



GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

TRABAJO FIN DE GRADO

ESTRUCTURA MOTORIZADA PARA SOPORTE DE PANELES SOLARES, CON SEGUIMIENTO SOLAR Y MEDIDA DE TEMPERATURA

Autor: Jorge Sánchez-Toril Mora

Tutor: Roberto Capilla Lladró

Valencia, Junio de 2014

ÍNDICE:

MEMORIA.....	1
1. Introducción.....	1
2. Justificación del proyecto	8
3. Conceptos Previos	9
3.1. Irradiación solar, seguidores solares y seguimiento solar	9
3.2. Módulos y células fotovoltaicas.....	12
4. Antecedentes.....	15
5. Factores a considerar	16
6. Soluciones alternativas	17
6.1. Células fotovoltaicas	17
6.2. Elección de placa solar fotovoltaica	19
6.3. Tipología Seguidores Solares	20
7. Descripción de la solución adoptada.....	23
7.1. Distribución de las placas	23
7.2. Ángulos máximos y mínimos.....	24
8. Diseño de la estructura.....	26
8.1. Estado límite último	26
8.1.1. Acciones sobre la estructura	26
8.1.2. Combinaciones de las Acciones	27

8.1.3. Etapa de prediseño.....	30
8.1.4. Estado límite de resistencia de las secciones.....	31
8.2. Estado límite de inestabilidad.....	33
8.3. Estado límite de resistencia de las uniones	33
8.4. Estado límite de servicio.....	35
8.4.1. El estado límite de deformaciones	35
8.4.2. El estado límite de vibraciones	36
9. Resumen Dimensionamiento de la Estructura.....	37
10. Dimensionamiento del eje, cojinete y soporte	38
10.1. Cálculo cojinete y soporte.....	39
10.2. Soporte rodamiento.....	40
10.2.1. Diseño a fallo bajo carga estática	41
11. Actuadores	43
11.1. Actuador Lineal	44
11.2. Actuador Rotatorio	45
11.3. Motores eléctricos.....	46
11.4. Medida del movimiento acimutal y cenital.....	46
11.4.1. Medida movimiento acimutal	46
11.5. Medida altura solar	47
12. Sujeciones y tornillería de las placas solares.....	49
13. Cimentación.....	51
14. Durabilidad de la estructura	52

15. Dimensionado de la instalación eléctrica	54
15.1. Selección del inversor de corriente	54
15.2. Cálculo del cableado	55
16. Seguimiento Solar	56
17. Monitorización de la instalación.....	57
17.1. Medida de la velocidad del viento	57
17.2. Medida de temperatura	57
18. Sistema antirrobo de placas solares	59
19. Bibliografía	60
20. Conclusiones y palabras clave	62
PRESUPUESTO	63
PLIEGO DE CONDICIONES	86
PLANOS	89
ANEXO 1: Cálculo de las acciones	
ANEXO 2: Estado límite inestabilidad	
ANEXO 3: Resistencia de las uniones	
ANEXO 4: Cimentación	
ANEXO 5: Durabilidad de la estructura	
ANEXO 6: Cálculo cableado eléctrico	
ANEXO 7: Especificaciones técnicas	

MEMORIA

1. Introducción

Actualmente estamos frente a una demanda energética cada vez mayor, es necesario que los ingenieros demos soluciones a este problema.

Se nos plantean una serie de cuestiones para poder resolver este problema y es cómo generar la energía que necesitamos sin que sea muy cara pero a la vez que sea una energía limpia o poco contaminante.

Remontándonos al pasado, durante la revolución industrial en la segunda mitad del siglo XVIII, empezó una era de expansión económica, social, tecnológica y cultural. La invención de la máquina de vapor, entre otras, supuso una revolución muy importante para el sector de la industria. Este hecho ha dado lugar a la industria de hoy en día. Todo este desarrollo ha conllevado una serie de ventajas pero también de inconvenientes como que fue a partir de este momento cuando la emisión de humos contaminantes a la atmósfera empezó a crecer de forma exponencial. En esa época no había una gran consciencia de las consecuencias de este hecho. Es a partir de finales del siglo XX con el protocolo de Kioto cuando se empieza a tomar precauciones serias sobre la emisión de gases de efecto invernadero (CO_2 , CH_4 , N_2O ...) que algunas teorías dicen que producen el calentamiento global. Nuestra sociedad esta predominada por el uso de combustibles fósiles, ya sea en transporte, generación de energía, generación de calor, etc. Pero con la vista puesta al futuro de la energía, no es suficiente con los combustibles fósiles, necesitamos una alternativa económica y limpia.

Mirando un poco al mercado de hoy en día nos podemos encontrar varias formas de producción energética, ya sea renovable o no renovable por ejemplo centrales termoeléctricas, fotovoltaicas, eólicas, hidroeléctricas, mareomotrices, etc. Como vemos en la Fig. 1.1.

En España la distribución del uso de la energía es aproximadamente un tercio del total por el transporte, seguido de otro tercio por la industria y entre el uso doméstico y otros, el tercio de la energía restante.

Para disminuir el consumo de la energía en la industria y así por tanto reducir la emisión de gases contaminantes, la solución pasa por mejorar el proceso industrial para incrementar su rendimiento.

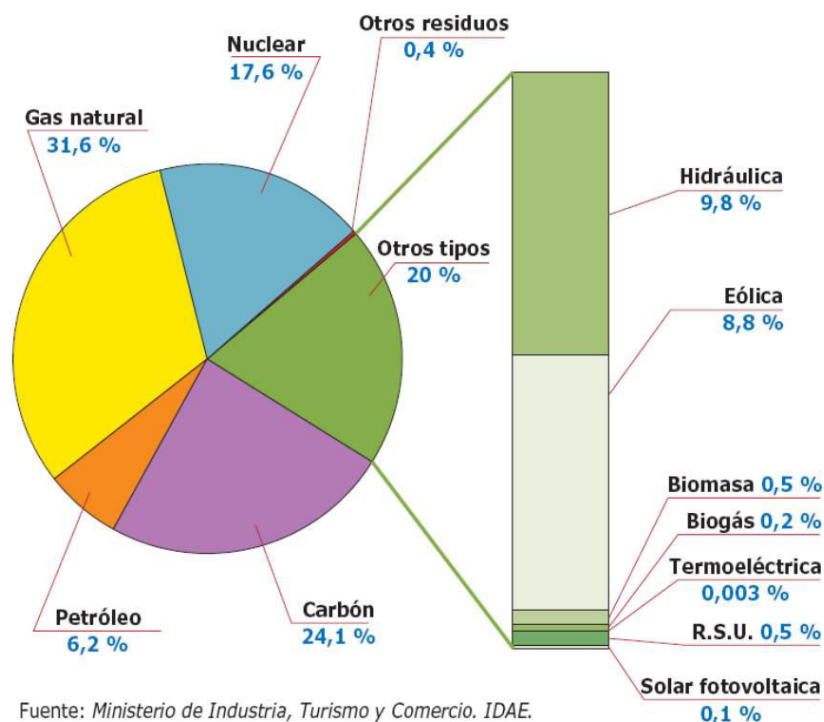


Fig. 1.1 Distribución de las diferentes formas de energía en España, según IDAE.

En el sector del transporte, se aconseja utilizar el transporte público en vez de utilizar el vehículo particular para reducir el consumo de combustibles fósiles. Como solución tecnológica de última aplicación, están los vehículos híbridos que utilizan tanto combustible como energía almacenada en baterías en los coches, las cuales se pueden recargar en cualquier toma de corriente doméstica. Este caso llevado al extremo son los vehículos eléctricos que utilizan tan solo energía eléctrica proveniente de las baterías que incorporan. El inconveniente principal es la autonomía que tienen antes de volver a cargar las baterías.

Debido a esto, el uso de carburantes es alto ya que actualmente la tecnología para el uso de energía renovable en el transporte es limitada.

En la actualidad nos podemos encontrar muchas fuentes de energía renovables como la energía solar y energía eólica como las más utilizadas y también energía geotérmica, hidroeléctrica, mareomotriz, solar, undimotriz, biomasa, los biocombustibles, etc.

Sobre la energía eólica podemos decir que es una de las más rentables dentro de este campo ya que gracias a las subvenciones durante estos últimos años, ha tenido un gran desarrollo.

1 Introducción

Con esta concepción global de la situación actual, podemos ver cómo está la energía solar fotovoltaica. En los últimos años el precio de las instalaciones ha ido disminuyendo considerablemente hasta costar aproximadamente 1 €/W_p¹ instalado. El €/W_p es una medida muy común en fotovoltaica para establecer una relación entre el coste de las instalaciones y la potencia máxima que podría aportar. La bajada de precios ha permitido el incremento de la demanda y una mejora significativa en los costes y rendimientos.

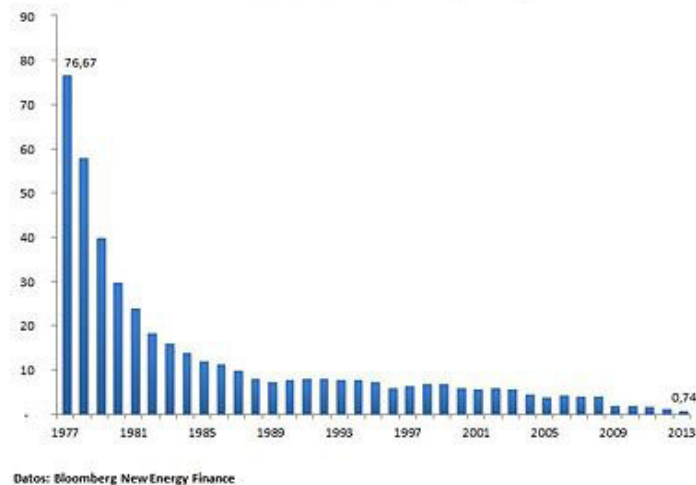


Fig. 1.2 Precio de las células fotovoltaicas de silicio cristalino (en \$/W_p).

Podemos entender este desarrollo viendo los principales hechos en historia de la fotovoltaica hasta la fecha:

- Los inicios de la energía solar fotovoltaica comienzan con Alexandre Edmond Becquerel un físico Francés que descubre el efecto fotoeléctrico.
- En 1873 Willoughby Smith descubre el efecto fotovoltaico en sólidos, en el selenio y en 1877 W.G.Adams y R.E.Day producen la primera célula fotovoltaica de selenio.
- En 1904 Albert Einstein publica su artículo sobre el efecto fotovoltaico y en 1921 Einstein gana el premio Nobel de 1921 por sus teorías de 1904 explicando el efecto fotovoltaico.
- En 1955 se le asigna a la industria americana la tarea de producir elementos solares fotovoltaicos para aplicaciones espaciales. Hoffman Electronic, empresa de Illinois (EE.UU.) ofrece células del 3% de 14mW a 1.500 \$/W_p).
- 1957 Hoffman Electronic alcanza el 8 % de rendimiento en sus células.
- 1958 El 17 de marzo se lanza el Vanguard I, primer satélite alimentado con energía solar.

¹ W_p: Watt pico.

- En 1973 La producción mundial de células es 100 kW. El Skylab lleva 20kW de paneles.
- En 1977 La producción de paneles solares fotovoltaicos en el mundo es de 500 kW.
- En 1983 La producción mundial excede los 20 MW al año.
- En 1994 Se celebra la primera Conferencia Mundial fotovoltaica en Hawai.
- En 2004 Se producen más de 1.000 MW de módulos fotovoltaicos ese año.
- En 2007 Se producen más de 2.000 MW de módulos fotovoltaicos ese año

A finales de 2010, la potencia acumulada en el mundo era de aproximadamente 40.000 MW_p según datos de la European Photovoltaic Industry Association (EPIA), de los cuales cerca de 29.000 MW_p un 72%, se localiza en la Unión Europea.

La energía fotovoltaica tiene ventajas como importantes con respecto a otras energías y es la posibilidad de instalar plantas fotovoltaicas de cualquier tamaño sin variar su rendimiento global. Esto te permite la posibilidad de instalar en el mismo punto de consumo los paneles fotovoltaicos. Por ejemplo una instalación de varios paneles fotovoltaicos en el tejado para alimentar una vivienda familiar para autoconsumo, sin necesidad de ocupar terreno.

Una desventaja clara es el rendimiento bajo de esas instalaciones en comparación a la energía recibida. Los rendimientos de los módulos de silicio cristalino rondan entre un 11 y 16%. Con estas eficiencias se desaprovecha la mayor parte de la energía recibida. Esto significa que para producir la misma energía que una central nuclear, la extensión de terreno debería ser mucho mayor.

Para hacerse una idea, la potencia por hectárea de la planta fotovoltaica de Straßkirchen en Straßkirchen, Alemania, cuenta con 54 MW en 163 hectáreas $\frac{54}{163} = 0,33$ MW/hectárea, mientras que la central nuclear de Cofrentes, Valencia cuenta con 1110 MW en 300 hectáreas lo que equivale a $\frac{1110}{300} = 3,7$ MW/hectárea. Lo que equivale a casi diez veces más de superficie para igualar la potencia.

El rendimiento de una instalación fotovoltaica no sólo depende de los paneles sino de todo lo que lleva detrás de ella que se diseña para conseguir el mayor rendimiento. Se debe tener en cuenta la sección de cable para minimizar la caída de potencial y el inversor para poder convertir la corriente continua en corriente alterna eficientemente para su distribución en la red eléctrica. Los últimos modelos de inversor tienen un rendimiento próximo al 100% en el punto óptimo de funcionamiento.

La estructura es una parte importante. Una estructura fija donde situar los paneles solares aumenta la ineficiencia global del sistema ya que no se sitúan perpendiculares a los rayos incidentes. Esta ineficiencia se reduce al hacer un

seguimiento a lo largo de la trayectoria del sol. Estas estructuras se llaman seguidores solares. Un modelo de seguidor solar lo encontramos en la imagen siguiente.



Fig. 1.3 Seguidor solar monoposte en 2 ejes, Ecoener.

