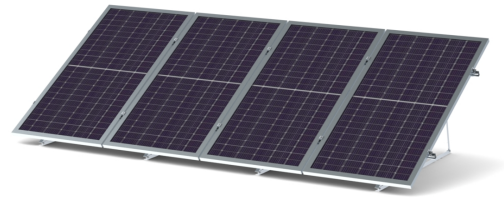
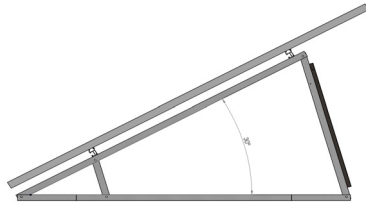


ESTRUCTURA TRIANGULAR TI -V 30°



1. CARGAS DEBIDAS AL VIENTO

Viento

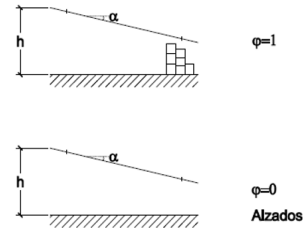
La acción del viento sobre la superficie del campo fotovoltaico puede ser considerada como la presión ejercida por el viento sobre una marquesina. Se debe tener en cuenta el efecto del viento actuando en la superficie inferior y superior.

La acción del viento, en general una fuerza perpendicular a la superficie de cada punto expuesto, o presión estática, puede expresarse como:

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

Donde:

- q_b: Presión dinámica del viento
- c_e: Coeficiente de exposición
- c_p: Coeficiente eólico



2. PRESIÓN DINÁMICA DEL VIENTO (q_b):

$$\text{Presión dinámica } P: \quad q_b = 0,5 \cdot \delta \cdot V_b^2$$

Donde:

- q_b = Presión dinámica (N/m²)
- δ = Densidad del aire (kg/m³)
- V_b = Velocidad básica de viento (m/s)

Velocidad básica del viento	29 m/s
Densidad del aire.	1,25 kg/m ³
Presión dinámica	525,62 N/m ²



3. COEFICIENTE DE EXPOSICIÓN (C_e)

$$\text{Coeficiente de exposición } c_e \text{ para alturas sobre terreno, } z < 200m: \quad c_e = F \cdot (F \cdot 7k) \\ F = k \cdot \ln \cdot (\max(z, Z)/L)$$

Donde:

k, L, Z son parámetros característicos de cada tipo de entorno.

Tabla D.2 Coeficientes para tipo de entorno

Grado de aspereza del entorno	Parámetro		
	k	L (m)	Z (m)
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	0,156	0,003	1,0
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	0,17	0,01	1,0
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	0,19	0,05	2,0
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	0,22	0,3	5,0
V Centro de negocios de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	0,24	1,0	10,0

Entorno de instalación

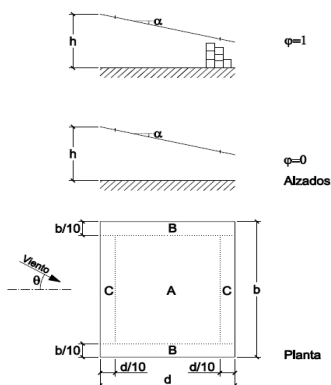
 IV. Zona urbana en general, industrial o forestal

Coeficiente de exposición c_e para alturas sobre terreno, z < 200m.

 1,336

4. COEFICIENTE EOLICO (cp):

El coeficiente eólico o de presión exterior, Cp, depende de la dirección del viento, la forma del edificio, de la posición del elemento considerado y de su área de influencia.



