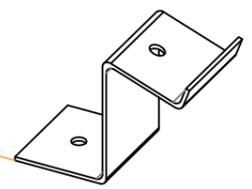
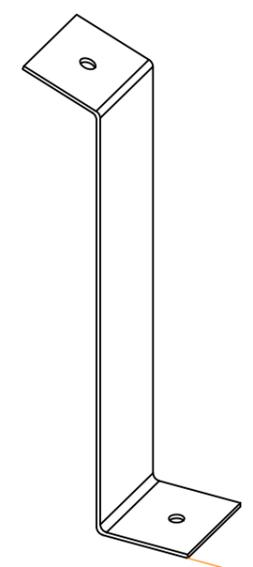
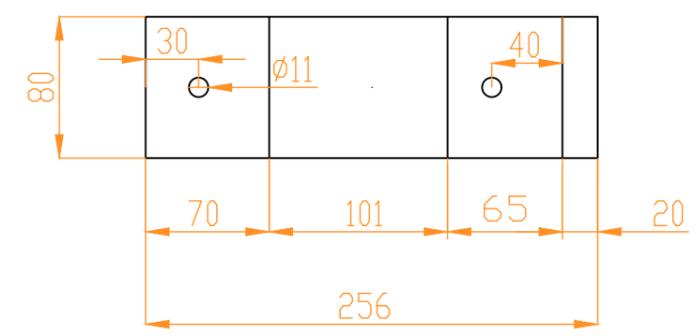
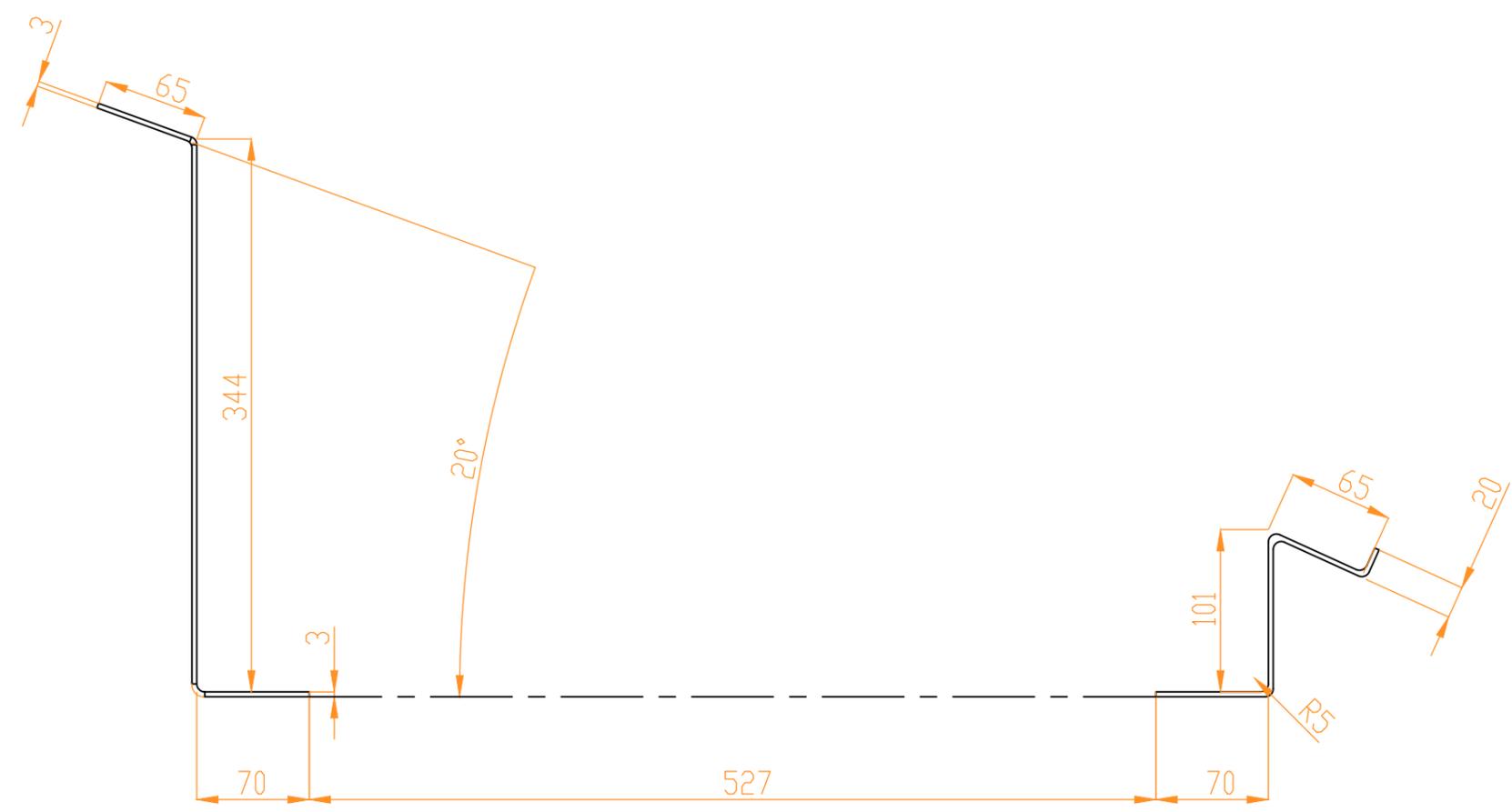
DIBUJADO:	01/07/2022	LÁMINA Nº:	11	TÍTULO: DISEÑO Y ESTUDIO TÉCNICO DE UN SISTEMA ESTRUCTURAL MODULAR PARA ANCLAJE DE PLACAS SOLARES
MODIFICADO:	01/07/2022	FECHA:		
COMPROBADO:				
TOLERANCIA: ISO 2768-m				
ESCALA 2/1	PLANO: PLANO DIMENSIONES PINZA FINAL			 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI
	NOMBRE: ÓSCAR MANTAS BIOSCA			