Los antecedentes históricos de la energía solar fotovoltaica no son demasiado extensos ya que es una tecnología relativamente reciente, pero en España esta energía está muy prestigiada.

En España gracias a las subvenciones del estado junto con la conveniencia estratégica de disminuir la gran dependencia energética exterior y aumentar la autonomía energética, se ha impulsado mucho el desarrollo y la instalación de la energía solar fotovoltaica en comparación con el resto de Europa. Un ejemplo lo encontramos en el año 2008 que fue el país que más potencia instalada tenía.

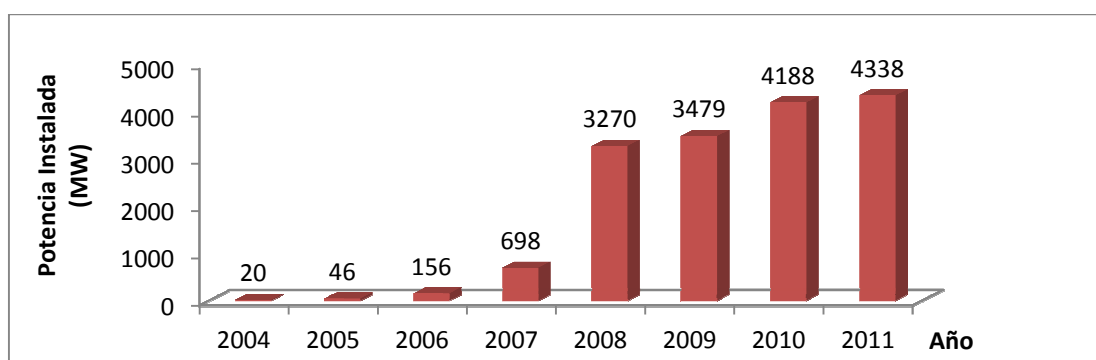


Fig. 1.4 Potencia instalada en España, en MW.

Para conocer un poco más la situación en España es interesante nombrar las leyes y normativas que rigen esta energía:

En 2004 con el Real Decreto (RD) 436/2004 iguala las condiciones para la producción a gran escala de energía solar térmica y fotovoltaica y garantiza su venta (mediante primas a la generación).

El 1 de junio de 2007 entró en vigor el Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial, que mantiene un sistema análogo al contemplado en el Real Decreto 436/2004, de 12 de marzo, en el que el titular de la instalación puede optar por vender su energía a una tarifa regulada, única para todos los periodos de programación, o bien vender dicha energía directamente en el mercado diario, en el mercado a plazo o a través de un contrato bilateral, percibiendo en este caso el precio negociado en el mercado más una prima. En éste último caso, se introdujo una novedad para ciertas tecnologías, unos límites inferior y superior para la suma del precio horario del mercado diario, más una prima de referencia, de forma que la prima a percibir en cada hora, pueda quedar acotada en función de dichos valores. Este nuevo sistema, protege al promotor cuando los ingresos derivados del precio del mercado fueran excesivamente bajos, y elimina la prima cuando el precio del mercado es suficientemente elevado para garantizar la cobertura de sus costes, eliminando irracionalidades en la retribución de tecnologías, cuyos costes no están directamente ligados a los precios del petróleo en los mercados internacionales.

A partir del 30 de septiembre de 2008 la actividad fotovoltaica quedó regulada mediante el RD 1578/2008, que estableció unas primas variables en función de la ubicación de la instalación (suelo: 0,32 €/kWh o tejado: 0,34 €/kWh), estando sujetas además a un cupo máximo de potencia anual instalada a partir de 2009, que se adaptaría año a año en función del comportamiento del mercado.

Posteriormente, el Gobierno aprobó dos regulaciones, una que limitaba la percepción de primas hasta el límite del año 25 (RD 1565/2010, de 19 de noviembre) y la última, que fue publicada el día 24 de diciembre de 2010, en la que se limitaba el número de horas susceptibles de pago, llegando a establecerse un recorte retroactivo de un 30% sobre lo prometido anteriormente.

Poco más de un año después, en enero de 2012 el Gobierno aprobó el Real Decreto Ley (RDL) 1/20129 por el que se procedió a la suspensión de forma indefinida de los cupos del Régimen Especial de energía, es decir, los procedimientos de preasignación de retribución y de los incentivos económicos para nuevas instalaciones fotovoltaicas y demás energías renovables. En la práctica este RDL supuso que las nuevas plantas fotovoltaicas que no estuvieran inscritas en cupos, no recibirían prima alguna, pudiendo vender la energía a precio de mercado.

Tal regulación supuso un gran freno al desarrollo de la energía fotovoltaica y agravó la crisis del sector renovable iniciada con los recortes anteriores.

En la actualidad, se está llevando a cabo una reforma de la Ley 54/1997 en la cual se añade un impuesto llamado “peaje de respaldo” el cual introduce al sector del autoconsumo fotovoltaico un coste añadido.

1 Introducción

Pequeños inversores en esta energía con créditos de financiación que la banca concedía de hasta el 100% de su cuantía cuando las primas permitían unos beneficios a medio plazo y la inversión salía rentable, ven como los ingresos no cubren los gastos y se ven en una situación complicada.

2. Justificación del proyecto

La motivación que ha llevado a realizar este proyecto es el diseño de un seguidor solar para Valencia con la instalación de módulos solares fotovoltaicos y la producción eficiente de energía eléctrica. Esto lleva implícito la mejora del rendimiento respecto a un sistema fijo convencional.

Para el diseño del seguidor solar tendremos en cuenta:

- Los conocimientos sobre el comportamiento del sol, para poder optimizar y aprovechar de manera eficiente la radiación recibida.
- La robustez del seguidor para prevenir fallos y averías que perjudiquen a la producción ya que la se encuentra expuesto a las inclemencias del tiempo que pueden deteriorar las características de los materiales.
- El diseño del producto para conseguir un buen precio en relación a su potencia y así competir con los sistemas fijos.

En este Trabajo Fin de Grado se tratará de cumplir los requisitos antes dispuestos para llevar a cabo un buen diseño del producto.

3. Conceptos Previos

3.1. Irradiación solar, seguidores solares y seguimiento solar

En este apartado explicaremos de algún modo el porqué de los seguidores solares y su utilidad, además de conocer un poco mejor el comportamiento del sol.

El Sol es una estrella que se encuentra a una temperatura media de 6000 K en cuyo interior tienen lugar una serie de reacciones de fusión nuclear, que producen una pérdida de masa que se transforma en energía.

La magnitud que mide la radiación solar que llega a la Tierra es la irradiancia, que mide la energía que, por unidad de tiempo y área, alcanza a la Tierra. Su unidad es el W/m^2 . La energía que llega al exterior de la atmósfera terrestre sobre una superficie perpendicular a los rayos solares lo hace en una cantidad fija, llamada constante solar ($1353 W/m^2$ según la NASA). Este valor es útil fuera de la atmósfera terrestre. Sobre la superficie la radiación varía debido a las diferentes capas de la atmósfera que los rayos solares deben atravesar. La atmósfera absorbe y refleja una parte de esta radiación y deja pasar al resto, pudiendo ser aprovechada por captadores solares para la generación de energía eléctrica, ACS (Agua Caliente Sanitaria), etc.

En la siguiente imagen (Fig. 3.1) podemos observar la irradiación en España.

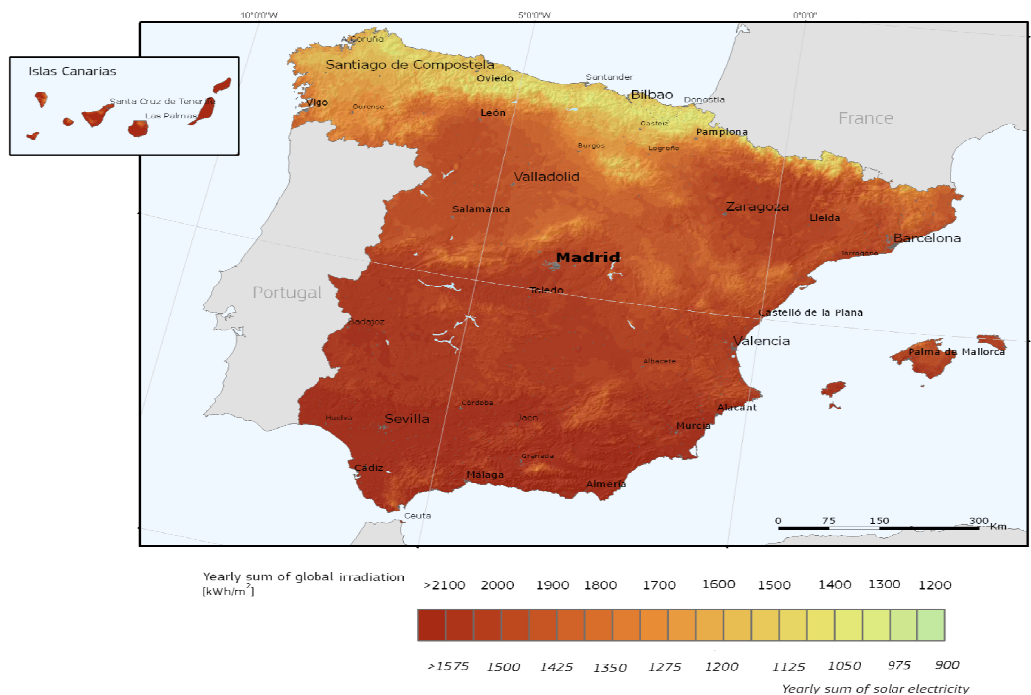


Fig. 3.1 Irradiación para una inclinación óptima (JRC European Commission)

En las zonas del sur se recibe más irradiación que en la zona norte de España, por eso las instalaciones fotovoltaicas son más rentables en estas zonas del sur donde se recibe más irradiación.

Como es lógico pensar, para conseguir la máxima irradiación posible nos debemos situar perpendiculares al sol en todo momento. Por ello existen los seguidores solares.

Un seguidor solar es un dispositivo mecánico capaz de orientar los paneles solares de forma que éstos permanezcan aproximadamente perpendiculares a los rayos solares.

La irradiación es dato más relevante para ver si una instalación fotovoltaica es rentable económicamente. Para poder determinar la cantidad de irradiación que recibe el seguidor solar, existen datos y estadísticas tanto teóricas como experimentales provenientes de estaciones meteorológicas. Para la instalación final del seguidor solar diseñado en este trabajo fin de grado, se deberá hacer un estudio de la situación para ver su rentabilidad en el lugar de la instalación para poder decidir.

Como ya hemos comentado antes, el seguidor solar es un dispositivo capaz de orientar las placas hacia el sol por lo que es importante saber cuál es la dirección del sol en todo momento, o intentar determinarla mediante alguna forma. Nos podemos ayudar de cartas solares que nos predicen la trayectoria del sol en los diferentes días del año y las diferentes horas del día para ver cuáles son los ángulos que el seguidor solar deberá realizar.

En la Fig. 3.2 podemos ver un ejemplo de carta solar para la ubicación de Madrid, España.

Estas cartas solares se definen mediante dos ángulos, altura solar y el ángulo acimutal. El ángulo α , es decir la altura solar, mide la altura respecto a un plano horizontal. Si se une el sol con la posición del observador mediante una línea y esta se proyecta en el plano horizontal, la altura solar es el ángulo formado por esas dos líneas. El ángulo acimutal, Ψ , mide cuánto de desplazado está el sol respecto al sur.

El ángulo cenital es aquel que forma la vertical del observador con el sol. El cenit local es el punto más alto en el cielo con relación al observador, que se encuentra justo sobre su cabeza 90° . De esta definición sacamos que:

$$\text{Ángulo cenital} + \text{Altura Solar} = 90^\circ$$

3 Conceptos previos

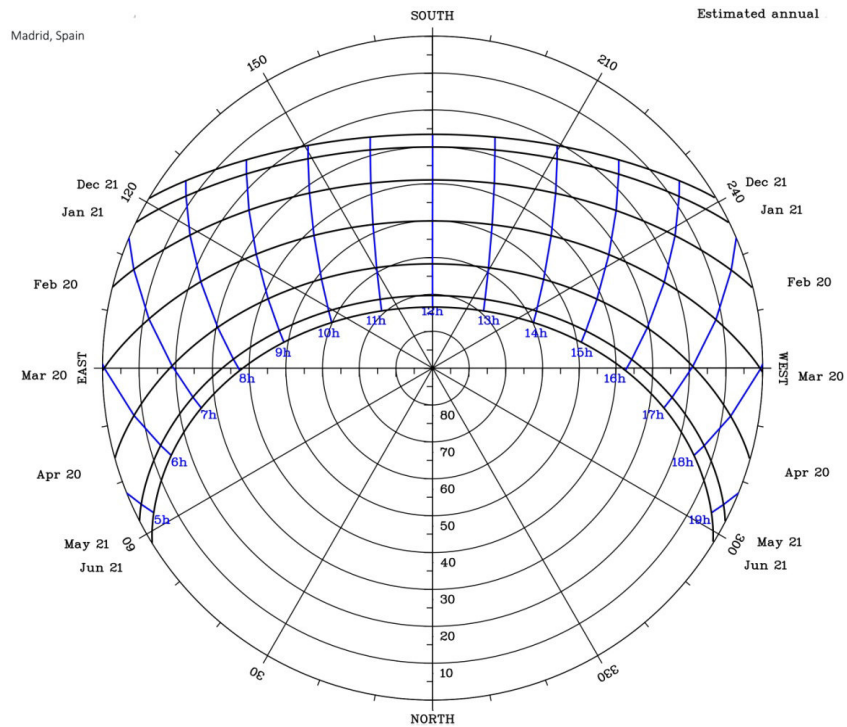


Fig. 3.2 Carta solar anual para Madrid, España.

En el gráfico de abajo se puede ver con claridad todos estos ángulos.

En España la altura solar varía entre los 80° máximos al medio día en verano y 0° cada amanecer. El recorrido acimutal máximo será de 240°. En la imagen Fig. 3.3 podemos ver la definición de los ángulos de una manera gráfica.