Pendiente de la cubierta α	Efecto del viento hacia	Factor de obstrucción φ	Zona (según figura)		
			A	B	C
0°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	0,5	1,8	1,1
	Arriba	0	-0,6	-1,3	-1,4
	Arriba	1	-1,5	-1,8	-2,2
5°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	0,8	2,1	1,3
	Arriba	0	-1,1	-1,7	-1,8
	Arriba	1	-1,6	-2,2	-2,5
10°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	1,2	2,4	1,6
	Arriba	0	-1,5	-2,0	-2,1
	Arriba	1	-2,1	-2,6	-2,7
15°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	1,4	2,7	1,8
	Arriba	0	-1,8	-2,4	-2,5
	Arriba	1	-1,6	-2,9	-3,0
20°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	1,7	2,9	2,1
	Arriba	0	-2,2	-2,8	-2,9
	Arriba	1	-1,6	-2,9	-3,0
25°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	2,0	3,1	2,3
	Arriba	0	-2,6	-3,2	-3,2
	Arriba	1	-1,5	-2,5	-2,8
30°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	2,2	3,2	2,4
	Arriba	0	-3,0	-3,8	-3,6
	Arriba	1	-1,5	-2,2	-2,7

Inclinación de la instalación **30**

Coefficiente de obstrucción **0**

VIENTO FRONTAL A LOS PANELES (PRESIÓN) **1545,24** **N/m2**

VIENTO POSTERIOR A LOS PANELES (SUCCIÓN) **-2107,15** **N/m2**

SOBRECARGA DE NIEVE

Como valor de carga de nieve por unidad de superficie en proyección horizontal, q_n , puede tomarse:

$$q_n = \mu \cdot s_k$$

Donde:

μ : coeficiente de forma de la cubierta según tabla 3.5.3 del DBSE-AE

s_k : valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal según la tabla 3.5.2 o ar

Valor característico de la carga de nieve (s_k)

Como valor de carga de nieve s_k en un terreno horizontal, s_k , puede tomarse de la tabla E.2 en función de la altitud del emplazamiento o término municipal, y de la zona climática del mapa de la figura E.2.



Tabla E.2 Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal (kN/m²)

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

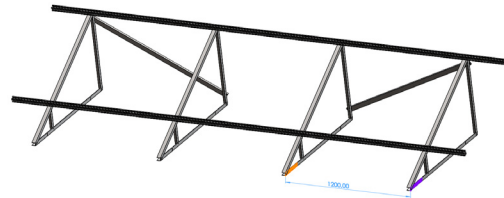
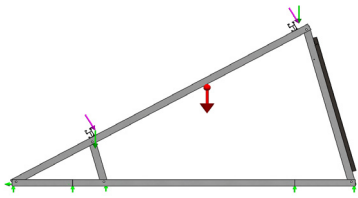
Coefficiente de forma **1**

Carga de nieve (s_k) **200,00** **N/m2**

PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MATERIAL

Elemento	FY 0,2 (N/mm ²)	Fu (N/mm ²)	E (N/mm ²)	G (N/mm ²)	v	p (kg/m ³)
Perfilería, AL EN AW- 6005-T5	240	260	69500	27000	0,29	2700
Tornillería M8 - Acero INOX A2	450	700	193000	85000	0,3	8000

ESTUDIO ESTÁTICO



Viento frontal (Presión)