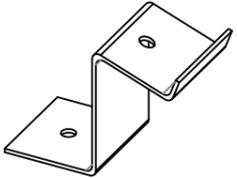
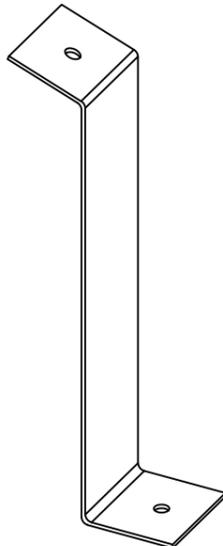
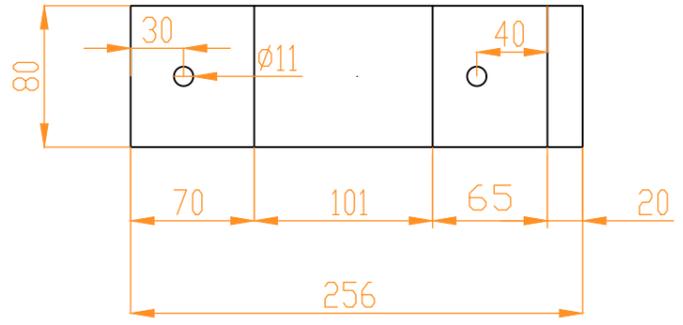
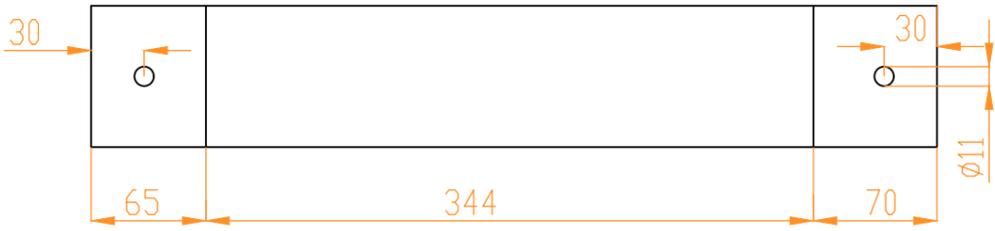
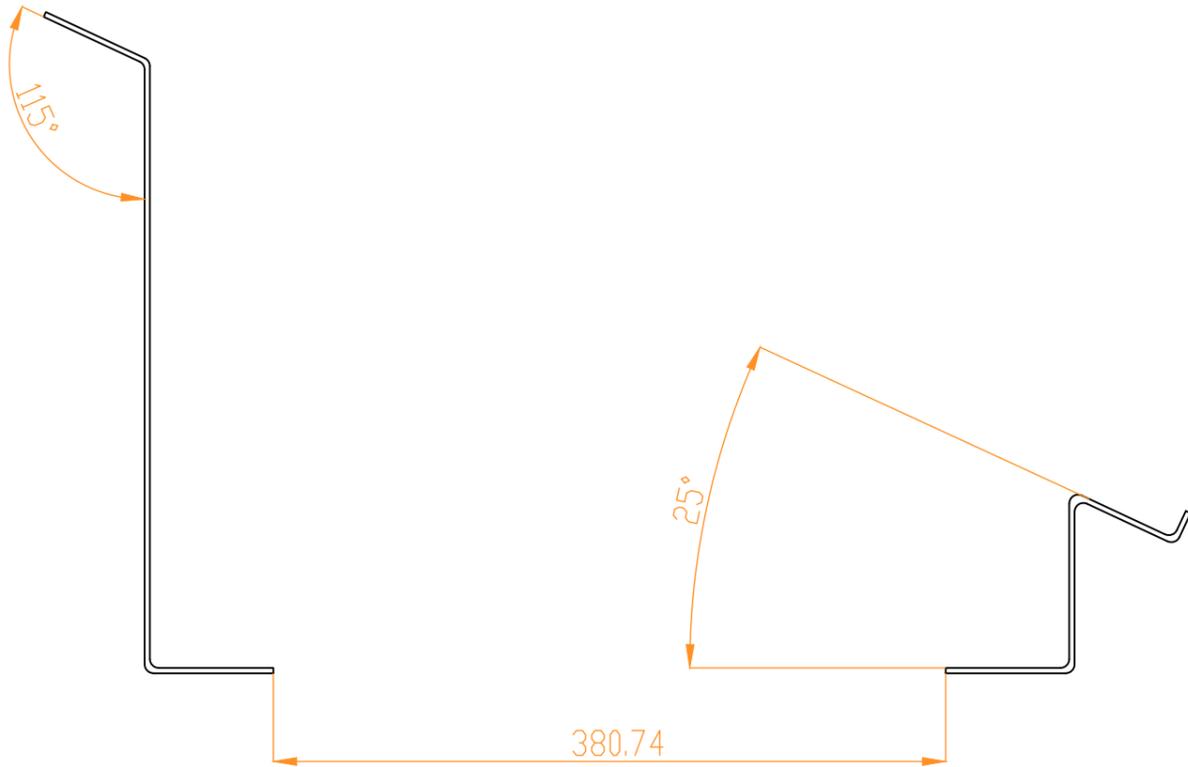
DIBUJADO:	01/07/2022	LÁMINA Nº:	12	TÍTULO: DISEÑO Y ESTUDIO TÉCNICO DE UN SISTEMA ESTRUCTURAL MODULAR PARA ANCLAJE DE PLACAS SOLARES
MODIFICADO:	01/07/2022	FECHA:		
COMPROBADO:		JULIO 2022		
TOLERANCIA: ISO 2768-m				
ESCALA 1/1	PLANO: PLANO DIMENSIONES PERFIL SOLAR-FLAT			 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI
NOMBRE: ÓSCAR MANTAS BIOSCA				



DIBUJADO:	01/07/2022	LÁMINA Nº:	13	TÍTULO: DISEÑO Y ESTUDIO TÉCNICO DE UN SISTEMA ESTRUCTURAL MODULAR PARA ANCLAJE DE PLACAS SOLARES
MODIFICADO:	01/07/2022	FECHA:		
COMPROBADO:				
TOLERANCIA: ISO 2768-m				
ESCALA 1/5	PLANO: PLANO DIMENSIONES LASTRE DE HORMIGÓN			 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI
	NOMBRE: ÓSCAR MANTAS BIOSCA			

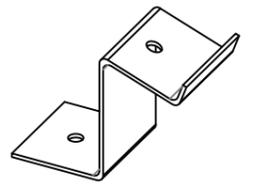
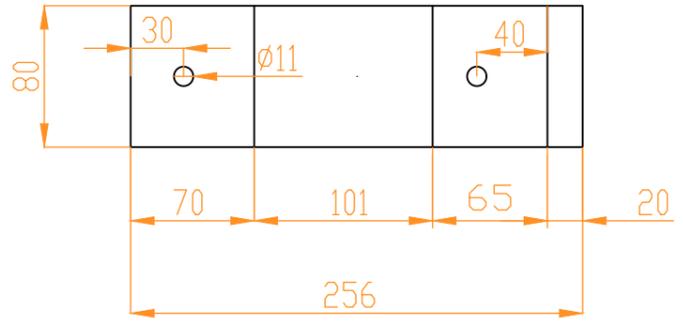
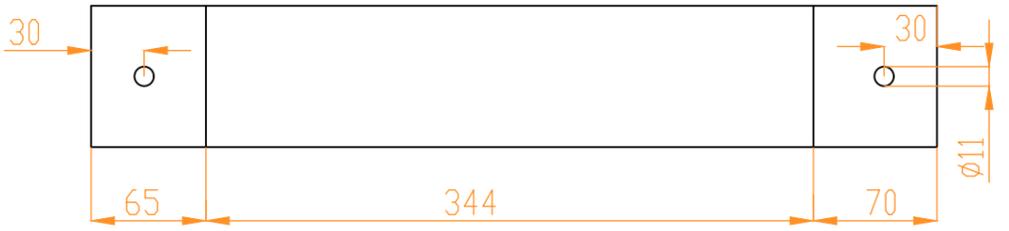
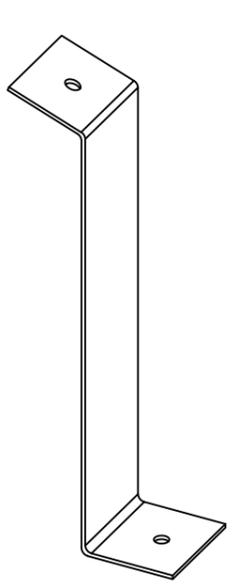
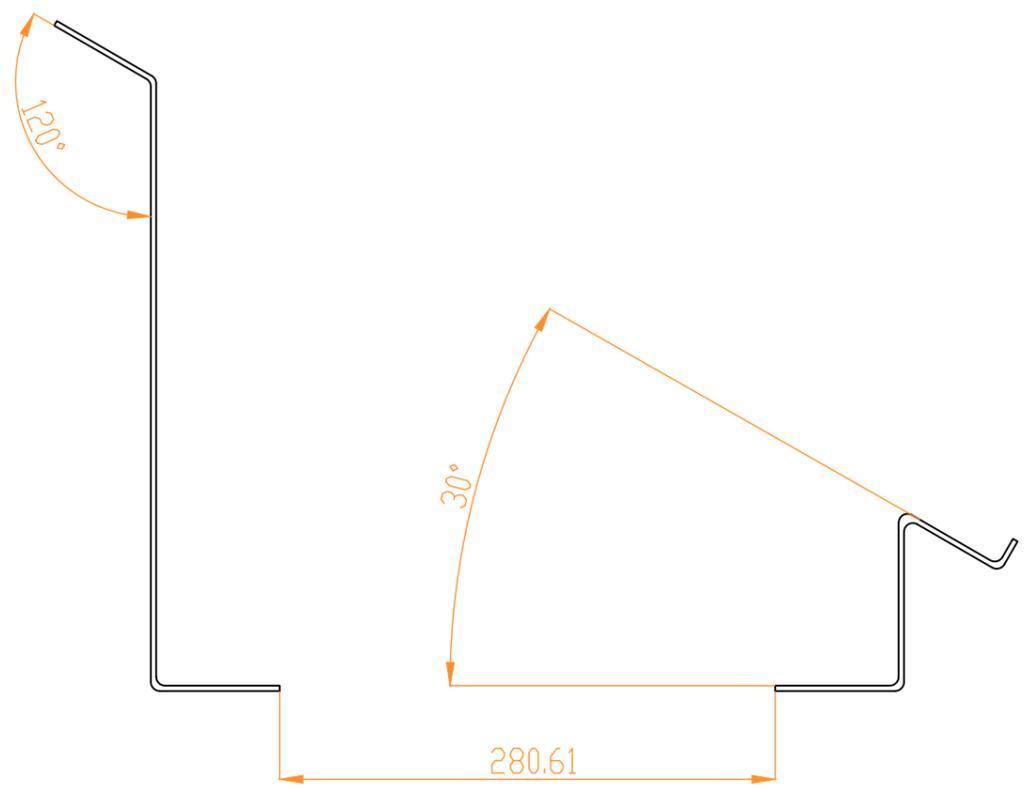