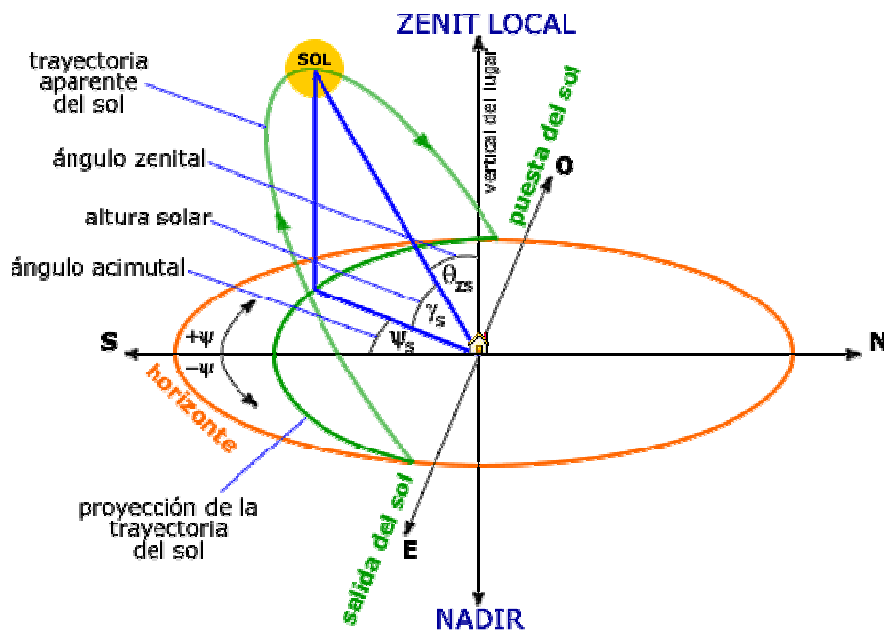


Fig. 3.3 Ángulos que definen la trayectoria solar.

El seguidor solar deberá poder llegar a estos ángulos de giro para poder obtener el máximo rendimiento o aproximarse a ellos. También hay que tener en cuenta que durante el movimiento del seguimiento solar las fuerzas externas varían por lo que puede que algún ángulo este restringido para evitar sobreesfuerzos en la estructura.

Está claro que con las cartas solares no podemos programar un autómata, por lo que existen ecuaciones que nos dan tanto la altura solar como el ángulo acimutal. Estas ecuaciones tienen en cuenta la ubicación geográfica, la hora y la órbita inclinada de la tierra entre otros.

3.2. Módulos y células fotovoltaicas

Los paneles fotovoltaicos es la parte más importante de una instalación solar fotovoltaica. Estos paneles contienen una cantidad determinada de células. Según el número de células y su rendimiento podemos hallar la potencia de la placa solar fotovoltaica.

El comportamiento de estas células solares se basa en el hecho de que los fotones de la luz impactan contra la célula solar y son absorbidos por un material semiconductor como el silicio, arsénico o galio.

La energía suministrada por el fotón permite romper la unión de los electrones de valencia, o cargas negativas, de los materiales semiconductores, produciéndose un movimiento de electrones hacia las zonas de menor energía. Sin embargo los huecos, o cargas positivas, también se mueven en la misma dirección para mantener el equilibrio, por lo tanto, al no hacerlo en sentidos opuestos, no se crea una diferencia de potencial.

Para producir corriente eléctrica hay que orientar en sentido el flujo de huecos y electrones, esto se consigue creando un campo eléctrico en el interior de los materiales semiconductores. Dicho campo eléctrico se consigue mediante la unión de regiones del semiconductor que han sido tratadas con adiciones de elementos, de forma que unas tienen más afinidad a los electrones y otras a los huecos. Estas son las denominadas regiones p y n respectivamente.

Si los semiconductores están correctamente colocados y se aplica un potencial a la célula, al incidir los fotones se produce corriente eléctrica.

La corriente eléctrica producida es continua, esta se puede almacenar, consumir directamente o transformarla, mediante inversores eléctricos, en corriente alterna para su consumo directo o su transporte y distribución en otras localizaciones.

Cuando la fuente de corriente no produce electricidad, es decir, cuando no inciden los fotones sobre el módulo fotovoltaico, se produce la polarización inversa en el diodo. Por esta razón a los módulos se les instalan uno o varios diodos de bloqueo que impiden que los módulos puedan consumir electricidad cuando todas las células del módulo están sombreadas y también diodos de bypass para evitar que se quemen las células sombreadas si hay otras dentro del mismo módulo que no lo están. Este último caso se conoce como el efecto del punto caliente.

Una vez visto cómo funcionan las células solares pasamos a analizar el panel solar. Hay varias características que hay que tener en cuenta para la elección de las placas solares, describiremos las más importantes para posteriormente tener ese conocimiento y poder elegir la más adecuada.

A parte de las precio, dimensiones, peso y potencia pico hay características que a lo mejor pasan desapercibidas pero para nuestro caso nos interesan. Estas son eficiencia, curva I-V, STC, TONC y los coeficientes de temperatura.

- **Eficiencia:** La eficiencia de una placa solar es el porcentaje de potencia convertida en energía eléctrica de la luz solar total absorbida por un panel, cuando una célula solar está conectada a un circuito eléctrico.
- **Curva I-V:** La placa solar puede operar en un amplio rango de voltajes e intensidades de corriente. Esto puede lograrse variando la resistencia de la carga, en el circuito eléctrico, por una parte, y por la otra variando la impedancia de la célula desde el valor cero (valor de cortocircuito) a valores muy altos (circuito abierto) y se puede determinar el punto de potencia máxima teórica, es decir, el punto que maximiza V frente a I, o lo que es lo mismo, la carga para la cual la célula puede entregar la máxima potencia eléctrica para un determinado nivel de radiación. En la Fig. 3.4 tenemos ejemplo de curva I-V de la placa solar Atersa de 235 W para distintas radiaciones.
- **STC:** son las condiciones de medida estándar, con una irradiación de 1000W/m^2 , distribución espectral AM 1,5G y una temperatura de célula 25°C .
- **TONC:** es la temperatura de operación nominal de la célula a una irradiación de 800W/m^2 con una temperatura ambiente de 20°C y una velocidad del viento de 1 m/s .
- **Coeficientes de temperatura:** Es la variación de la potencia, voltaje e intensidad con la temperatura. Este es un dato importante ya que nuestro seguidor solar tendrá temperaturas que reduzcan considerablemente el rendimiento de las placas.

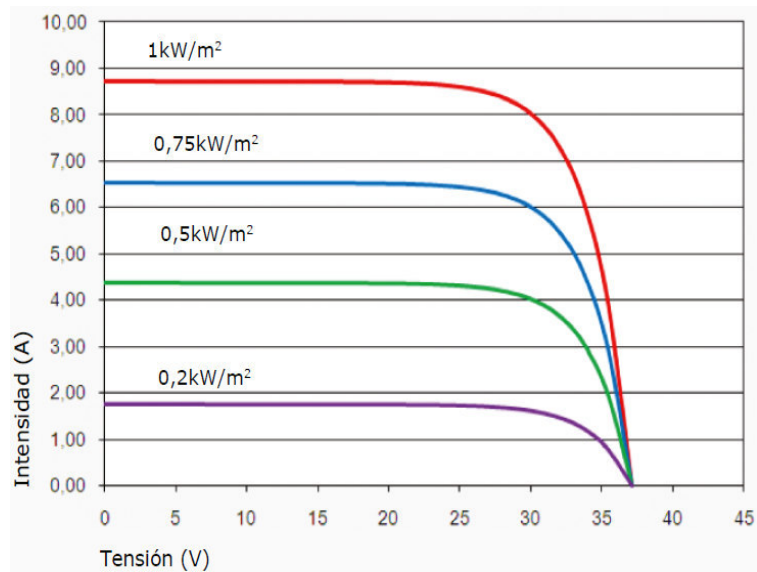


Fig. 3.4 Curva I-V. Relación entre la tensión e intensidad.

Como vemos, estas características son importantes. Por ejemplo una placa solar de una eficiencia determinada, si tiene muchas pérdidas por el aumento de temperatura puede que a una mayor temperatura, tenga peor eficiencia que una de menor eficiencia aparentemente. Por lo que hay que analizarlo ya que el rendimiento de la instalación depende en gran medida de las placas solares.

4. Antecedentes

Previo a comenzar con el diseño debemos decidir sobre el tamaño y potencia del seguidor solar. Actualmente, podemos ver como más fincas y casas rurales tienen en sus casas paneles solares fotovoltaicos para el autoconsumo. Incluso también está aumentando el número de sistemas de riego para cultivos utilizando paneles fotovoltaicos. Estos mercados están en crecimiento por lo que nos centramos en diseñar un seguidor con las características apropiadas para abarcar este sector.

Haciendo un pequeño estudio, observamos que la potencia contratada en una casa unifamiliar normal española está entre 4 y 6 KW. Por lo que la potencia de nuestro seguidor estará en este rango. Esta potencia traducida a m^2 de superficie de captación es de 29-43 m^2 aproximadamente.

5. Factores a considerar

Calcularemos una estructura válida para Valencia. Todas las variables que implica el lugar de instalación del seguidor solar complican hacer un diseño para cualquier región de España. Según la ubicación elegida, elegiremos las cargas correspondientes según la norma para el dimensionamiento de la estructura.

Para conseguir robustez en el seguidor, un futuro trabajo es estudiar detenidamente los puntos críticos del seguidor para poder reforzarlos.

6. Soluciones alternativas

Para analizar las distintas alternativas de nuestro seguidor solar tendremos que tener en cuenta cada una de las decisiones de diseño que vayamos a realizar. En este apartado mostraremos las principales opciones contempladas a lo largo de todo el diseño del seguidor solar y también se justificarán cada una de ellas. Para no extender demasiado este apartado, las decisiones de diseño que no se presentan aquí estarán en sus apartados correspondientes.

Primero veremos la tipología de las células fotoeléctricas que existen en el mercado y analizaremos sus ventajas e inconvenientes y mostraremos las distintas formas de seguidores solares.

6.1. Células fotovoltaicas

Las diferentes tipologías de células fotovoltaicas que existen actualmente en el mercado son:

- **Células silicio amorfo**

Ventajas:

- Funciona con una luz difusa baja (incluso en días nublados).
- Menos costosa que otras tecnologías.
- Integración sobre soporte flexible o rígido.

Inconvenientes:

- Rendimiento a pleno sol bajo, del 5% al 7%.
- Rendimiento decreciente con el tiempo (aprox. 7%).

- **Célula de silicio monocristalino**

Ventajas:

- Buen rendimiento de 14% al 16%
- Buena relación W_p/m^2 lo que ahorra espacio en caso necesario
- Número de fabricantes elevado.

Inconvenientes:

- Coste más elevado

- **Células de silicio policristalino**

Ventajas:

- Células cuadradas (con bordes redondeados en el caso de Si monocristalino) que permite un mejor funcionamiento en un módulo.
- Eficiencia de conversión óptima, alrededor de $100 \text{ W}_p/\text{m}^2$, pero un poco menor que en el monocristalino.
- Lingote más barato de producir que el monocristalino.

Inconveniente

- Bajo rendimiento en condiciones de iluminación baja.

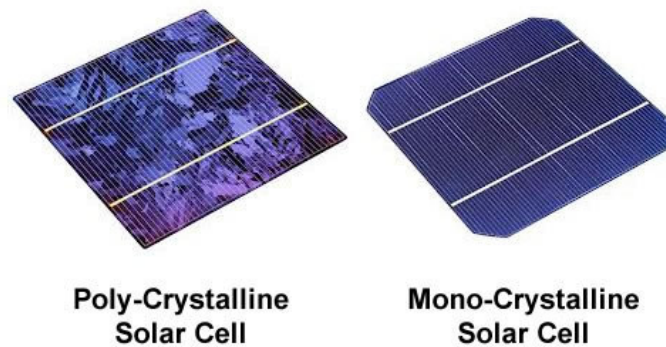


Fig. 6.1 Comparación entre célula policristalina y célula monocristalina.

- **Célula tándem**

Ventajas

- Alta sensibilidad en un amplio rango de longitudes de onda. Excelente rendimiento.

Inconveniente

- El costo es alto debido a la superposición de dos células.

Entre todas las células expuestas la más conveniente para nuestro caso es la policristalina. Si nos fijamos en las características:

La célula amorfa no nos interesa por su bajo rendimiento ya que necesitamos un rendimiento alto para sacar el máximo beneficio a esta instalación.

La célula monocristalina tiene un precio elevado en relación a la policristalina, por lo que también queda descartada. El mayor coste no queda suplido por mejor rendimiento.

Al igual que la célula monocristalina, la célula tándem tiene un coste elevado.

La célula policristalina tiene un precio bajo y su rendimiento es bueno, parecido al monocristalino, sin embargo en condiciones de baja iluminación tiene peor

rendimiento. Podemos observar que nuestro seguidor solar, al estar perpendicular al sol en todo momento, estará menos tiempo en condiciones de iluminación baja así que serán menores sus pérdidas. Concluimos que es una buena elección para nuestro seguidor solar la utilización de placas solares policristalinas.

6.2. Elección de placa solar fotovoltaica

Para poder comparar entre placas, el factor normalmente utilizado es el ratio €/W_p así podemos elegir el de mayor potencia con menor coste. También deberemos fijarnos en otras características como hemos nombrado anteriormente.

Entre las diferentes marcas productoras de paneles fotovoltaicos policristalinos hacemos un pequeño análisis del ratio €/W_p para comenzar por la de menor precio e ir comparándolas.

Marca	Potencia (W)	Precio (€)	Ratio €/W
<i>Merkasol</i>	210	217,8	1,037
<i>Rec</i>	230	211,05	0,917
<i>Rec</i>	235	215,63	0,917
<i>Atersa</i>	235	221,6	0,943
<i>Merkasol</i>	235	232,32	0,988
<i>Rec</i>	240	220,22	0,917
<i>Merkasol</i>	240	242	1,008
<i>Atersa</i>	240	240,4	1,001
<i>Rec</i>	245	220,31	0,899
<i>Atersa</i>	250	254,1	1,016
<i>Atersa</i>	280	277,3	0,990
<i>Technosun</i>	200	193,07	0,965
<i>Technosun</i>	245	236,51	0,965

Tabla 6.1 Tabla comparativa de Potencia, precio y ratio €/W entre diferentes módulos solares.