Combinación de acciones H1

$$1,35 \cdot PP + 1,5 \cdot Vp + 0,75 \cdot sk$$

Diagrama MF - Guía Pro Standard

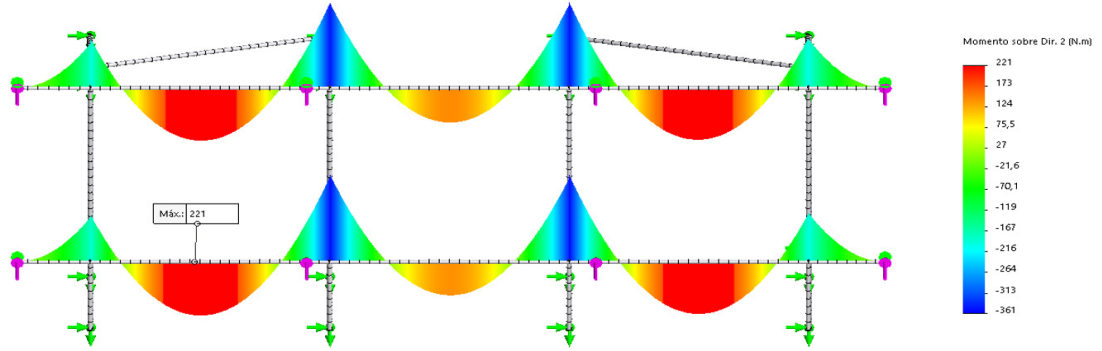
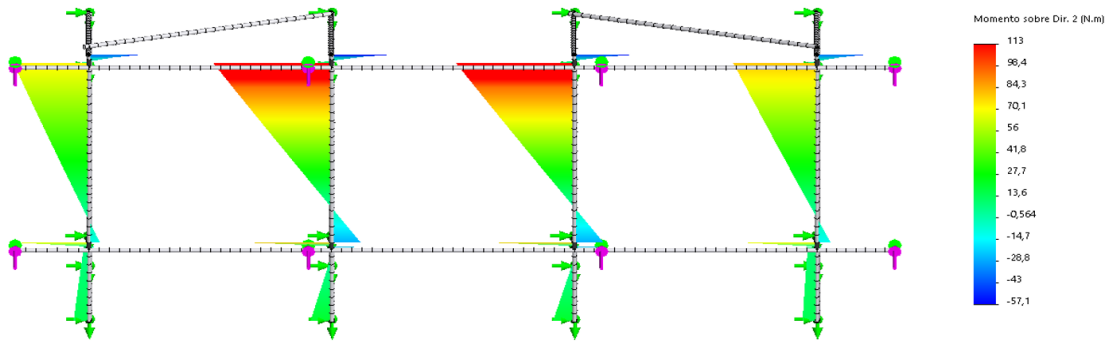
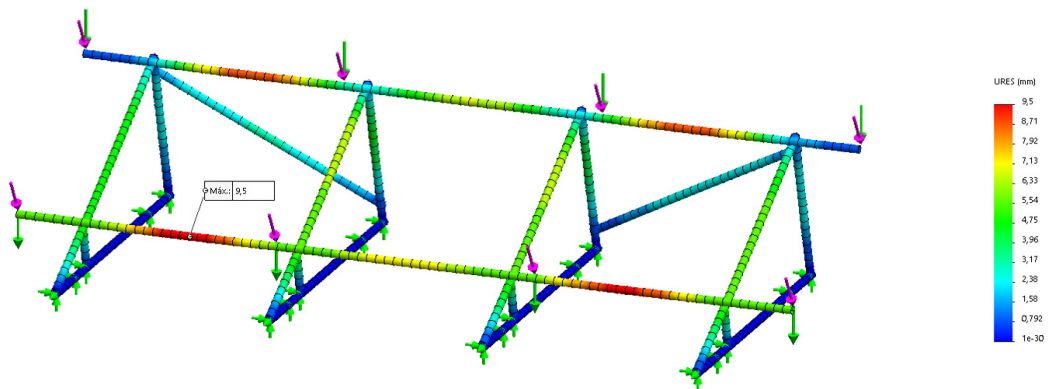


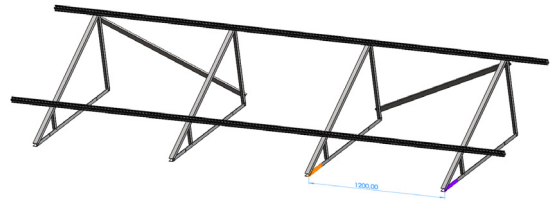
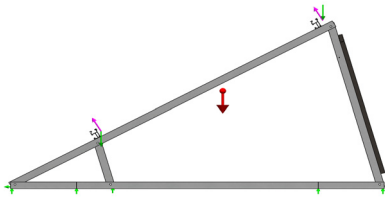
Diagrama MF - Perfil superior



Desplazamientos máximos



ESTUDIO ESTÁTICO



Viento posterior (Succión)