Dibujado:	22/06/2022	Lámina nº:	TÍTULO:
Modificado:	22/06/2022	14	DISEÑO Y ESTUDIO TÉCNICO DE UN SISTEMA ESTRUCTURAL MODULAR PARA ANCLAJE DE PLACAS SOLARES
Comprobado:	XX/XX/XXXX	Fecha:	UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI
TOLERANCIA:	ISO 2768-m	JUNIO 2022	
ESCALA:	1/5	PLANO: MECANIZADO PATAS SOPORTE PANELES SOLARES A 20° DE INCLINACIÓN RESPECTO LA HORIZONTAL	
		NOMBRE: ÓSCAR MANTAS BIOSCA	



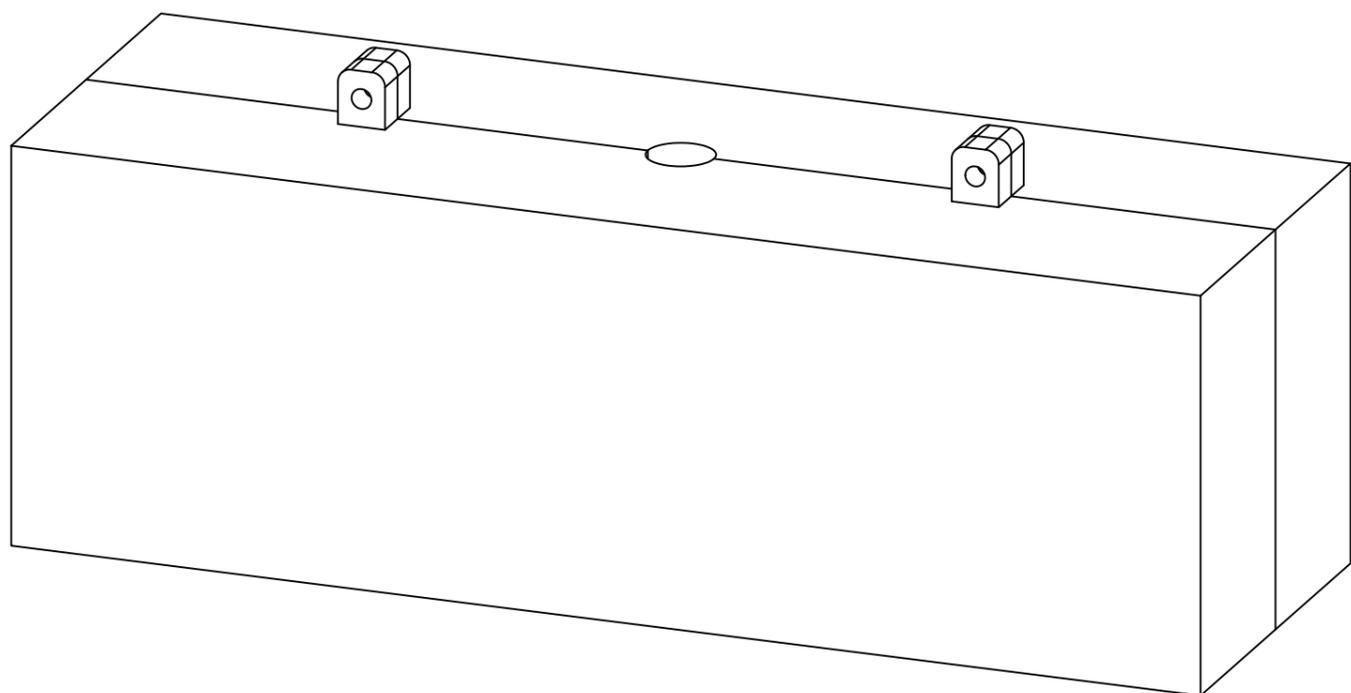
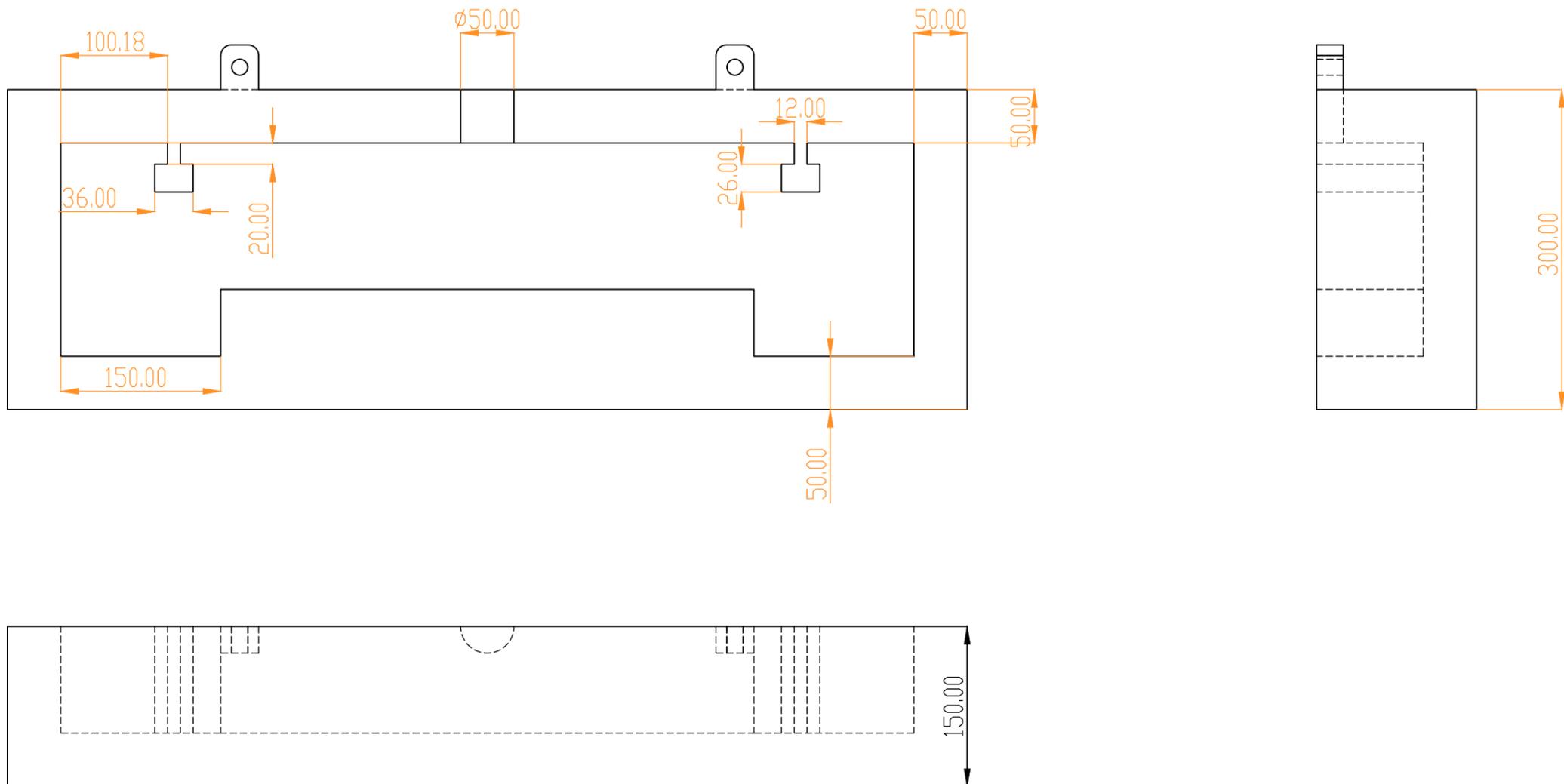
Dibujado:	22/06/2022	Lámina n°:	TÍTULO:
Modificado:	22/06/2022	15	DISEÑO Y ESTUDIO TÉCNICO DE UN SISTEMA ESTRUCTURAL MODULAR PARA ANCLAJE DE PLACAS SOLARES
Comprobado:	XX/XX/XXXX	Fecha:	
TOLERANCIA: ISO 2768-m		JUNIO 2022	PLANO: MECANIZADO PATAS SOPORTE PANELES SOLARES A 25° DE INCLINACIÓN RESPECTO LA HORIZONTAL
ESCALA: 1/5		NOMBRE: ÓSCAR MANTAS BIOSCA	