Tabla 6.2 Comparación de precios y potencias entre diferentes módulos solares.

En esta tabla podemos observar un resumen de los precios más bajos de 4 marcas diferentes y diferentes potencias. Empezaremos analizando la de menor ratio es de la marca Rec y de 245 W de potencia. El precio es de 220,31 € por lo que el ratio €/W_p es de 0,899.

Si nos fijamos en la Tabla 6.1 Tabla comparativa de Potencia, precio y ratio €/W entre diferentes módulos solares.

Tabla 6.2 podemos ver como las placas solares de menor precio son las de la marca Rec. En su hoja de especificaciones vemos como los coeficientes térmicos no varían en cada placa solar así que compararemos con la de menor ratio y que no sea de esta marca.

	Rec 245 W	Atersa 235 W
Potencia Nominal (W)	245	235
Eficiencia (%)	14,8	14,43
Corriente en Cortocircuito (I_{sc})	8,80	8,64
Tensión de circuito Abierto (V_{oc})	37,1	36,94
Intensidad Nominal (I_{MPP})	8,23	8,10
Tensión Nominal (V_{MPP})	30,1	29,04
Coefficiente de Temperatura P (%/°C)	-0,4	-0,43
Coefficiente de Temperatura V_{oc} (%/°C)	-0,27	-0,32
Coefficiente de Temperatura I_{sc} (%/°C)	0,024	0,04

Tabla 6.3 Comparación de especificaciones entre placa solar Rec 245 W y Atersa 235 W.

En todos los factores vemos como es superior la placa solar de la marca Rec. Tiene una mayor eficiencia lo que nos permitirá tener una menor superficie para la misma potencia. También una I_{sc} y V_{oc} mayores por lo que la potencia nominal será más alta. Los coeficientes de temperatura son más pequeños así que tendremos mejor rendimiento a temperaturas mayores de 25 °C.

Durante la realización de este TFG se ha cambiado el módulo solar, primero se había elegido el módulo de Atersa de 235 W, pero se encontró este módulo solar de la marca Rec con mejores características y precio. Este cambio supone en el trabajo una mejoría considerable ya que casi sin modificar el diseño de la estructura por ser la superficie abarcada prácticamente la misma, obtenemos un aumento de 240 W en la instalación y un aumento en la eficiencia a mayores temperaturas. Esto nos indica que el mercado está en continuo cambio. Para un futuro próximo habrá que analizar la situación del mercado de nuevo para ver si encontramos una placa solar con mejores características a la seleccionada y de mejor precio.

6.3. Tipología Seguidores Solares

Analizaremos ahora los diferentes tipos de seguidores solares para poder elegir cuál es el que más nos conviene:

- **En dos ejes:** Intenta seguir la trayectoria del sol en una posición perpendicular a este para poder captar la máxima radiación solar y obtener así un máximo rendimiento.
 - **Mono-poste:** un único apoyo central.
 - **Carrusel:** varios apoyos distribuidos a lo largo de una superficie circular
- **En un eje polar:** la superficie gira sobre un eje orientado al sur e inclinado un ángulo igual a la latitud. El giro se ajusta para que la normal a la superficie coincida en todo momento con el meridiano terrestre que contiene al Sol.
- **En un eje acimutal:** la superficie gira sobre un eje vertical, el ángulo de la superficie es constante e igual a la latitud. El giro se ajusta para que la normal a la superficie coincida en todo momento con el meridiano local que contiene al Sol. La velocidad de giro es variable a lo largo del día.
- **En un eje horizontal:** la superficie gira en un eje horizontal y orientado en dirección norte-sur. El giro se ajusta para que la normal a la superficie coincida en todo momento con el meridiano terrestre que contiene al Sol.



Fig. 6.1 Seguidor solar con una estructura tipo carrusel.



Fig. 6.2 Seguidor solar con una estructura tipo monoposte.

Hemos expuesto las posibilidades que nos ofrece el mercado para construir un seguidor solar. Para obtener el mayor rendimiento posible por unidad de superficie

nos centramos en un seguidor solar en los dos ejes, acimutal y cenital. También tenemos que tener en cuenta que este tipo de seguidores solares son más costosos que los sistemas fijos, por lo que su mayor rendimiento, en torno a un 40% respecto a estos, debe compensar este mayor coste.

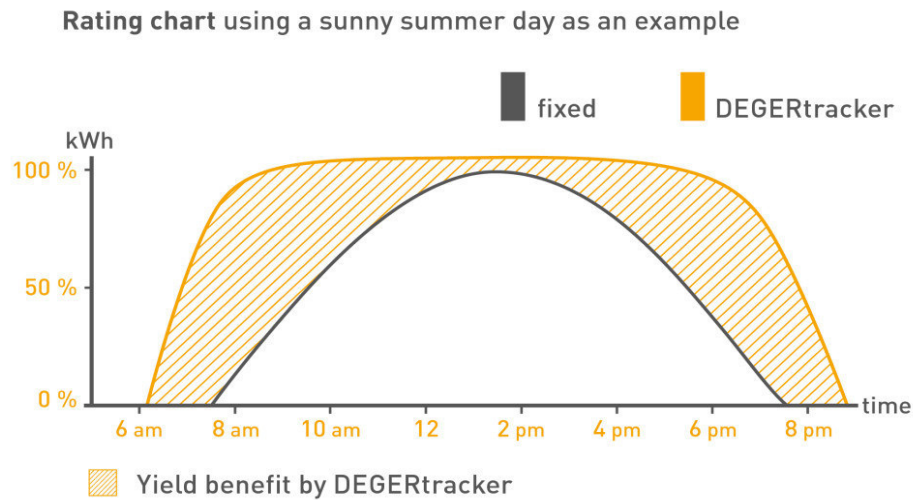


Fig. 6.3 Potencia generada por un sistema con seguimiento solar vs un sistema fijo a lo largo de un día.

Dentro de los seguidores solares en dos ejes, podemos encontrar dos tipologías diferentes, carrusel y mono-poste. Entre estas dos soluciones vemos que el mono-poste es una solución adecuada para nuestro proyecto ya que nos proporciona una menor cantidad de material. Debemos en cuenta que nuestro seguidor solar tiene un tamaño adecuado para esta solución (29-43 m²) ya que si fuera de mayores dimensiones las tensiones que aparecerían en algunos puntos de la estructuras serían excesivamente grandes por lo que este diseño se descartaría.

7. Descripción de la solución adoptada

El seguidor solar constará de una estructura monoposte que soportara un bastidor que servirá como apoyo para albergar una potencia nominal de entre 4-6 KW de placas solares fotovoltaicas policristalinas. La estructura, diseñada para la zona de Valencia, estará compuesta por perfiles normalizados y protegida contra las inclemencias del tiempo para evitar la corrosión y el deterioro de la misma. Para poder medir la variación del rendimiento de nuestra instalación con la temperatura, introduciremos una sonda de temperatura. También añadiremos un anemómetro para controlar la velocidad del viento y en caso de acercarse a la velocidad crítica situarse en posición de defensa.

Intentaremos conseguir el mayor rendimiento, uniendo las placas en una disposición eléctrica adecuada, dimensionando los cables y eligiendo un inversor apropiado.

7.1. Distribución de las placas

Como hemos comentado anteriormente el seguidor solar está orientado para casas rurales, fincas, pequeños sistemas de regadío... de no mucha potencia. Todos estos sistemas requieren de una potencia entre 4-6 KW.

Vemos el tamaño del seguidor solar, es decir, cuántas placas vamos a instalar. Para ello, vemos las dimensiones de la placa elegida, estas son de: 1665x991 mm.

Hacemos unos pequeños cálculos para ver cuántas placas nos harían falta para cubrir el mínimo y máximo de KW.

Para 4 KW harían falta:

$$\frac{4000}{245} = 16,32 \approx 18 \text{ placas}$$

Para 6 KW harían falta:

$$\frac{6000}{245} = 24,48 \approx 25 \text{ placas}$$

Por lo que nos moveremos entre estos límites.

Para hacer una distribución homogénea de las tensiones por el bastidor del seguidor solar, intentaremos formar un cuadrado con la distribución de las placas. Tanto para 18 placas como para 26, no quedaría una distribución homogénea, por lo que intentaremos obtener una intermedia que sí lo cumpla.

7 Descripción de la solución adoptada

Para 24 placas obtenemos la siguiente distribución:

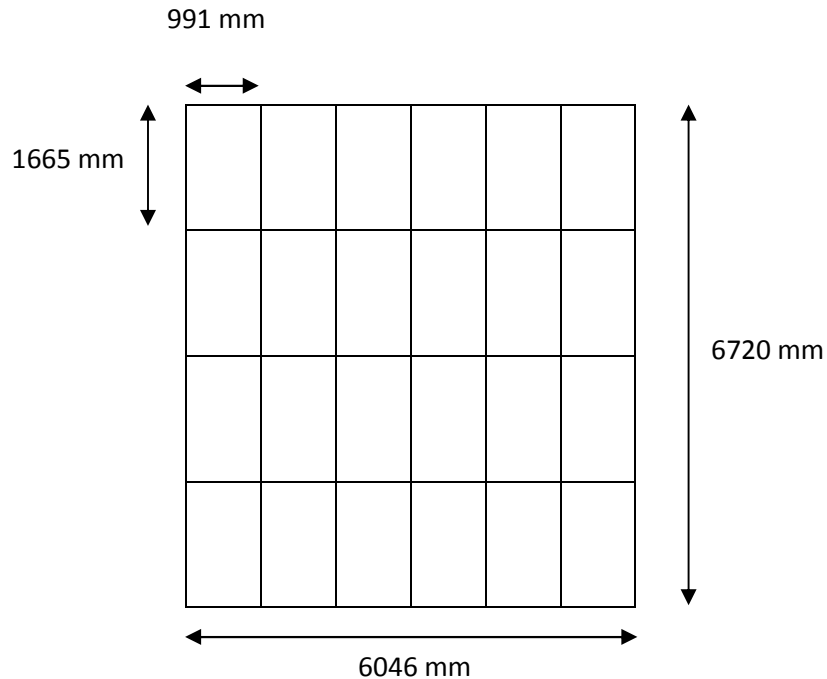


Fig. 7.1 Distribución de las placas a lo largo del bastidor.

Esta disposición cumple todos los requisitos. La placa solar tiene una superficie de $1,65 \text{ m}^2$ que multiplicando por el número de placas tenemos superficie total de aproximadamente $39,6 \text{ m}^2$ para 24 placas. Están dispuestas en 4 filas y 6 columnas, dejando un espacio entre ellas de 2 cm para la colocación de las sujeciones.

7.2. Ángulos máximos y mínimos

Otra de las decisiones de diseño son los ángulos de giro máximos y mínimos para efectuar el seguimiento solar. Los ángulos de giro que le proporcionaremos a la estructura son los siguientes:

Altura Solar: (10° , 90°) respecto de la horizontal

Acimutal: (120° , -120°) respecto del norte

Para el giro acimutal, hemos decidido no situar el seguidor solar en una posición totalmente vertical para evitar sobreesfuerzos tanto en la estructura como en el actuador. Las pérdidas, debidas a esta inclinación son del orden de 2,5% es decir prácticamente despreciables en comparación con las pérdidas del inversor por no trabajar en su punto óptimo de potencia, las pérdidas de los cables, etc. También tenemos en cuenta que al amanecer o atardecer la luz solar debe atravesar una mayor capa de atmósfera por lo que la cantidad de radiación que llega a nuestra placa es baja.

7 Descripción de la solución adoptada

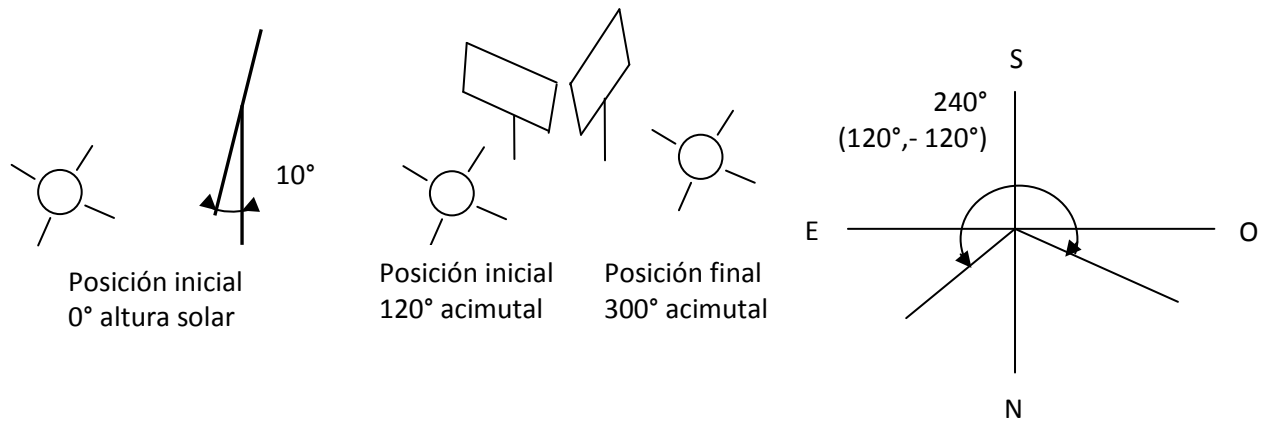


Fig. 7.2 Esquema representativo de los ángulos máximos y mínimos que adoptará el seguidor solar.

8. Diseño de la estructura

La estructura es monoposte lo que quiere decir que tiene un apoyo central en el cual se apoyara el bastidor y las placas. Realizaremos el cálculo de la estructura mediante el programa Sap 2000.