Combinación de acciones H2

$0,8 \cdot PP + 1,5 \cdot Vs$

Diagrama MF - Guía Pro Standard

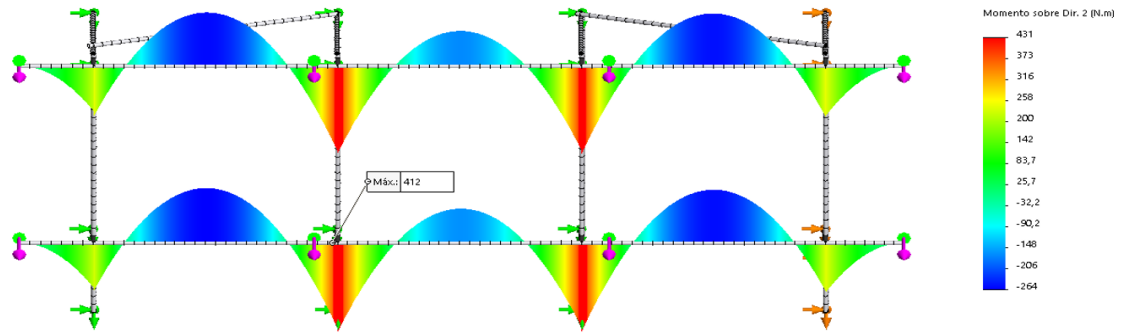
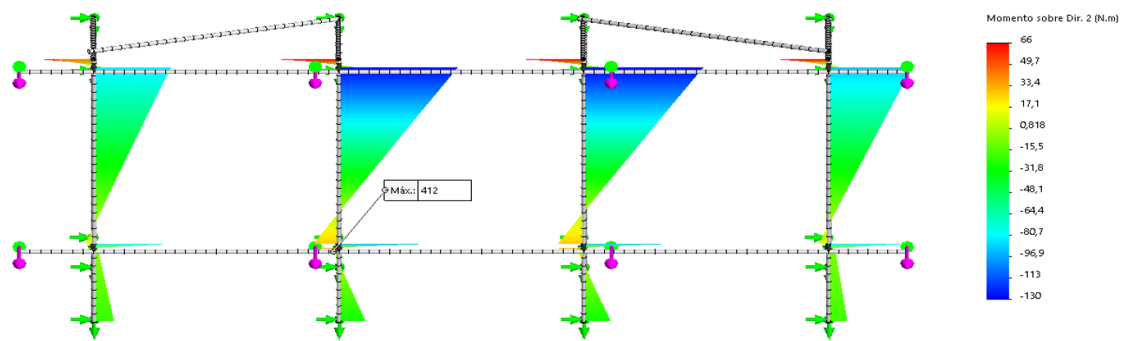
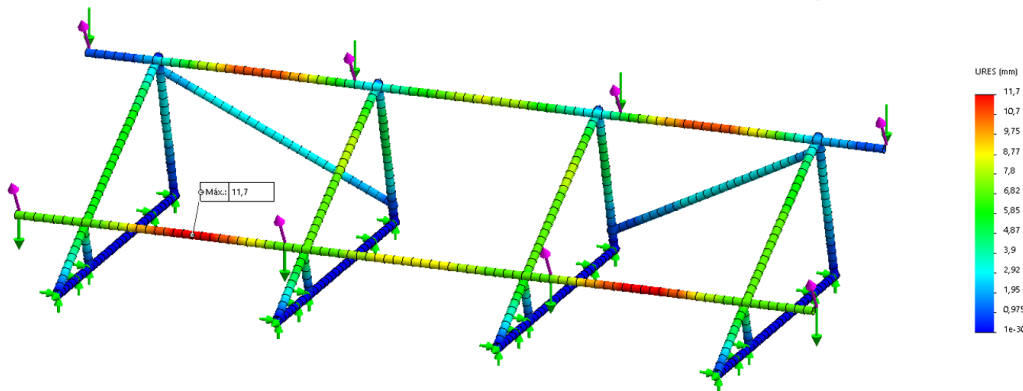


Diagrama MF - Perfil superior



Desplazamientos máximos



RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTRUCTURAL

En este estudio se han tenido en cuenta como cargas permanentes el peso propio de los paneles fotovoltaicos y el peso propio de la estructura portante de los mismos.
 Por otro lado, se ha considerado la acción combinada del viento y nieve sobre la estructura en la zona de instalación tomando como referencia un panel con unas dimensiones de 2108x1048x40 y 25kg. Distancia entre triángulos : 1.2m
 A continuación, se presenta una tabla dónde se resumen los principales valores obtenidos de tensión y desplazamiento máximos de las simulaciones realizadas.

RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTRUCTURAL					
Viento frontal (Presión)		M. Resistente (Wx)	MF máx (MF)	Tensión (σ)	Desplazamiento máx (Flecha)
		Guía PS	2,922 m3	361 Nm	123 N/mm2
	Perfil sup	2,272 m3	113 Nm	41 N/mm2	5 mm
Viento Posterior (Succión)		M. Resistente (Wx)	MF máx (MF)	Tensión (σ)	Desplazamiento máx (Flecha)
		Guía PS	2,922 m3	431 Nm	147 N/mm2
	Perfil sup	2,272 m3	130 Nm	57 N/mm2	7 mm

Teniendo en cuenta que el límite elástico del AL 6005 T5 es de 240 N/mm², y que el desplazamiento máximo (flecha) admisible se ha definido en L/100, se observa que los resultados obtenidos de las simulaciones para la estructura de triángulo TI a 30º vertical se encuentran por debajo de estos valores límites.

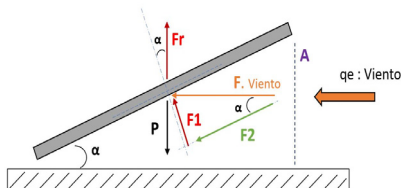
De esta forma, podemos concluir que:

La estructura cumple con el Código Técnico de la Edificación y admite las cargas variables que se dan en el territorio de instalación. De igual forma, la estructura cumple con los requerimientos del eurocódigo 9 `Proyectos de estructuras de aluminio` para ambos casos, el viento a favor de los módulos y el viento en contra de los módulos.

Disclaimer: Para cualquier situación que difiera de las hipótesis de trabajo consideradas en este estudio, se recomienda consultar con el equipo de ingenieros de Sigma - Sonne .

LASTRES

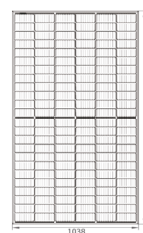
El lastre que necesitará la estructura planteada en la zona de instalación vendrá determinado por la fuerza de succión que ejerce el viento por la parte posterior al módulo. Esta presión intentará levantar la instalación. El objetivo del lastre es contrarrestar dichos esfuerzos asegurando de esta forma la instalación a la cubierta - terreno.



Donde:

- **qe**: Presión ejercida por el viento (N/m²) o (Kg/m²)
- **A**: proyección del área del módulo sobre el eje vertical donde incide el viento(m²)
- **F**: fuerza ejercida por el viento sobre el área A
- **F1**: Componente de la fuerza del viento perpendicular al módulo
- **F2**: Componente de la fuerza del viento paralela al módulo
- **Fr**: Fuerza resultante debida a la presión del viento.

PANELES 2100X1040mm					
Estudio basado en categoría IV- Zona urbana - industrial	PROCEDIMIENTO CTE - COEF SEGURIDAD (0,8 · PP + 1,5 · Vs)				
	Lastre por triángulo (Kg)	Sujeción delantera		Sujeción trasera	
		kg	Dimensión	kg	Dimensión
5m sobre terreno					
Zona A (26m/s)	100	50	27x27x27cm	50	27x27x27cm
Zona B (27 m/s)	108	54	28x28x28cm	54	28x28x28cm
Zona C (29 m/s)	128	64	30x30x30cm	64	30x30x30cm
Estudio basado en categoría IV- Zona urbana - industrial	PROCEDIMIENTO SIMPLIFICADO				
	Lastre por triángulo (Kg)	Sujeción delantera		Sujeción trasera	
		kg	Dimensión	kg	Dimensión
5m sobre terreno					
Zona A (26m/s)	54	27	22x22x22cm	27	22x22x22cm
Zona B (27 m/s)	60	30	23x23x23cm	30	23x23x23cm
Zona C (29 m/s)	72	36	25x25x25cm	36	41x41x41cm



Disclaimer: Para cualquier situación que difiera de las hipótesis de trabajo consideradas, se recomienda consultar con el equipo de ingenieros de Sigma - Sonne . Las dimensiones dadas han sido calculadas tomando como referencia un hormigón con una densidad $\rho = 2400 \text{ kg/m}^3$.