Dibujado:	22/06/2022	Lámina n°:	TÍTULO:
Modificado:	22/06/2022	16	DISEÑO Y ESTUDIO TÉCNICO DE UN SISTEMA ESTRUCTURAL MODULAR PARA ANCLAJE DE PLACAS SOLARES
Comprobado:	XX/XX/XXXX	Fecha:	
TOLERANCIA:		JUNIO 2022	
ESCALA:		PLANO:	
1/5		MECANIZADO PATAS SOPORTE PANELES SOLARES A 30° DE INCLINACIÓN RESPECTO LA HORIZONTAL	
		NOMBRE:	
		ÓSCAR MANTAS BIOSCA	



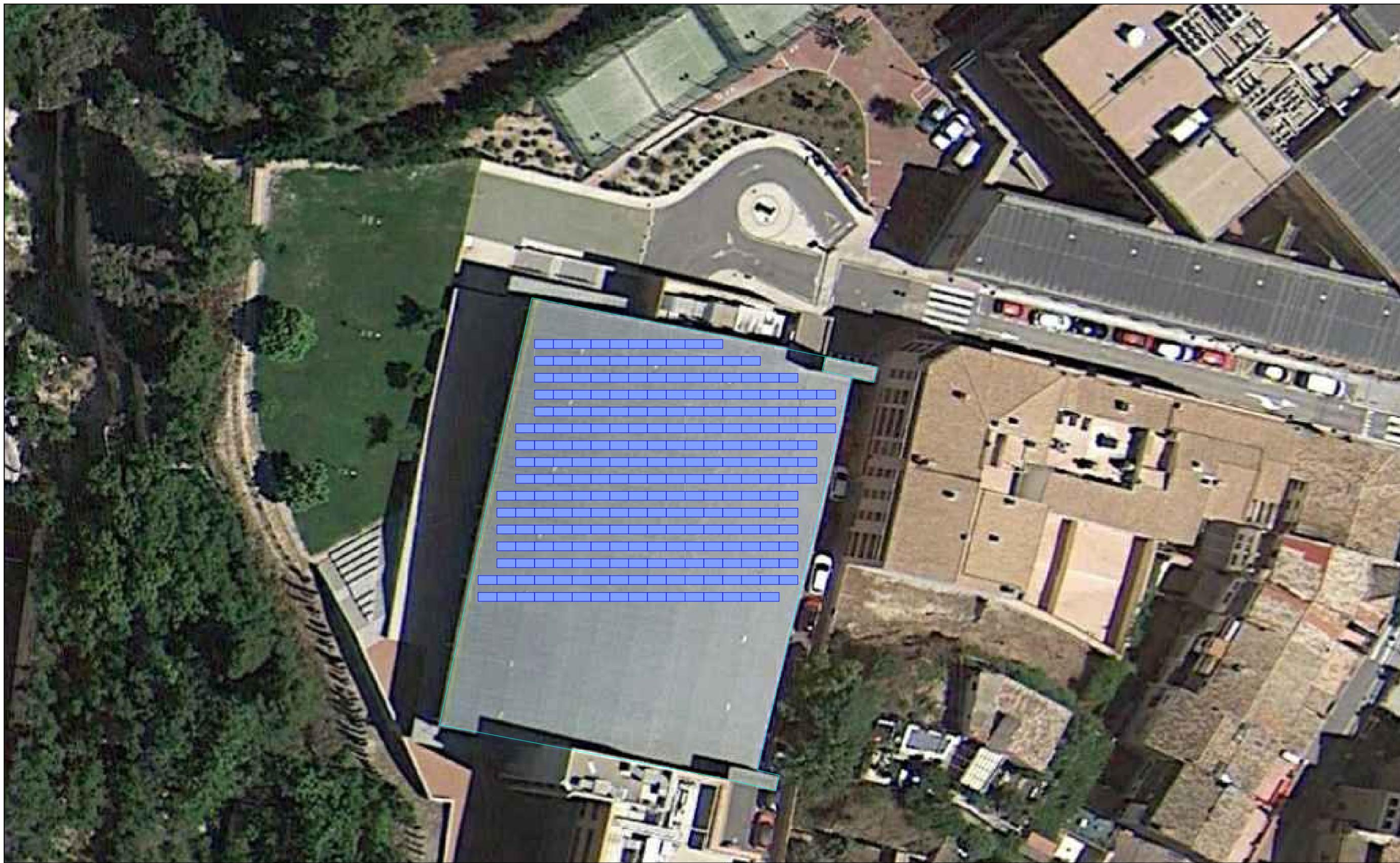


Dibujado:	28/06/2022	Lámina nº:	TÍTULO:
Modificado:	28/06/2022	17	DISEÑO Y ESTUDIO TÉCNICO DE UN SISTEMA ESTRUCTURAL MODULAR PARA ANCLAJE DE PLACAS SOLARES
Comprobado:	XX/XX/XXXX	Fecha:	
TOLERANCIA: ISO 2768-m		JUNIO 2022	
ESCALA:	1/10		PLANO: DIMENSIONES MOLDE LASTRE DE HORMIGÓN PLANO
			NOMBRE: ÓSCAR MANTAS BIOSCA



CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



Desviación a sur: 0° Inclinación paneles: 30°
250 paneles x 450 W = 112.500 kWp - 100 kWn
PLANO DE EMPLAZAMIENTO



UNIVERSITAT
POLITÀENICA
DE VALÈNCIA
CAMPUS D'ALCOI

TÍTULO EJEMPLO DISTRIBUCIÓN PLANTA 100 kW UPV-EPVA		PLANO Nº 18
SITUACIÓN OBRA Calle Alarcón 1, 03801 Alcoy (Alicante)		
ESCALA 1:400	FECHA JUNIO 2022	

DOCUMENTO Nº5:
PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

ÍNDICE DOCUMENTO N°5: PLIEGO DE CONDICIONES

1	OBJETO DEL PLIEGO	1
2	PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES	1
2.1	Reglamentos y disposiciones consideradas	1
2.2	Reglamentación elementos normalizados	2
2.3	Transporte y suministro	2
2.4	Acopio de materiales	2
2.5	Protecciones	3
3	PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS	3
3.1	Materiales.....	3
3.2	Procesos de fabricación	3
3.3	Comprobaciones Iniciales	3
3.4	Estructura de soporte	4
3.5	Instrucciones de montaje sobre cubierta de chapa.....	5
3.5.1	<i>PASO 1</i>	5
3.5.2	<i>PASO 2</i>	6
3.5.3	<i>PASO 3</i>	8
3.6	Manual de mantenimiento	9
4	PLIEGO DE CONDICIONES ECONÓMICAS	10

ÍNDICE FIGURAS DOCUMENTO Nº5:

PLIEGO DE CONDICIONES

- *Figura 1: Vista explosionada anclaje del perfil a cubierta existente 6*
- *Figura 2: Despiece subensamblaje pata de soporte trasera 7*
- *Figura 3: Despiece subensamblaje pata de soporte delantera..... 8*
- *Figura 4: Despiece ensamblaje placa solar a patas de soporte 9*

1 OBJETO DEL PLIEGO

El siguiente pliego de Condiciones Técnicas está basado en gran parte en el pliego de Condiciones del IDAE para la ejecución de una instalación solar fotovoltaica. Adicionalmente, se ha considerado oportuno incluir otras condiciones con el objetivo de agrupar todas las condiciones técnicas que se deben cumplir para una correcta ejecución de la instalación.