8.1. Estado límite último

Vamos a diseñar la estructura para su estado límite último que hace que quede fuera de servicio por colapso o rotura según define la EAE en el capítulo II artículo 8. Para ello comprobaremos:

$$R_d \geq S_d$$

Donde:

R_d es el valor de cálculo de la respuesta estructural

S_d es el valor de cálculo del efecto de las acciones.

Después de la etapa de diseño deberemos comprobar algunos estados límite para ver si cumplen con nuestro diseño inicial:

- Estado límite de resistencia de la estructura
- Estado límite de inestabilidad (pandeo)
- Estado límite de resistencia de las uniones
- Estado límite de fatiga

8.1.1. Acciones sobre la estructura

Las cargas que se utilizan para calcular la estructura, vienen dadas principalmente por la acción del peso propio, la nieve y del viento incidente, así como las debidas a la acción térmica.

La normativa vigente que se ajusta mejor a este tipo de estructuras, es el Código Técnico de la Edificación (CTE) para el cálculo de las cargas de viento y nieve. Según el CTE pueden no considerarse las acciones térmicas cuando se dispongan juntas de dilatación de forma que no existan elementos continuos de más de 40 m de longitud. En la estructura de la instalación no hay ningún elemento que supere dicha longitud y por tanto no se tendrán en cuenta las acciones térmicas.

Por otra parte, existe una normativa para el diseño y homologación de los módulos fotovoltaicos, la UNE-EN 61215:2006. En esta normativa exigen la realización de algunos test para comprobar las condiciones mecánicas de las placas solares. Para

ello someten a la placa a una presión superficial uniforme de 2400 Pa que simulará la presión del viento a una velocidad de 130 Km/h y nieve por lo que comprobaremos si nuestra estructura soportará esta presión superficial. En nuestro caso al estar situado en Valencia no es necesario comprobar la presión que nos dice la normativa de 5400 Pa para lugares con grandes nevadas heladas.

Tenemos una superficie total de 39,6 m² que multiplicados por los 2400 Pa resulta una fuerza total de 95,04 KN que repartida entre los perfiles para formar una carga distribuida resulta 2,64 KN/m para cada perfil.

El cálculo de las acciones esta en el ANEXO 1. Haremos un resumen de las cargas aplicadas en la estructura para el peso propio, viento y nieve:

- Peso propio: 0,1169 KN/m.
- Viento:

	Perfil 1	Perfil 2		Perfil 3		Perfil 4		Perfil 5		Perfil 6
	B	A	C	A	C	A	C	A	C	B
Presión (KN/m) 0°	1,05	0,58	0,96	0,58	0,96	0,58	0,96	0,58	0,96	1,05
Presión (KN/m) 45°	1,87	2,58	2,11	2,58	2,11	2,58	2,11	2,58	2,11	1,87
Presión (KN/m) 80°	0,58	1,17	0,88	1,17	0,88	1,17	0,88	1,17	0,88	0,58
Presión (KN/m) 0°	-0,76	-0,70	-1,23	-0,70	-1,23	-0,70	-1,23	-0,70	-1,23	-0,76
Succión (KN/m) 45°	-2,23	-3,52	-3,17	-3,52	-3,17	-3,52	-3,17	-3,52	-3,17	-2,23

- Nieve:

Inclinación	Cargas distribuida uniforme nieve (KN/m)
0°	0,266
45°	0,188
80°	0

8.1.2. Combinaciones de las Acciones

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

$$\sum \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_1 + \sum \gamma_{Q,i} \cdot \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \dots$$

Considerando de forma simultánea:

- a) todas las acciones permanentes, en valor de cálculo ($\gamma_G \cdot G_k$), incluido el pretensado ($\gamma_P \cdot P$).

b) una acción variable cualquiera, en valor de cálculo ($\gamma_Q \cdot Q_k$), debiendo adoptarse como tal una tras otra sucesivamente en distintos análisis.

c) el resto de las acciones variables, en valor de cálculo de combinación ($\gamma_Q \cdot \Psi_0 \cdot Q_k$).

Para el cálculo de estados límites últimos aplicaremos los coeficientes parciales de seguridad.

Estos se aplican teniendo en cuenta si la acción es favorable o desfavorable. Según la EAE capítulo III artículo 12, como coeficientes parciales para las acciones en las comprobaciones de los estados límite últimos se adoptan según la tabla siguiente:

Tipo de Acción	Situación Persistente o Transitoria	
	Efecto favorable	Efecto desfavorable
Permanente	$\gamma_G = 0,8$	$\gamma_G = 1,35$
Variable	$\gamma_Q = 0,00$	$\gamma_Q = 1,50$

Tabla 8.1 Coeficientes parciales de seguridad (γ) para las acciones, aplicables para la evaluación de los estados últimos: (EAE Cap. 3, artículo 12)

También podemos encontrar los coeficientes de simultaneidad (Ψ). En nuestro utilizaremos el valor de combinación Ψ_1 que es el valor representativo de la acción variable que sólo es sobrepasado durante períodos de corta duración respecto de la vida útil de la estructura.

	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Nieve (altitud < 1000 m)	0,7	0,5	0,2
Nieve (altitud > 1000 m)	0,5	0,2	0
Viento	0,6	0,5	0

Tabla 8.2 Coeficientes de simultaneidad para la acción de la nieve y viento. (EAE Cap. 3, artículo 11)

Una vez obtenidos los coeficientes realizamos las combinaciones de las acciones:

- Peso propio

Peso propio · 1,35

- Peso propio + viento empuje contra el suelo

Peso propio · 1,35 + *Viento empuje* · 1,5

- Peso propio + viento levantamiento

$Peso\ propio \cdot 0,8 - Viento\ levantamiento \cdot 1,5$

- Peso propio + carga nieve

$Peso\ propio \cdot 1,35 + Nieve \cdot 1,5$

- Peso propio + viento empuje contra el suelo + nieve

$Peso\ propio \cdot 1,35 + Viento\ empuje \cdot 1,5 + Nieve \cdot 1,5 \cdot 0,2$

$Peso\ propio \cdot 1,35 + Nieve \cdot 1,5 + Viento\ empuje \cdot 1,5 \cdot 0,5$

- Peso propio + viento levantamiento + nieve

$Peso\ propio \cdot 0,8 - Viento\ levantamiento \cdot 1,5 + Nieve \cdot 0 \cdot 0,2$

$Peso\ propio \cdot 0,8 + Nieve \cdot 0 - Viento\ levantamiento \cdot 1,5 \cdot 0,5$

Todos los casos son para las inclinaciones de 0°, 45° y 80°

En nuestro caso, el peso de los módulos solares es una acción permanente y las cargas de nieve y viento son acciones variables.

En todos los casos resultan desfavorables las diferentes acciones menos cuando el viento viene de sotavento que intenta levantar la estructura. Este caso es un caso favorable por lo que se tendrá en cuenta para multiplicar por su coeficiente nulo y lo tendremos en cuenta a la hora de dimensionar la estructura y los cimientos.

En nuestro caso f_{yd} para el acero S 275 según la norma UNE-EN 10025-2:

Tensión en el límite elástico	f_y	275 N/mm ²
Módulo de Elasticidad	E	210000 N/mm ²
Módulo de Rigidez	G	81000 N/mm ²
Coeficiente de Poisson	ν	0.3
Densidad	ρ	7850 °C ⁻¹
Coeficiente de dilatación térmica	α	1,2·10 ⁻⁵ kg/m ³

Tabla 8.3 Propiedades del acero S 275 según la norma UNE-EN 10025-2

Aplicando el coeficiente parcial de seguridad del material

$$f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_{MO}} = \frac{275}{1,05} = 262 \text{ MPa}$$

Siendo:

$$\gamma_{MO}=1,05$$

En la estructura aparecen diferentes solicitaciones. Estas solicitaciones pueden ser absorbidas mejor por algunos perfiles que por otros según de la carga que se trate, por eso para las diferentes partes del seguidor se han elegido perfiles que soportan correctamente el esfuerzo al que están sometidos.

La forma más exacta de realizar el diseño sería mediante un modelo de elementos finitos ya que es una estructura compleja en movimiento, pero este método conlleva un minucioso trabajo. Se propone para un futuro trabajo comprobar la estructura para las diferentes situaciones que origina las acciones del viento (succión, presión, turbulencias...) y optimizarla mediante este método.

En nuestro caso, para simplificar el modelo, despreciaremos el movimiento por ser un movimiento muy lento que no genera casi esfuerzos dinámicos, por lo que podemos asimilar la estructura a una estructura estática. Podremos de esta forma hacer un modelo con el programa Sap 2000 y calcularlo como una estructura metálica.

8.1.3. Etapa de prediseño

Antes de realizar el análisis, hay que proponer qué perfiles poner en cada parte de la estructura y a partir de ahí iterar para conseguir el diseño óptimo que cumpla con las tensiones del límite elástico de cada perfil. Para ello definiremos primero qué perfiles nos hacen falta para nuestro seguidor solar.

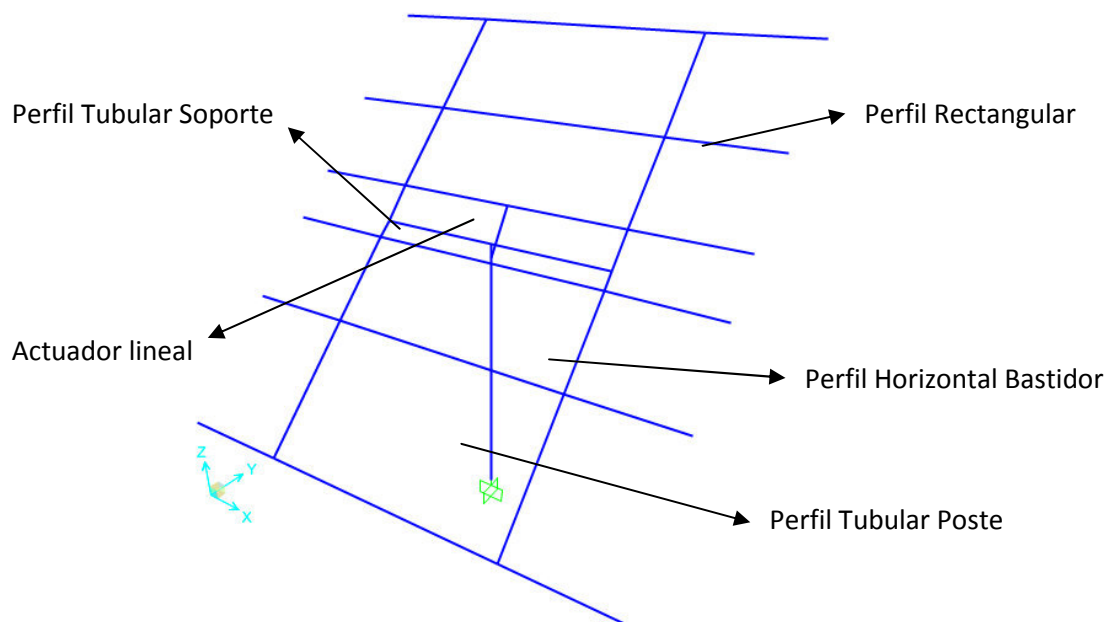


Fig. 8.1 Esquema del seguidor solar con los nombres de los diferentes perfiles.

Daremos un valor inicial a cada perfil para empezar con el diseño:

Nombre Perfil	Perfil Inicial
Perfil Rectangular	60x30x4
Perfil Horizontal Bastidor	HEB 120
Perfil Tubular Soporte	Tubo D.219x5mm
Perfil Tubular Poste	Tubo D.219x5mm

8.1.4. Estado límite de resistencia de las secciones

Diseñaremos la estructura mediante la resistencia de los elementos. Para el cálculo de las solicitaciones utilizaremos el Sap 2000 que nos ofrece las tensiones que aparecen en los diferentes puntos de la estructura y comprobaremos que son inferiores al límite elástico del material. En el caso de no cumplir aumentaremos el tamaño del perfil y recalcularemos la estructura. De esta forma cumpliremos los requisitos del estado límite de resistencia de las secciones.

- **Diseño Perfiles Rectangular**

Primero, el perfil que soporta las placas principalmente esta solicitado a flexión unidireccional por lo que un perfil IPE o HEB lo soportarían correctamente, pero estos perfiles son demasiado robustos y a la hora de colocar las sujeciones para las placas dificultaría el trabajo. Un perfil rectangular o cuadrado es adecuado para este caso. Cabe pensar que un perfil rectangular trabaje mejor pero calcularemos para los dos casos. También podríamos pensar en utilizar un perfil de aluminio que facilita la instalación de las placas solares pero este material tiene menor resistencia que el acero por lo que necesitaríamos un perfil de grandes dimensiones.

- Aplicación de las cargas

A cada perfil rectangular le vendrá asignada un estado de cargas debido a que la presión del viento no es constante por toda la superficie.

Como la dirección del peso de la nieve y del peso propio no está en el mismo eje que la carga de viento, tendremos que aplicar las cargas en su correspondiente dirección, la nieve y el peso en la dirección de la acción gravitatoria y el viento perpendicular al plano que forma el bastidor. Hay que tener en cuenta que en el Sap 2000 deberemos ajustar los ejes locales de los perfiles rectangulares para que coincidan con la carga del viento como se dibuja en la siguiente figura.

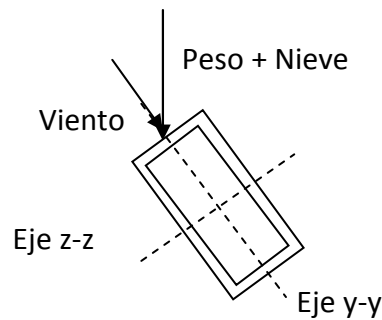


Fig. 8.2 Esquema de las cargas sobre el perfil rectangular

La carga de la nieve es de 1,64 KN/m y el peso propio de 0,12 KN/m. Estas cargas están calculadas repartiendo la fuerza total entre la longitud de los 6 perfiles, de manera que queda una carga uniformemente distribuida por cada perfil.