El ámbito de aplicación de este pliego de condiciones Técnicas considerará únicamente los sistemas mecánicos, dejando de lado todos los sistemas eléctricos y electrónicos. En consecuencia, como principio general se han de asegurar como mínimo las siguientes generalidades:

- La instalación incorporará todos los elementos y características necesarios para garantizar en todo momento la calidad del suministro eléctrico.
- Los materiales situados en intemperie se protegerán contra los agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar y la humedad.
- En la Memoria de Diseño o Proyecto se incluirán las fotocopias de las especificaciones técnicas proporcionadas por el fabricante de todos los componentes.

2 PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

A continuación se exponen todas las condiciones generales deben ser cumplidas a la hora de su ejecución.

2.1 Reglamentos y disposiciones consideradas

En el presente punto se exponen el conjunto de disposiciones generales consideradas y reglamentación considerada para la ejecución del proyecto

- *UNE 157001/2014*, Criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico.
- *CTE-DB-SE-AE Seguridad Estructural - Acciones en la edificación*, en el que se establecen las acciones gravitatorias, nieve, viento, térmicas, geológicas, accidentales y dinámicas.
- *PNE-EN 50331-1* “Sistemas fotovoltaicos en edificios. Parte 1: Requisitos de seguridad”.

- *Eurocódigo 1*, Acciones en las estructuras – Parte 1-3.
- *Eurocódigo 1*, Acciones en las estructuras – Parte 1-4.
- *Eurocódigo 3*, Diseño de estructuras metálicas
- *Eurocódigo 4*, Proyecto de estructuras mixtas de acero y hormigón
- *Eurocódigo 9*, Diseño de estructuras de aluminio. Parte 1-1: Reglas generales
- *UNE-EN ISO 3269:2020*, Elementos de Fijación
- *PCT-C-REV - julio 2011*, Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de energía solar fotovoltaica conectadas a Red por el IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía)
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por lo que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.

2.2 Reglamentación elementos normalizados

A continuación se enumeran las normativas implantadas por los elementos normalizados empleados para el anclaje de la estructura de sujeción de los paneles solares fotovoltaicos.

- *DIN 912-A2*: Tornillo de cabeza cilíndrica con hueco hexagonal Allen.
- *DIN 9021-A2*: Arandela plana ancha inoxidable.
- *DIN 127-A2*: Arandela muelle Grower inoxidable.
- *DIN-934 A2*: Tuerca hexagonal inoxidable.
- *DIN-7504-K A2*: Tornillo Autotaladrante de cabeza hexagonal.

2.3 Transporte y suministro

El suministro de todos los elementos requeridos para la configuración del sistema modular de anclaje de placas solares provendrá desde el punto de venta o distribución de este, haciéndose cargo de los costes derivados por el transporte la propia empresa de abastecimiento o fabricación del material.

Ante la percepción en mal estado de los elementos adquiridos, la empresa del fabricante deberá responsabilizarse íntegramente de los daños ocasionados, así como proceder en la mayor brevedad posible a la reposición de estos productos, debido a que son ellos los encargados de asegurar los productos con un embalaje suficiente para no ocasionarles daños en el transporte.

2.4 Acopio de materiales

Todo material recibido, deberá ser acopiado en el interior de naves industriales, posiblemente ubicado sobre estanterías alejándolo del suelo así como de zonas húmedas o en contacto con el exterior.

Es aconsejable no realizar el desembalaje de los productos hasta que se requiera de su uso.

2.5 Protecciones

3 PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

3.1 Materiales

La norma europea EN 10204 describe los distintos documentos de inspección o control que, de acuerdo con los requisitos del pedido, se entrega al comprador de productos metálicos y no metálicos.

Asimismo, se establece que todos los elementos requeridos cumplen con la normativa ISO 2768-m en la que se especifica las tolerancias generales o bien la norma UNE EN 22768, en la que se determinan las tolerancias generales para cotas dimensionales lineales y angulares.

Se deberá realizar un seguimiento de los procesos de fabricación para hacer cumplir con determinadas tolerancias y asegurar posteriormente un correcto ensamblaje de la estructura modular.

Es de obligado cumplimiento el empleo de los materiales y tratamientos anticorrosivos seleccionados por el proyectista en la ejecución de los elementos del sistema modular de anclaje.

3.2 Procesos de fabricación

Para la correcta fabricación de los elementos determinados en proyecto se deberán emplear todos los medios de calidad disponibles. Esta labor deberá desempeñarse por medio de personal cualificado que cuente con las herramientas necesarias lo suficientemente desarrolladas tecnológicamente para su rápida y eficaz ejecución.

3.3 Comprobaciones Iniciales

Previo a la instalación de la estructura para anclaje de placas solares, se realizará una comprobación del estado de cada uno de los componentes de la estructura verificando su coincidencia con los recogidos en el proyecto o memoria técnica aportada.

Del mismo modo se realizarán muestreos periódicos de los elementos recibidos para asegurar tanto su comportamiento mecánico resistivo como sus dimensiones.

Todos los materiales empleados en la ejecución de la estructura para la instalación solar fotovoltaica serán de primera calidad y deberán cumplir con las exigencias previamente definidas en este pliego de condiciones.

3.4 Estructura de soporte

La estructura soporte deberá cumplir las especificaciones de este apartado. En caso contrario se deberá incluir en la Memoria de Solicitud y de Diseño o Proyecto un apartado justificativo de los puntos objeto de incumplimiento y su aceptación deberá contar con la aprobación expresa del IDAE.

En todos los casos se dará cumplimiento a lo obligado por el CTE y demás normas aplicables. La estructura soporte de módulos ha de resistir, con los módulos instalados, las sobrecargas de viento y nieve, de acuerdo con lo indicado en el vigente CTE.

El diseño y la construcción de la estructura y el sistema de fijación de módulos, permitirá las necesarias dilataciones térmicas, sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los módulos, siguiendo las indicaciones del fabricante.

Los puntos de sujeción para el módulo fotovoltaico serán suficientes en número, teniendo en cuenta el área de apoyo y posición relativa, de forma que no se produzcan flexiones en los módulos superiores a las permitidas por el fabricante y los métodos homologados para el modelo de módulo.

El diseño de la estructura se realizará para la orientación y el ángulo de inclinación especificado para el generador fotovoltaico, teniendo en cuenta la facilidad de montaje y desmontaje, y la posible necesidad de sustituciones de elementos.

La estructura se protegerá superficialmente contra la acción de los agentes ambientales. La realización de taladros en la estructura se llevará a cabo antes de proceder, en su caso, al galvanizado o protección de la estructura.

La tornillería será realizada en acero inoxidable. En el caso de ser la estructura galvanizada se admitirán tornillos galvanizados, exceptuando la sujeción de los módulos a la misma, que serán de acero inoxidable.

Los topes de sujeción de módulos y la propia estructura no arrojarán sombra sobre los módulos.

Se dispondrán las estructuras soporte necesarias para montar los módulos, cumpliendo lo especificado en el punto sobre sombras. Se incluirán todos los accesorios y bancadas y/o anclajes.

3.5 Instrucciones de montaje sobre cubierta de chapa

En función de la instalación sobre la que se proceda a ejecutar la instalación solar fotovoltaica, se deberá proceder al acondicionamiento de este para iniciar el montaje de la estructura.

3.5.1 PASO 1

Instalar los perfiles guardando las distancias determinadas en proyecto o memoria técnica de acuerdo con el diseño y estructura de soporte.

El anclaje de los perfiles sobre la cubierta se realizará mediante elementos de fijación de acero inoxidable que incorporen goma EPDM directamente sobre las correas para asegurar su aislamiento.

Se recomienda la instalación de los perfiles a una temperatura ambiente entre 10 y 30°C, para reducir las tensiones debidas las dilataciones del perfil.

La selección del tornillo autotaladrante de cabeza hexagonal con arandela estampada inoxidable A2, así como el Par máximo y velocidad de taladrado, se deben de seguir según las recomendaciones del fabricante en función del espesor de la chapa.

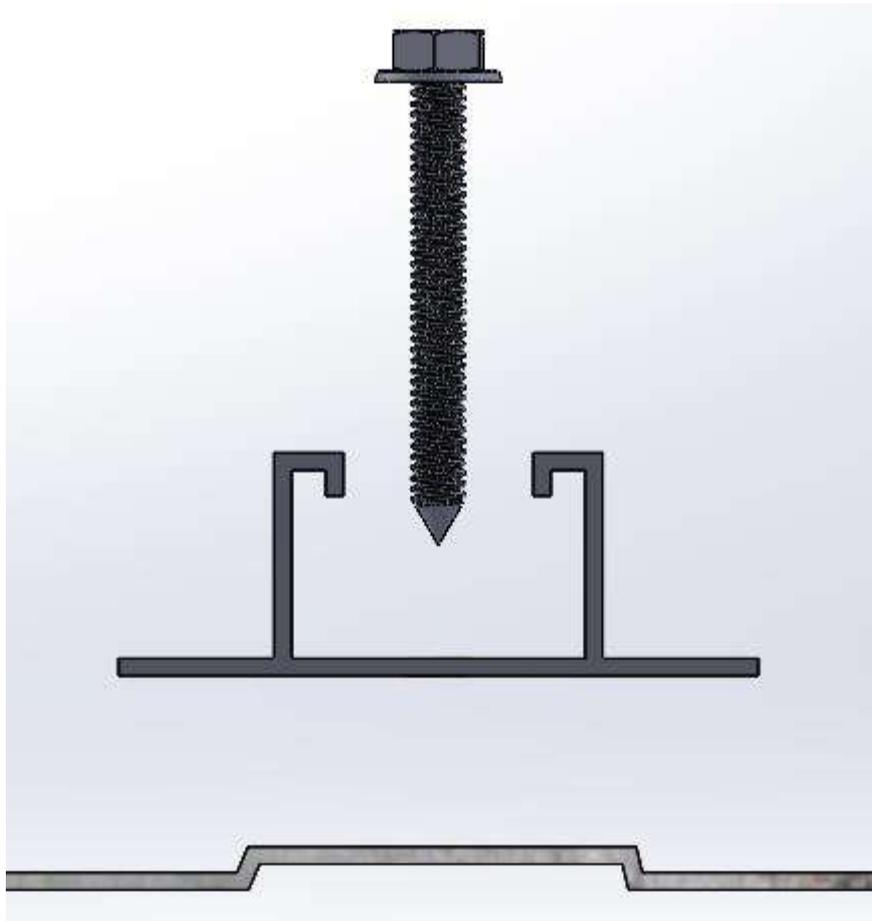


Figura 1: Vista explosionada anclaje del perfil a cubierta existente

3.5.2 PASO 2

Se debe seguir las instrucciones recogidas por el técnico competente para el montaje de los subensamblajes de las patas de soporte delantera y trasera.

Los subensamblajes de las patas de soporte, están formados por los elementos anteriormente establecidos.

El anclaje de la pata de soporte sobre el carril se realizará mediante tornillos DIN 912-A2 M8x30, Arandelas planas DIN 9021-A2 y tuercas de guía perforada rectangular M8. La sujeción de los paneles solares sobre la estructura de soporte se realiza mediante una pinza intermedia o final fijada a la pata mediante un tornillo DIN 912-A2 M8x20, una arandela plana DIN 9021-A2, una arandela muelle Grower DIN 127-A2 y una tuerca hexagonal M8 DIN-934 A2 tal y como se observa en la ilustración de a continuación.

La distancia requerida para instalar las patas de soporte sobre los perfiles varía en función de las dimensiones del panel solar y de la distancia mínima requerida para no producir sombras.

Según se recoge en la norma UNE 17-108-81 para tornillos y tuercas de acero se establecen unos parámetros de instalación específicos.

Esta norma presenta como objeto indicar el valor del momento de apriete necesario para el montaje mediante el uso de herramientas dinamométricas que no introduzcan vibraciones ni impactos sobre apoyos rígidos.

El Par de apriete de los Tornillos Din 912-A2 M8 con una calidad 8.8, según los datos recogidos por el fabricante debe ser de 24.5 Nm.

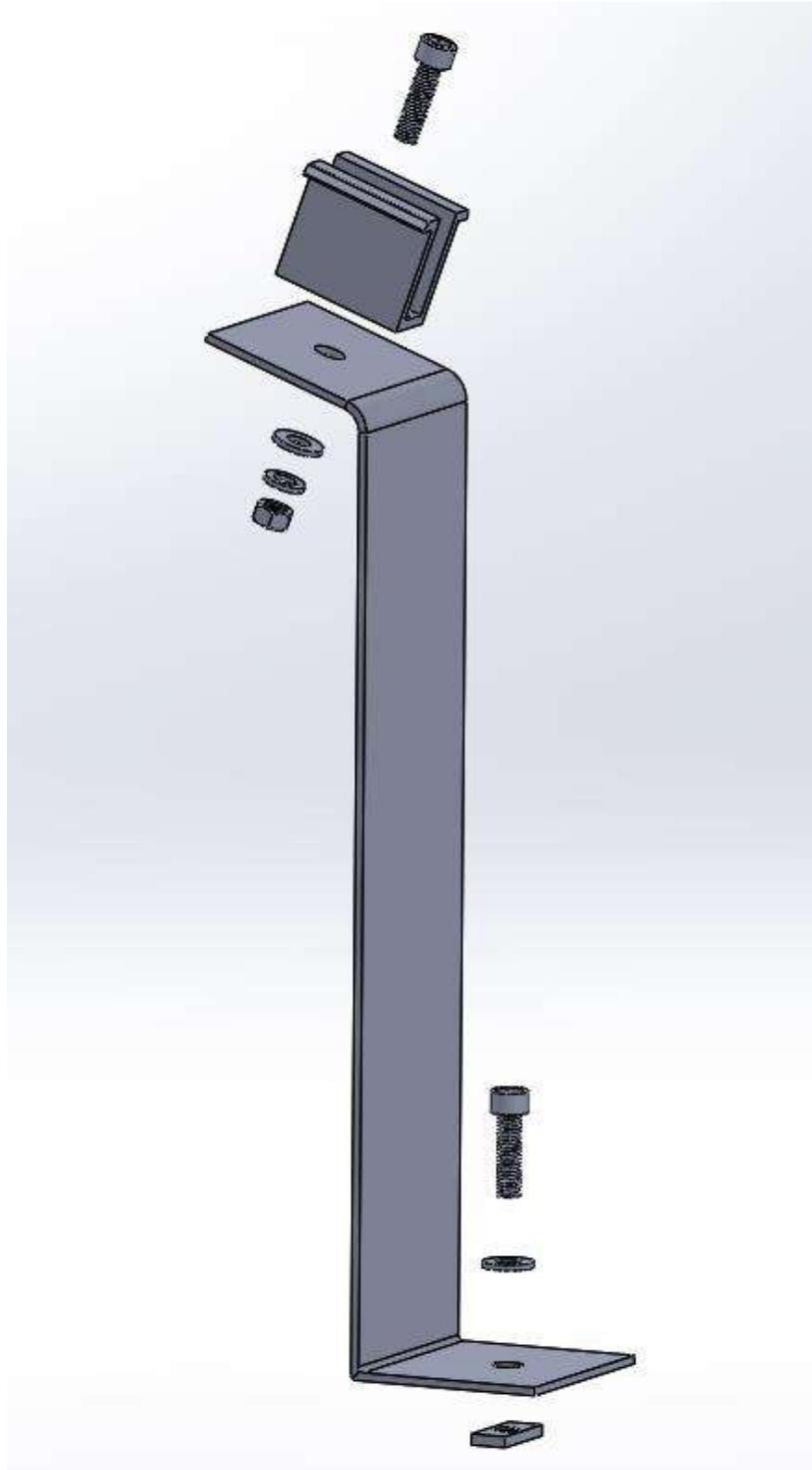


Figura 2: Despiece subensamblaje pata de soporte trasera



Figura 3: Despiece subensamblaje pata de soporte delantera

3.5.3 PASO 3

Realizados los subensamblajes de las patas de soporte se debe proceder al anclaje de las placas solares a las pinzas de las patas de soporte delanteras y traseras para asegurar el módulo completamente en cada uno de sus dos extremos por 4 puntos de anclaje.