Mediante el Sap 2000 calculamos las tensiones que aparecen en los distintos perfiles rectangulares. La tensión máxima que aparece en estos perfiles es de $215,68 < 262$ MPa. Siendo el perfil rectangular 70x49 mm y de espesor 5 mm.

Haciendo una comparativa entre los perfiles rectangulares y los cuadrados, vemos que el perfil rectangular soporta mejor las cargas ya que tiene más inercia en uno de sus ejes por lo que soporta mejor los momentos en ese eje.

- **Diseño Perfil Horizontal Bastidor**

El perfil que aguantara el primer perfil está solicitado a flexión unidireccional pero la carga que debe soportar este es mucho mayor que el anterior. En este caso sí que pensamos en los perfiles IPE o HEB. Si vemos que un perfil IPE sale excesivamente grande, elegiremos un perfil HEB que gracias a su forma nos permite tener un tamaño menor de perfil que con el IPE.

Para el diseño de los perfiles hay que tener en cuenta que estos perfiles soportan toda la carga del viento, de la nieve y del peso de la estructura que tiene por encima de ella.

Haciendo varias iteraciones para ver el perfil comprobamos que cumple para un HEB 160. Para este perfil la tensión es de $231,07 < 262$ MPa

- **Diseño Perfil Tubular Soporte**

Entre el perfil HEB 160 y el apoyo central nos encontramos con un perfil que deberá soportar la carga de todo el panel a flexión bidireccional. Ya que esta carga no está dirigida en un solo eje como las dos anteriores, necesitamos un perfil que pueda

soportar la flexión en varias direcciones. Por ello un perfil tubular cumple estos requisitos ya que tiene el mismo módulo resistente en todas las direcciones.

El máximo momento se encuentra en el apoyo, por lo que si aumentamos la sección de apoyo lo disminuiríamos considerablemente, para ello haremos un refuerzo en este punto.

Teniendo en cuenta todas las cargas de viento nieve y el peso propio de la estructura, calculamos el perfil correspondiente. En este caso cumple el perfil tubular de diámetro 323,9 mm y espesor de 6 mm.

La tensión que aparece es de $219,14 \text{ MPa} < 262 \text{ MPa}$.

- **Diseño Perfil Tubular Poste**

Por último, diseñaremos el poste que sujeta toda la estructura. Este elemento está solicitado por un axil, debido al peso de la estructura, la acción del viento y la nieve, y una flexión y torsor debido a la acción del viento. Por el mismo motivo que antes proponemos un perfil tubular ya que resiste adecuadamente estas solicitaciones.

La tensión más desfavorable aparece con una inclinación de 80° ya que la flexión que produce el viento es mayor para esta inclinación. Para todas estas cargas, el perfil tubular calculado es de 355,6 mm de diámetro y un espesor de 16 mm. La tensión que aparece es de $251,97 > 262 \text{ MPa}$.

8.2. Estado límite de inestabilidad

Las secciones a estudiar para esta comprobación son los perfiles tubulares. Estos perfiles están sometidos a flexión y compresión por lo que habrá que comprobar si presentan o no pandeo.

En el ANEXO 2 podemos encontrar los cálculos referentes al pandeo.

Comprobamos que los perfiles no sufren pandeo.

8.3. Estado límite de resistencia de las uniones

En la estructura podemos encontrarnos dos métodos de unión, la soldadura y uniones atornilladas.

En este capítulo diseñaremos las uniones ya sean uniones atornilladas o soldadas.

- **Uniones atornilladas**

Para el diseño de las uniones atornilladas nos iremos a la EAE Cap. XIV Artículo 58 *Uniones atornilladas* donde se exponen la tipología de tornillos, agujeros para tornillos, disposiciones constructivas y la resistencia del elemento con agujero. Para la

unión del perfil tubular con la cimentación del seguidor solar, acudiremos al Cap. XIV Artículo 65 *Uniones a la cimentación* donde podemos encontrar toda la información correspondiente para el diseño correcto. También deberemos ir a la EHE-08 donde encontramos la normativa referente a los pernos de anclaje con la cimentación artículo 69.5 *criterios específicos para el anclaje y empalme de las armaduras*.

En el ANEXO 3 podemos encontrar los cálculos.

Ahora mostramos una tabla resumen de los cálculos realizados:

Elemento	Dimensiones
Placa anclaje	D. 600 mm espesor 25 mm
Pernos de anclaje	D. 20 mm longitud 350 mm
Refuerzos placa anclaje	Triángulos acero S 275 100x100x10 mm
Unión soporte rodamiento - HEB	4 x Tornillo M 20. Distancia borde 30 mm
Unión perfil tubular- Actuador rotatorio	18 x Tornillo M 16; 19 x Tornillo M 16

- **Uniones soldadas**

Se llama soldadura a la unión de dos piezas metálicas de igual o parecida composición, de forma que la unión quede rígida y estanca.

Esto se consigue bien por el efecto de fusión que proporciona la aportación de calor, bien por la aportación de otro metal de enlace o por la combinación de ambos efectos.

Para un futuro trabajo se estudiará las distintas uniones soldadas que aparecen en el seguidor solar. La normativa que debe cumplir este tipo de uniones es la EAE capítulo XIV artículo 59. Para la unión soldada entre los perfiles tubulares deberemos acudir al artículo 64 de esta misma norma donde se expone las *Uniones soldadas entre perfiles huecos de sección circular*.

Dentro del ANEXO 3 en el último apartado nos encontramos una descripción más precisa de lo mencionado. En los planos se pondrá orientativamente un espesor a falta de hacer la comprobación para dejar indicado el lugar donde se realizarán las soldaduras.

- **El estado límite de fatiga.**

La fatiga de materiales se refiere a un fenómeno por el cual la rotura de los materiales bajo cargas dinámicas cíclicas se produce más fácilmente que con cargas estáticas. Para nuestro caso de la misma forma que para el análisis de vibraciones se propone para un futuro trabajo analizar detenidamente puntos de la estructura donde se produzcan concentradores de tensiones que facilitarán una aparición de grieta y el

avance de esta. Un análisis mediante elementos finitos con un programa como Ansys sería adecuado para comprobar la estructura por fatiga.

8.4. Estado límite de servicio

Según la EAE capítulo II artículo 8:

“Se incluyen bajo la denominación de estados límite de servicio todas aquellas situaciones de la estructura para las que no se cumplen los requisitos de funcionalidad, de comodidad, de durabilidad o de aspectos requeridos.”

En la comprobación de los estados límite de servicio se debe satisfacer la condición:

$$C_d \geq E_d$$

Donde:

C_d es el valor límite admisible para el estado límite a comprobar (deformaciones vibraciones...)

E_d es el valor de cálculo de los efectos de las acciones (tensiones, nivel de vibración...)

Para ello deberemos comprobar que la estructura soporte:

- El estado límite de deformaciones que pueden afectar a la apariencia o al uso de la estructura o causar daños en elementos no estructurales.
- El estado límite de vibraciones que pueden ser desagradables o provocar daños en la estructura o equipos.

8.4.1. El estado límite de deformaciones

En el de la EAE (artículo 36) vemos este apartado:

“El estado límite de deformaciones se satisface si los movimientos en la estructura, son menores que unos valores límite máximos.”

En nuestro caso no será necesario llevar a cabo esta comprobación ya que las deformaciones no afectan a la estética, funcionalidad o durabilidad de la propia estructura.

La deformación máxima obtenida es de 5 cm, un valor razonable para el tipo de estructura y la función que realiza. No es necesaria una comprobación de la flecha en el Estado Límite de Servicio, puesto que la apariencia y estética no son factores imprescindibles en el diseño de la estructura.

8.4.2. El estado límite de vibraciones

Los efectos producidos por las vibraciones pueden llegar a dañar la estructura. Estos pueden ser producidos por muchas causas como lo es el viento.

Para limitar los efectos vibratorios en las estructuras, los valores de sus frecuencias fundamentales, o de sus elementos estructurales aislados, deben en lo posible estar suficientemente alejados de las frecuencias de excitación para evitar la resonancia. Los efectos dinámicos no son añadidos ya que el movimiento es despreciable para producir estas acciones.

El estudio de los modos de vibración de esta estructura se propone para un futuro trabajo. De la misma manera que para el análisis de fatiga, proponemos el estudio mediante elementos finitos.

9. Resumen Dimensionamiento de la Estructura

Podemos ver una imagen representativa de las tensiones que aparecen en los distintos puntos de la estructura para hacernos una idea de qué puntos son los más desfavorables. En estos puntos habrá que reforzarlos para evitar posibles grietas o roturas.

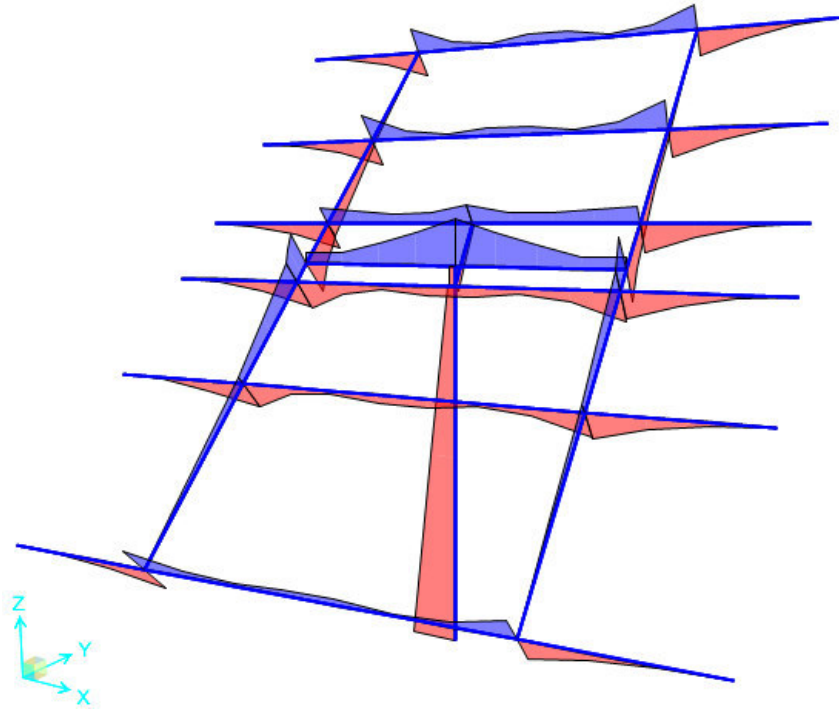


Fig. 9.1 Análisis mediante Sap 2000 de la estructura para una inclinación de 45°.

Los perfiles utilizados serán:

Nombre Perfil	Perfil Inicial	Perfil Final
Perfil Rectangular	60x30x4	70x49x5 mm
Perfil Horizontal Bastidor	HEB 120	HEB 160
Perfil Tubular Soporte	Tubo D.219x5mm	Tubo D.323,9x6 mm
Perfil Tubular Poste	Tubo D.219x5mm	Tubo D.355,6x16 mm

Comprobamos la normativa EN-61215 con la presión de viento y nieve calculada anteriormente y verificamos que la estructura soporta las tensiones.

10. Dimensionamiento del eje, cojinete y soporte

Para el dimensionamiento del eje donde se apoya el bastidor y donde se encuentran los rodamientos, cogeremos los valores de axil, cortante y momento que nos proporciona el Sap 2000 para esos puntos de la estructura. El eje tendrá una longitud de 160 mm.

Los valores del Sap son:

$$\text{Axil} = 5,139 \text{ KN}$$

$$\text{Cortante} = 60,2 \text{ KN}$$

$$\text{Momento Flector} = 13,665 \text{ KNm}$$

El cortante producirá otro momento que se hará máximo en el apoyo de valor:

$$M = 60,2 \text{ KN} \cdot 0,160 \text{ m} = 9,632 \text{ KNm}$$

Calcularemos la tensión máxima que aparece en el apoyo por ser la sección crítica. A continuación calculamos el cortante y la tensión que aparece en esta sección

Axil:

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{N}{\frac{D^2}{4}}$$

Cortante:

$$\tau_{\text{máx}} = \frac{4}{3} \cdot \frac{V}{\pi \cdot \frac{D^2}{4}}$$

Flector:

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{M}{\pi \cdot \frac{D^3}{16}}$$

Tensión de Von Mises:

$$\sigma_{\text{VM}} = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau_{\text{máx}}^2}$$

σ Mediante estas formulas podemos hallar el D_{min} para que cumpla. Al igual que antes la tensión que aparece debe ser inferior al límite elástico para el acero S275 de 262 MPa. Aplicando el criterio de Von Mises con un coeficiente de seguridad de 1,5. El

diámetro que cumple es el de 89 mm con una tensión de 172,35 MPa. El cálculo de este eje servirá para realizar el dimensionado del cojinete.

10.1. Cálculo cojinete y soporte

Con el fin de disminuir la fricción de los ejes al girar, se utilizan apoyos denominados cojinetes. Según el tipo de carga que transmiten, los cojinetes se dividen en radiales y axiales, aunque determinadas soluciones constructivas admiten cargas combinadas.

Atendiendo a la forma de funcionamiento se puede establecer la siguiente clasificación:

- Cojinetes de rodadura (rodamientos).
- Cojinetes de deslizamiento seco.
- Cojinetes porosos impregnados en lubricante.
- Cojinetes de película de fluido (cojinetes de aceite).
- Cojinetes magnéticos.

En los rodamientos la carga se transmite a través de elementos (bolas, rodillos u agujas) que están en contacto de rodadura entre dos anillos, mientras que los cojinetes de aceite hacen uso de una película de aceite para disminuir la fricción. Para nuestro seguidor solar utilizaremos un rodamiento.

Ventajas:

1. Su par torsor de fricción de arranque es menor, y la diferencia entre el par torsor inicial y el par torsor de operación es también pequeño.
2. Las dimensiones de los rodamientos están normalizadas.
3. El mantenimiento, repuesto e inspección es más sencillo.
4. Los rodamientos se pueden precargar a fin de alcanzar una mayor rigidez y limitar el movimiento radial y axial del eje.
5. El tamaño axial de los rodamientos es menor que el de los cojinetes.
6. Los requerimientos de lubricación son bajos.