Figura 4: Despiece ensamblaje placa solar a patas de soporte

3.6 Manual de mantenimiento

El mantenimiento que se deberá seguir para garantizar la seguridad de la instalación así como el correcto funcionamiento de la instalación global en su función de generación de energía, será del tipo preventivo.

Asimismo se determina que se deberá realizar al menos una visita semestral de revisión si no se observa mediante la monitorización de la planta alguna anomalía, en la que se realicen las siguientes actividades de control.

- Revisión de daños en la estructura fruto de los agentes atmosféricos, oxidación, etc.
- Control de sellados y elementos impermeabilizantes en uniones a la cubierta.
- Verificación del apriete de elementos mecánicos de fijación.
- Ángulo de inclinación de la estructura de soporte de los módulos solares fotovoltaicos.

En contraposición, si se observa un funcionamiento anómalo de la instalación y debe realizarse un mantenimiento correctivo debido a un fallo de algún elemento que constituye el sistema modular de anclaje de los paneles solares fotovoltaicos, se deberá actuar según los siguientes condicionantes, para garantizar la producción anual determinada.

- Se deberá actuar en un tiempo de respuesta para el mantenimiento correctivo de 24 horas si la instalación deja de funcionar o un máximo de 48 horas si se observa un fallo parcial de la instalación.
- Se debe realizar una remplazo de aquellos elementos que resulten dañados en un plazo de 48 horas, salvo por causas de fuerza mayor.

- Se establece un tiempo de reparación y puesta en marcha de la instalación de 48 horas salvo condicionantes externos o agravantes.

4 PLIEGO DE CONDICIONES ECONÓMICAS

Los costes materiales establecidos en el *Documento N°6: Estudio Económico*, reflejan los precios actuales de los elementos seleccionados y diseñados para la confección de un sistema modular de anclaje de paneles solares que permita su instalación con el menor número de elementos posibles.

Dichos precios que se pueden encontrar en determinado documento han sido obtenidos directamente de catálogos comerciales de fabricantes locales y nacionales, pudiendo fluctuar debido a los condicionantes que afectan y establecen el coste de los materiales metálicos.

En estos costes de ejecución material se incluyen los costes de fabricación y transporte, así como adicionalmente se contemplan el proyecto los costes derivados de ingeniería y diseño.

Finalmente, se consideran los gastos generales derivados de la realización del proyecto y el beneficio industrial. Recogidos en El artículo 101.2 de la Ley 9/2017, de 8 de noviembre, *Contratos del Sector Público*, aprobado por R.D. 1098 de 2001 -RGLCAP-, que indica los conocidos porcentajes del 13-17% en gastos generales, y 6% de beneficio industrial, que incrementan el presupuesto de ejecución material de la obra.

DOCUMENTO N°6:
PRESUPUESTO Y ESTUDIO ECONÓMICO

ÍNDICE DOCUMENTO N°6: PRESUPUESTO Y ESTUDIO ECONÓMICO

1	DEFINICIÓN DE ELEMENTOS.....	3
1.1	Listado de componentes sujeción unitaria	3
1.2	Coste unitario de elementos normalizados	3
1.3	Coste unitario de elementos diseñados	4
1.4	Presupuesto de ejecución material	4
2	EJEMPLO PRESUPUESTO INSTALACIÓN 100 KW SOBRE CUBIERTA	6
2.1	Presupuesto de ejecución material	7
2.2	Presupuesto de ingeniería de diseño	7
2.3	Presupuesto costes de montaje.....	7
2.4	Presupuesto base de licitación	8

ÍNDICE TABLAS DOCUMENTO Nº6: PRESUPUESTO Y ESTUDIO ECONÓMICO

- *Tabla 1: Tabla listado de componentes sujeción un panel solar..... 3*
- *Tabla 2: Coste unitario de elementos de sujeción estandarizados 4*
- *Tabla 3: Coste unitario de elementos de sujeción de elementos diseñados..... 4*
- *Tabla 4: Presupuesto de ejecución material para el anclaje y soporte de una placa solar 5*

1 Definición de elementos

Para llevar a cabo un análisis de costes correcto, se va a establecer el listado de componentes necesarios para la sujeción de una única placa solar, estableciendo posteriormente el coste unitario de ejecución material de los elementos normalizados, así como el coste unitario de los elementos diseñados y fabricados, para el anclaje y sujeción de los módulos solares fotovoltaicos.

Finalmente, se realizará un presupuesto de ejecución material de la estructura de anclaje para las placas solares considerando una instalación de 100 kW sobre una cubierta en panel de sándwich de una nave industrial.

1.1 Listado de componentes sujeción unitaria

<i>Descripción</i>	Uds.
<i>Pata de soporte delantera</i>	2
<i>Pata de soporte trasera</i>	2
<i>Perfil Solar Flat 74 x 25 mm 6m</i>	2
<i>DIN 912-A2: Tornillo M8 30 mm</i>	4
<i>DIN 912-A2: Tornillo M8 20 mm</i>	4
<i>DIN 9021-A2: Arandela plana</i>	8
<i>DIN 127-A2: Arandela muelle Grower</i>	4
<i>DIN-934 A2: Tuerca hexagonal M8</i>	4
<i>DIN-7504-K A2: Tornillo Autotaladrante de cabeza hexagonal</i>	8
<i>Pinza intermedia</i>	0
<i>Pinza final</i>	2
<i>Tuerca guía perforada rectangular</i>	4

Tabla 1: Tabla listado de componentes sujeción un panel solar

1.2 Coste unitario de elementos normalizados

A continuación, se detalla el coste unitario de todos los elementos de sujeción normalizados y estandarizados seleccionados para realizar un correcto anclaje cumpliendo con los requisitos establecidos en la normativa independientemente del tipo de superficie.

El coste de dichos elementos ha sido obtenido mediante los catálogos de productos de diferentes proveedores locales como nacionales:

ELEMENTOS NORMALIZADOS

<i>Descripción</i>	<i>€/Ud.</i>
<i>Perfil Solar Flat 74 x 25 mm</i>	24.88
<i>DIN 912-A2: Tornillo M8 30 mm</i>	0.30
<i>DIN 912-A2: Tornillo M8 20 mm</i>	0.23
<i>DIN 9021-A2: Arandela plana</i>	0.16
<i>DIN 127-A2: Arandela muelle Grower</i>	0.03
<i>DIN-934 A2: Tuerca hexagonal M8</i>	0.17
<i>DIN-7504-K A2: Tornillo Autotaladrante de cabeza hexagonal</i>	0.22
<i>Pinza intermedia</i>	0.80
<i>Pinza final</i>	0.60
<i>Tuerca guía perforada rectangular</i>	0.48
<i>Salva greca</i>	2.50
<i>Salva teja</i>	2.70
<i>Lastre de hormigón inclinado</i>	13.00

Tabla 2: Coste unitario de elementos de sujeción estandarizados

1.3 Coste unitario de elementos diseñados

En la siguiente tabla se muestran los elementos diseñados para la realización del anclaje correcto de los paneles solares a la superficie donde se disponen, considerando el coste de dichos elementos en función del material del que están compuestos, el proceso de mecanizado o conformado necesario para alcanzar dicha geometría, así como los costes derivados del tiempo de obtención.

ELEMENTOS DISEÑADOS PARA SU FABRICACIÓN

<i>Descripción</i>	<i>€/Ud.</i>
<i>Pata de soporte delantera</i>	3.40
<i>Pata de soporte trasera</i>	3.20
<i>Lastre de hormigón plano</i>	7.10

Tabla 3: Coste unitario de elementos de sujeción de elementos diseñados

1.4 Presupuesto de ejecución material

Definidos los costes unitarios establecidos según los elementos necesarios para garantizar el correcto anclaje de las placas solares fotovoltaicas se obtiene un coste de adquisición de todos los elementos que conforman la estructura de sujeción de un módulo solar de:

Descripción	Cantidad	Uds.	€/Ud.	Importe (€)
<i>Pata de soporte delantera</i>	2	<i>n</i>	3.40	6.80 €
<i>Pata de soporte trasera</i>	2	<i>n</i>	3.20	6.40 €
<i>Perfil Solar Flat 74 x 25 mm</i>	2	<i>m</i>	4.15	8.29 €
<i>DIN 912-A2: Tornillo M8 30 mm</i>	4	<i>n</i>	0.30	1.20 €
<i>DIN 912-A2: Tornillo M8 20 mm</i>	4	<i>n</i>	0.23	0.92 €
<i>DIN 9021-A2: Arandela plana</i>	8	<i>n</i>	0.16	1.25 €
<i>DIN 127-A2: Arandela muelle Grower</i>	4	<i>n</i>	0.03	0.12 €
<i>DIN-934 A2: Tuerca hexagonal M8</i>	4	<i>n</i>	0.17	0.69 €
<i>DIN-7504-K A2: Tornillo Autotaladrante de cabeza hexagonal</i>	8	<i>n</i>	0.22	1.79 €
<i>Pinza intermedia</i>	0	<i>n</i>	0.80	- €
<i>Pinza final</i>	2	<i>n</i>	0.60	1.20 €
<i>Tuerca guía perforada rectangular</i>	4	<i>n</i>	0.48	1.94 €

Total	30.60 €
--------------	----------------

Tabla 4: Presupuesto de ejecución material para el anclaje y soporte de una placa solar

2 Ejemplo presupuesto instalación 100 kW sobre cubierta

Como ya se ha especificado anteriormente, las instalaciones dependen en gran parte de la superficie sobre la que se disponen. En consecuencia, para poder realizar un ejemplo de instalación de 100 kW, se va a emplear la superficie disponible en la cubierta del edificio Georgina Blanes de la UPV – Campus Alcoy Calle Alarcón 1.

En función de la cubierta del edificio, tal y como se puede observar en el Anexo de Planos, la instalación de los módulos solares fotovoltaicos planteada queda formada por 250 placas, orientadas directamente sobre el sur, con una divergencia respecto del sur de 13°, y una inclinación de 30°.

Las cantidad de material para la estructura se determina en función de la disposición de los paneles en serie y en paralelo. El número de patas de soporte tanto delanteras como traseras, se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$N^{\circ} \text{Patas de soporte} = N^{\circ} \text{ de placas} + N^{\circ} \text{ de filas}$$

En función del número de patas de soporte obtenidas se determina la cantidad de elementos de sujeción necesarios siguiendo las siguientes expresiones:

$$\text{Tornillo } M8 \times 30 = N^{\circ} \text{ patas de soporte delantera} + N^{\circ} \text{ patas de soporte traseras}$$

$$\text{Tornillo } M8 \times 20 = N^{\circ} \text{ patas de soporte delantera} + N^{\circ} \text{ patas de soporte traseras}$$

$$\text{Arandela Plana } M8 = 2 \times (N^{\circ} \text{ patas de soporte delantera} + N^{\circ} \text{ patas de soporte traseras})$$

$$\text{Arandela Grower } M8 = N^{\circ} \text{ patas de soporte delantera} + N^{\circ} \text{ patas de soporte traseras}$$

$$\text{Tuerca hexagonal } M8 = N^{\circ} \text{ patas de soporte delantera} + N^{\circ} \text{ patas de soporte traseras}$$

$$\text{Tuerca guía perforada} = N^{\circ} \text{ patas de soporte delantera} + N^{\circ} \text{ patas de soporte traseras}$$

$$\text{Pinzas intermedias} = N^{\circ} \text{ de placas} - N^{\circ} \text{ de filas}$$

$$\text{Pinzas finales} = N^{\circ} \text{ de filas} \times 4$$

2.1 Presupuesto de ejecución material

<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Uds.</i>	<i>€/Ud.</i>	<i>Importe (€)</i>
<i>Pata de soporte delantera</i>	266	<i>n</i>	3,40	904,40 €
<i>Pata de soporte trasera</i>	266	<i>n</i>	3,20	851,20 €
<i>Perfil Solar Flat 74 x 25 mm</i>	450	<i>m</i>	4,15	1.865,70 €
<i>DIN 912-A2: Tornillo M8 30 mm</i>	532	<i>n</i>	0,30	160,13 €
<i>DIN 912-A2: Tornillo M8 20 mm</i>	532	<i>n</i>	0,23	122,36 €
<i>DIN 9021-A2: Arandela plana</i>	1064	<i>n</i>	0,16	165,98 €
<i>DIN 127-A2: Arandela muelle Grower</i>	532	<i>n</i>	0,03	15,43 €
<i>DIN-934 A2: Tuerca hexagonal M8</i>	532	<i>n</i>	0,17	91,50 €
<i>DIN-7504-K A2: Tornillo Autotaladrante de cabeza hexagonal</i>	450	<i>n</i>	0,22	100,80 €
<i>Pinza intermedia</i>	468	<i>n</i>	0,80	374,40 €
<i>Pinza final</i>	64	<i>n</i>	0,60	38,40 €
<i>Tuerca guía perforada rectangular</i>	532	<i>n</i>	0,48	257,49 €

Total	4.947,80 €
--------------	-------------------

2.2 Presupuesto de ingeniería de diseño

<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Uds.</i>	<i>€/Ud.</i>	<i>Importe (€)</i>
<i>Pata de soporte trasera</i>	4	<i>h</i>	13,85	55,40 €
<i>Pata de soporte delantera</i>	4	<i>h</i>	13,85	55,40 €

Total	110,80 €
--------------	-----------------

2.3 Presupuesto costes de montaje

<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Uds.</i>	<i>€/Ud.</i>	<i>Importe (€)</i>
<i>Anclaje perfil a superficie</i>	12	<i>h</i>	7,90	93,81 €
<i>Ensamblaje Pata de soporte delantera</i>	5	<i>h</i>	7,90	42,03 €
<i>Ensamblaje Pata de soporte trasera</i>	5	<i>h</i>	7,90	42,03 €
<i>Ensamblaje Pata de soporte a perfil</i>	13	<i>h</i>	7,90	105,07 €

Total	282,94 €
--------------	-----------------

2.4 Presupuesto base de licitación

<i>Descripción</i>	Importe (€)
❖ <i>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL</i>	4,947.80 €
❖ <i>PRESUPUESTO DE INGENIERIA DE DISEÑO</i>	110.80 €
❖ <i>PRESUPUESTO COSTES DE MONTAJE</i>	282.94 €
<i>TOTAL PARCIAL</i>	5,341.53 €
❖ <i>GASTOS GENERALES 16%</i>	854.65 €
❖ <i>BENEFICIO INDUSTRIAL 6%</i>	320.49 €
<i>TOTAL PARCIAL</i>	6,516.67 €
❖ <i>I.V.A. 21%</i>	1,368.50 €
<i>Total</i>	7,885.17 €

El presupuesto de ejecución material del sistema estructural de anclaje de las placas solares para la instalación de 100 kW asciende a la cantidad de **SIETE MIL OCHOCIENTOS OCHENTA Y CINCO EUROS CON DICISIETE CÉNTIMOS.**