Inconvenientes:

1. Son más ruidosos en operación normal.
2. Son más sensibles al efecto de las partículas metálicas o suciedad que pueden limitar su vida. (En los cojinetes, son eliminadas por el lubricante o se embeben en el material más blando)
3. Tienen vida finita debido a que se produce fallo por fatiga superficial.
4. Poseen menos capacidad de absorción de choques que los cojinetes.

10 Dimensionamiento del eje, cojinete y soporte

5. Para un mismo tamaño del eje, los rodamientos tienen mayor tamaño radial que los cojinetes de deslizamiento.

En este apartado dimensionaremos el cojinete de rodadura por su fácil mantenimiento, porque su par torsor de arranque es bajo lo que nos ayudara en nuestra aplicación y por los bajos requerimientos de lubricación.

Ahora seleccionaremos el soporte del rodamiento. A partir del soporte buscaremos que rodamientos podemos utilizar.

10.2. Soporte rodamiento

El rodamiento debe ir unido a una carcasa que a su vez irá sujeto al perfil HEB. Para ello nos fijamos en las dimensiones del perfil y del rodamiento. Existen varios tipos de soporte como se muestra en la Fig. 10.1. En nuestro caso buscamos una tipología que pueda adaptarse a nuestro perfil HEB.



Fig. 10.1 Diferentes modelos de soporte de rodamientos: UCP, UCF, UCFL, UCFC, UCT.

Entre las diferentes tipologías que nos encontramos en la figura, nos fijamos en el tipo UCP. En estos modelos podemos encontrar que la unión es en el plano paralelo al eje como buscamos en nuestro caso. Dentro de estos modelos deberemos buscar uno que tenga 4 fijaciones para que pueda acoplarse al ala del perfil HEB. El diámetro del eje ha de ser de 100 mm. Además debemos buscar un soporte con una anchura del orden de 160 mm para que se acople correctamente al perfil HEB 160.

Dentro de los catálogos de soportes para rodamientos de SKF podemos encontrar el modelo SAF.

La capacidad de carga como dice en la página web del fabricante:

“Los soportes de pie SAF se han diseñado para cargas predominantemente verticales a través de la base. Por lo tanto, si toda la base del soporte va apoyada, las cargas están limitadas solamente por los límites de carga del rodamiento. Si hay cargas actuando en otras direcciones, deberá asegurarse de que el soporte seleccionado tiene una resistencia suficiente.”

En nuestro caso la carga predominante es la radial siendo inferior la axial por lo que no será necesario comprobar la resistencia del soporte, diseñaremos el rodamiento para las cargas que aparecen.

El fabricante nos indica este soporte está diseñado para:

- Rodamientos de bolas a rótula de las series 12 y 13.
- Rodamientos de rodillos a rótula de la serie 222, 223 y 230.

En nuestro caso elegimos los rodamientos de rodillos a rótula.

Las condiciones del lubricado con grasa vienen dadas en la ficha de especificaciones del producto.

10.2.1. Diseño a fallo bajo carga estática

Un fallo que puede aparecer en rodamientos es el debido a la carga estática que se transmite cuando el rodamiento no gira. Ya que el rodamiento gira a muy bajas velocidades, la capacidad de carga permisible para el rodamiento no está determinada por la fatiga del material, sino por la deformación permanente del camino de rodadura originada por la carga. Según el fabricante SKF:

“Las cargas que actúan sobre un rodamiento estacionario, o sobre un rodamiento que efectúa lentos movimientos de oscilación pueden dar lugar a superficies aplanadas en los elementos rodantes y a indentaciones en los caminos de rodadura.”

Cada rodamiento tiene definida una capacidad de carga estática C_0 , utilizada para la definición del fallo estático del mismo.

Se define el coeficiente de seguridad estática X_0 como la relación entre la capacidad de carga estática C_0 y la carga estática equivalente F_0 .

$$X_0 = \frac{C_0}{F_0}$$

Donde la carga estática equivalente se calcula a partir de los factores de fuerza axial y radial siguiendo las instrucciones del fabricante del rodamiento.

$$F_0 = F_{0r} + y_0 \cdot F_{0a}$$

10 Dimensionamiento del eje, cojinete y soporte

Preseleccionamos un rodamiento de rodillo a rótula de la serie 222, 223 o 230 y comprobamos que cumple con nuestras especificaciones.

En este caso seleccionaremos el modelo 22220 E. (Fig. 10.2)

Rodamientos de rodillos a rótula, agujero cilíndrico y cónico

Dimensiones principales			Capacidades de carga básica		Velocidades nominales		Designación
d	D	B	dinámica	estática	Velocidad de referencia	Límite de velocidad	
mm			kN	C ₀	rpm		* rodamiento SKF Explorer
100	180	46	425	490	3400	4500	22220 E *

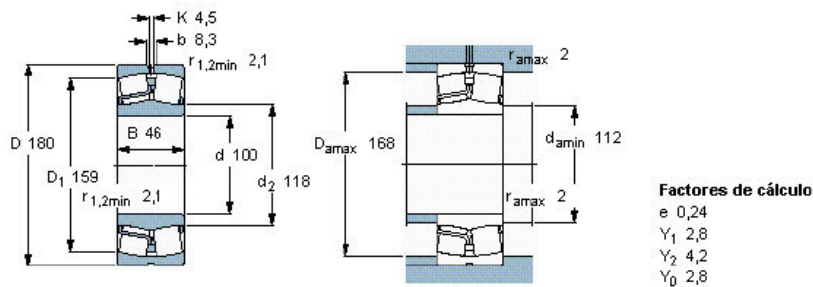


Fig. 10.2 Rodamiento SKF de rodillos a rótula modelo 22220 E.

Para este modelo el coeficiente y_0 es 2,8.

Para el punto de estudio las cargas serán:

$$F_{0a} = 5,139 \text{ KN}$$

$$F_{0r} = 104,27 \text{ KN}$$

$$F_0 = F_{0r} + y_0 \cdot F_{0a} = 104,27 + 2,8 \cdot 5,13 = 118,634 \text{ KN}$$

Siendo C_0 para este rodamiento de 490 KN cumple.

$$X_0 = \frac{C_0}{F_0} = \frac{490}{118,634} = 4,13$$

Por lo que cumple este rodamiento con un coeficiente de seguridad $X_0 = 4,13$.

11. Actuadores

Un actuador es un dispositivo capaz de transformar energía hidráulica, neumática o eléctrica en la activación de un proceso con la finalidad de generar un efecto sobre un proceso automatizado. Este recibe la orden de un regulador o controlador y en función a ella genera la orden para activar un elemento final de control como, por ejemplo, una válvula.

Los tipos de actuadores en función de la fuerza que los mueve:

- **Neumáticos:** Los actuadores neumáticos son los que utilizan compresores de aire para ejercer una presión entre dos superficies móviles entre sí. Lo más común es que se traten de cilindros hidráulicos.
- **Mecánicos:** Generalmente son los que transforman la energía eléctrica en energía mecánica mediante motores rotacionales. Normalmente son martinets o tornillos sin fin para actuadores lineales y engranajes para movimientos rotacionales.
- **Hidráulicos:** Son los actuadores que utilizan la presión de un fluido líquido, generalmente aceite, para producir el movimiento relativo entre dos superficies. La presión del fluido la proporciona una bomba hidráulica.

Según el eje de acción se puede distinguir entre:

- **Lineales:** Se encargan de desplazar una parte del actuador en una dirección respecto de otra de referencia.
- **Rotacionales:** Se encargan de los que hacen girar una parte del actuador respecto a la parte de referencia.

Lo más común en los seguidores solares del mercado es que utilicen un actuador lineal para el seguimiento cenital, es decir, para variar la inclinación, y otro rotacional para el seguimiento acimutal, es decir, para rotar del este al oeste pasando por el sur.

Para realizar el giro, generalmente se utiliza una corona mecánica.

Para realizar el cambio de inclinación se suele utilizar un actuador lineal actuando a cierta distancia del eje de giro. En muchas ocasiones este actuador es un cilindro hidráulico, mientras que en los seguidores más pequeños es común utilizar un tornillo sin fin.

11.1. Actuador Lineal

Un actuador lineal es un actuador que crea el movimiento en una línea recta, en contraste con el movimiento circular de un convencional motor eléctrico. Los cilindros hidráulicos o neumáticos inherentemente producen un movimiento lineal. Muchos otros mecanismos se utilizan para generar el movimiento lineal de un motor en giro.

Para nuestro seguidor solar utilizaremos un actuador mecánico. Al elegir un actuador mecánico tenemos ventajas sobre el hidráulico porque nos evitamos algunos fallos posibles como la pérdida de presión en el sistema que dejaría el seguidor solar inutilizado hasta su reparación. El sistema mecánico puede preverse con mayor tiempo una posible rotura del sistema.

Para dimensionar el actuador deberemos fijarnos en el esfuerzo axial que debe soportar este elemento debido a la fuerza del viento, nieve y peso propio. Este esfuerzo, sólo nos dará una idea del esfuerzo real que deberá realizar el actuador lineal (carga estática).

La carga dinámica es aquella que es producida por las fuerzas que actúan provocada por las aceleraciones. Las cargas dinámicas se distinguen de las estáticas por el hecho de originar modificaciones tanto en la magnitud de las tensiones como en las deformaciones a que dan lugar, afectando también la forma y límite de rotura de los materiales.

Dimensionaremos mediante el esfuerzo estático aplicando un coeficiente de seguridad alto, $X = 2$ para cubrir las cargas dinámicas.

El axial que aparece en esta barra:

Axial: 2,136 KN

Por lo que multiplicando por el coeficiente de seguridad:

Carga = $2,136 \cdot 2 = 4,272$ KN

El modelo que cumple con estas especificaciones es el modelo BWR 20.4 de la marca Brown Advance con una carga dinámica de 6 KN.

Hay que comprobar que la extensión de este actuador lineal sea suficiente para abarcar el movimiento del ángulo cenital. La posición de mínima extensión se dará cuando la altura solar se aproxime al cenit y la posición de máxima extensión se dará cuando el seguidor esté en la posición de 80° respecto a la horizontal (amanecer). La extensiones mínima y máxima son:

Extensión mínima = 162 mm

Extensión máxima = 625 mm

El modelo elegido anteriormente cumple con estas extensiones por lo que finalmente lo elegimos como válido.

11.2. Actuador Rotatorio

El objetivo del actuador rotatorio es conseguir el movimiento acimutal de nuestro seguidor solar. Nos decantamos por un actuador mecánico ya que las dimensiones de nuestro seguidor solar son compatibles con el par generado por estos actuadores. Para mayores tamaños sí es necesario un actuador hidráulico.

Este se conseguirá mediante un tornillo sin fin y un motor eléctrico.

Para elegir correctamente el modelo adecuado, deberemos mirar las especificaciones de los actuadores que hay en el mercado. Entre las características principales que debemos mirar:

Relación de reducción, par nominal, par máximo, par de mantenimiento, par de vuelco máximo, carga axial dinámica máxima, carga radial dinámica máxima, carga axial estática, carga radial estática y rendimiento.

Para todos estos parámetros sólo podremos saber con certeza los que se refieren a las cargas estáticas, ya que como hemos comentado anteriormente haría falta una simulación dinámica para poder conocer los demás valores. Dimensionaremos con los valores de carga estáticos con un coeficiente de seguridad de 2.

Mediante el Sap 2000 recogemos las cargas que aparecen en el punto donde se encontrará el actuador rotatorio.

Momento: 22,29 KN·m

Cortante: 61,2 KN

Axil: 128,71 KN

Con estas cargas debemos elegir un modelo que cumpla las especificaciones. Dentro de un catalogo de actuadores rotatorios de la marca TransTecno podemos encontrar un predimensionado según la superficie total que abarcan los paneles solares. Para nuestro caso que tenemos una superficie de 39 m² nos indican el modelo PT12.

Comprobaremos si este modelo cumple con nuestras especificaciones.

Prestaciones	ST 12-78-25H-R
Par nominal (KNm)	7,5
Par máximo (KNm)	8,5
Par de vuelco máximo (KNm)	54,3
Carga axial estática máxima (KN)	475 KN
Carga radial estática (KN)	190 KN

Par de vuelco máximo

$$24,29 \cdot 2 = 48,58 \leq 54,3 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

Carga axial estática

$$128,71 \cdot 2 = 257,42 \leq 475 \text{ KN}$$

Carga radial estática

$$61,2 \cdot 2 = 122,4 \leq 190 \text{ KN}$$

Por lo que para este actuador cumple con nuestros requerimientos. Comprobamos que el modelo anterior con inferiores prestaciones no cumple, por lo que finalmente nos quedamos con este modelo.

Actuador rotatorio:

Marca TransTecno modelo ST 12-78-25H-R.

11.3. Motores eléctricos

Como los dos motores de los actuadores son eléctricos, deberemos llevar suministro eléctrico hasta nuestro seguidor solar. Para mejorar el rendimiento de los motores los elegiremos motores de alterna 230 /400 V en vez de continua a 24V. Estos rendimientos son ligeramente superiores por lo que disminuiríamos el periodo de recuperación de la inversión económica. Además, la facilidad para conseguir suministro eléctrico en alterna es mayor por lo que nos decantamos finalmente por esta.

11.4. Medida del movimiento acimutal y cenital

11.4.1. Medida movimiento acimutal

Para medir la posición del seguidor solar en relación con el giro que el motor ha realizado, para hacer el sistema electrónico de seguimiento solar, se utilizan los encoders.

El encoder es un transductor rotativo, que mediante una señal eléctrica (normalmente un pulso o una señal senoidal) nos indica el ángulo girado. Si este sensor rotatorio lo conectáramos mecánicamente con una rueda o un husillo, también nos permitiría medir distancias lineales.

Una clasificación de los encoder según el tipo de información sobre la posición que generan sería:

- Encoder incremental

La señal de salida se transmite por un hilo en el que se transmite un pulso por cada ángulo girado, de tal forma que si tenemos un encoder de 1000 ppr, tendremos un pulso por cada $360^\circ/1000 = 0,360^\circ$. El inconveniente es que no disponemos de una referencia absoluta de la posición en la que se encuentra el eje.

- Encoder absoluto

La posición se da en valor absoluto mediante un bus paralelo. Es decir, que si tenemos un encoder de 256 posiciones, tendremos un bus de 8 líneas que nos indicaran en binario cual es su posición (normalmente estos transductores codifican la posición en código gray para evitar errores). El inconveniente de estos encoders es la cantidad de líneas que necesitamos leer y conectar y que debido a la complejidad del disco óptico que codifica las posiciones la resolución no suele ser muy elevada.

Para medir el movimiento acimutal el propio fabricante de la corona de giro y el motorreductor nos ofrece un encoder incremental magnético que se puede montar directamente en la predisposición de la corona de giro. Este encoder se llama SolarTeco EMI 58 y sus características principales son:

- Certificado IP66.
- Resistencia a vibraciones y choques.
- Temperatura de funcionamiento desde -25° hasta $+100^\circ$.
- Cable de salida SKINTOP de 1,5 m.
- Absorción en vacío 100 mA máx.
- Frecuencia máx. 205 KHz.
- Precisión $\pm 0,35^\circ$ máx.
- Compatibilidad electromagnética IEC 61000-6-2; IEC 61000-6-3.

11.5. Medida altura solar

Para medir la altura solar según recomendaciones del fabricante del actuador lineal, es preferible que utilicemos un inclinómetro.

El inclinómetro o escoliómetro es un instrumento usado para medir la inclinación del plano con respecto de la horizontal.

Para ello hemos elegido un inclinómetro adaptado a los seguidores solares, de la marca Vigor Technology, el modelo SST20 cuyas características principales son:

- Frecuencia de actualización de 50 Hz
- La frecuencia de respuesta de 10Hz
- $\pm 0,5\%$ de error del eje de la Cruz
- $\pm 0,1^\circ$ o $\pm 0,07^\circ$ Precisión
- Disponible horizontal, vertical

12. Sujeciones y tornillería de las placas solares

En los diferentes elementos de la estructura necesitamos utilizar sujeciones de distintos tipos. En este apartado nos centraremos en ver las sujeciones de las placas y la tornillería utilizada

- **Sujeciones de las placas**

Para sujetar las placas utilizaremos grapas solares en “Z” para la fijación lateral de los paneles. Y fijaciones en “U” para las zonas donde haya más de 1 placa para fijar.

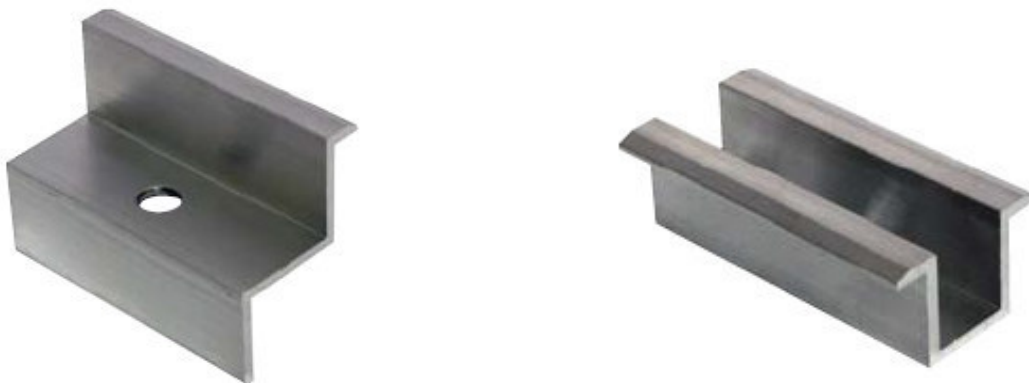


Fig. 12.1 Fijaciones de las placas solares: Grapa solar en “Z” (izquierda), grapa solar en “U” (derecha)

Ya que estas sujeciones no están colocadas encima y debajo de las placas sino a cada lado, habrá que realizar una fuerza suficiente para que la fuerza de rozamiento sea suficiente para mantenerlas.

Se propone utilizar un material antideslizante entre los dos materiales a unir para mejorar efectivamente el agarre de las placas al soporte del mismo evitando el deslizamiento de las mismas.

- **Sujeciones de las placas y perfiles rectangulares**

Los nuevos tornillos BoxBolt de la empresa Wurth nos dan una fácil solución a la hora de realizar las sujeciones para los perfiles rectangulares. Estos perfiles tienen el inconveniente de que para poder poner una tuerca debemos atravesarlos y poner un perno de bastante longitud, por ello, con este tipo de tornillo facilitamos la instalación. En la imagen siguiente podemos ver un ejemplo de la instalación de este tornillo en un perfil hueco.



Fig. 12.2 Ejemplo de utilización del tornillo BoxBolt con un perfil hueco.

Para fijar de manera correcta el perfil rectangular al HEB, colocaremos dos de estos tornillos cada uno a un lado del perfil HEB mientras que para las sujeciones de las placas solamente utilizaremos un tornillo.

Utilizaremos un tornillo M8 para esta sujeción

- **Sujeción perfil HEB con perfil rectangular**

De la misma manera que con los tornillos BoxBolt sujetamos las placas a los perfiles rectangulares, utilizaremos estos tornillos para sujetar estos perfiles a los HEB. En la siguiente imagen se ve un detalle constructivo de la unión. Para nuestro caso utilizaremos un tornillo M10 y una grapa soporte tipo BB de la empresa Wurth. Colocaremos una a cada lado del perfil como indica la figura.

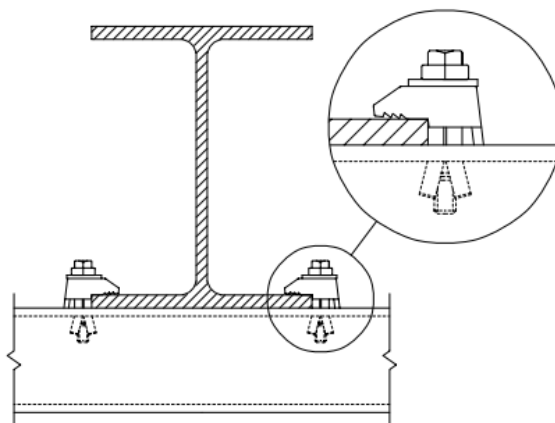


Fig. 12.3 Ejemplo de unión de perfil rectangular con perfil IPE con tornillos BoxBolt

13. Cimentación

Se denomina cimentación al conjunto de elementos estructurales cuya misión es transmitir las cargas de la edificación o elementos apoyados al suelo distribuyéndolas de forma que no superen su presión admisible.

Los métodos más comunes para la realización de la cimentación son:

- **Cimentación directa:** Son aquellas que se apoyan en las capas superficiales o poco profundas del suelo, por tener éste suficiente capacidad portante. Se utilizan zapatas aisladas, combinadas o corridas a poca profundidad bajo la superficie.
- **Cimentación en profundidad:** Se basan en el esfuerzo cortante entre el terreno y la cimentación para soportar las cargas aplicadas. Para este método se utilizan pilotes que son elementos de cimentación esbeltos que se hincan o construyen en una cavidad previamente abierta en el terreno.
- **Cimentación sobre tornillos:** Esta cimentación es una variante de la cimentación sobre pilotes de acero hincado, diferenciándose en la sección del perfil hincado, siendo estos similares a unos tornillos de grandes dimensiones, frente a los perfiles en doble U o en H del acero hincado. Esta diferencia de sección permite tener mejor comportamiento frente a extracción, característica importante cuando el viento produce un efecto de levantamiento de la estructura.

Para nuestra estructura elegimos la cimentación directa. En el ANEXO 4 detallaremos el proceso de cálculo.

La zapata aislada resulta:

Dimensiones: 2,5x2,5x1 m.

Armadura: 23 barras de ϕ 12 mm B 500 S separadas 110 mm

14. Durabilidad de la estructura

Como nos dice el capítulo VII de la EAE artículo 31 para conseguir una durabilidad adecuada, se deberá establecer en función del tipo de ambiente, una estrategia que considere todos los posibles mecanismos de degradación, adoptando medidas específicas en función de la agresividad a la que se encuentre sometida la estructura.

En nuestro caso más en concreto, debemos proteger la estructura contra la corrosión. La corrosión se define como el deterioro de un material a consecuencia de un ataque electroquímico por su entorno. De manera más general, puede entenderse como la tendencia general que tienen los materiales a buscar su forma más estable o de menor energía interna. Siempre que la corrosión esté originada por una reacción electroquímica (oxidación), la velocidad a la que tiene lugar dependerá en alguna medida de la temperatura, de la salinidad del fluido en contacto con el metal y de las propiedades de los metales en cuestión. El proceso de corrosión es natural y espontáneo. Para la protección de nuestra estructura utilizaremos una pintura. En el ANEXO 5 explicamos más detalladamente la elección del tipo de pintura.

La empresa Hempel nos proporciona estos sistemas para la corrosión de la estructura para las características expuestas en el ANEXO 5.

Vida estimada	Número de Sistema	Tipo de Pintura	Sistema de Pintura Hempel	Espesor (micras)
5 - 15 Años	1	BD Epoxy	2x HEMPADUR 45880/1	180
		BD Poliuretano	1x HEMPATHANE HS 55610	60
		Espesor total		240 micras
	2	BA Epoxy	2x HEMUDUR 18500	180
		BA Poliuretano	1x HEMUTHANE ENAMEL 58510	60
		Espesor total		240 micras
	3	BD Epoxy Zinc	1x HEMPADUR ZINC 17360	60
		BD Epoxy	1x HEMPADUR 45880/1	80
		BD Poliuretano	1x HEMPATHANE HS 55610	60
		Espesor total		200 micras
	4	BA Epoxy Zinc	1x HEMUDUR ZINC 18560	60
		BD Epoxy	1x HEMUDUR 18500	80
		BD Poliuretano	1x HEMUTHANE ENAMEL 58510	60
		Espesor total		200 micras

Fig. 14.1 Ejemplos de sistema de pintado correspondientes a la categoría de corrosividad C4 para estructuras de acero en áreas abiertas, Hempel.

Seleccionamos el número de sistema 2 que consta de:

- BA Epoxy 2xHemudur 18500 con un espesor con 180 micras de espesor.

14 Durabilidad de la estructura

- BA Poliuretano 1x Hemuthane enamel 58510 con 60 micras de espesor.

BA = Base Agua

Con la correcta aplicación de estos productos nos aseguramos una duración mínima de 5 años ante la corrosión.

De la misma manera que protegemos el exterior debemos proteger el interior ya que en nuestra estructura contamos con dos perfiles tubulares huecos. Debemos cuidar que estén protegidos de manera efectiva contra la corrosión. Para ello, evitaremos que quede agua atrapada en su interior durante el montaje de la estructura y sellaremos de manera efectiva frente a la entrada de aire y humedad con los cordones de soldadura continua a lo largo de todo el perfil tubular.

Para los perfiles rectangulares utilizaremos unos selladores de goma que impedirán la penetración de entrada de agua en los mismos evitando así la corrosión en el interior.

Para evitar la aparición de pares galvánicos, que se producen cuando existe continuidad eléctrica entre dos metales de diferente potencial electroquímico, se ha construido toda la estructura en un mismo material de acero.

15. Dimensionado de la instalación eléctrica

Lo primero a tener en cuenta a la hora de plantear la instalación eléctrica es el voltaje de la misma. Los voltajes convencionales son 12, 24 y 48 voltios. Este voltaje condicionará todos los elementos de la instalación y condicionará el nivel de pérdidas de la misma. Recordemos ahora que las pérdidas eléctricas de una instalación vienen dadas por el cuadrado de la intensidad:

$$Pérdidas (W) = R * I^2$$

Lo que nos indica que conviene una intensidad baja para minimizar las pérdidas de producción. Al ser la potencia nominal de la instalación fija y determinada por el número de placas y su potencia 5,88 KW, la intensidad de la instalación dependerá del voltaje de la misma. Sabiendo que la potencia se calcula como:

$$Potencia (W) = V * I$$

Llegamos a la conclusión de que conviene tener el voltaje más alto posible para minimizar el valor de la intensidad.

Miramos en la ficha técnica el voltaje nominal de las placas solares, en nuestro caso es de 24 V. Como hemos visto antes cuanto más voltaje menores pérdidas por lo que pondremos 2 placas en paralelo para conseguir un voltaje de la instalación de 48V.

Para conseguir esta disposición:

$$\text{Nº de placas en serie} = \frac{\text{Voltaje instalación}}{\text{Voltaje nominal placa}} = \frac{48}{24} = 2 \text{ placas en serie.}$$

$$\text{Nº de placas en paralelo} = \frac{\text{Número total de placas}}{\text{Nº placas en serie}} = \frac{24}{2} = 12 \text{ placas en paralelo.}$$

15.1. Selección del inversor de corriente

La función de un inversor es cambiar un voltaje de entrada de corriente continua a un voltaje simétrico de salida de corriente alterna, con la magnitud y frecuencia deseada por el usuario.

En el caso de poner sólo un seguidor solar tendremos un inversor solamente.

Este inversor tendrá que cumplir con las características de la instalación:

$$\text{Potencia total} = \text{Número de placas} * \text{Potencia placa} = 24 * 245 = 5,88 \text{ KW}$$

$$\text{Voltaje de la instalación} = 48 \text{ V}$$

15 Dimensionado de la instalación eléctrica

$$\begin{aligned} \text{Intensidad de entrada} &= n^{\circ} \text{ de líneas en paralelo} * i_{\text{máx placa}} = 12 * 8,23 \\ &= 98,76 \text{ amperios de intensidad máxima.} \end{aligned}$$

Para las condiciones dadas anteriormente nos hemos decantado por un inversor de 6 KW de la marca Schneider por sus cualidades de adaptabilidad ya que nos permite tener una conexión a red o ser un inversor/cargador de baterías. También nos permite conectar varias unidades en paralelo por lo que si queremos montar varios seguidores no deberemos rediseñar la instalación eléctrica.

Inv/carg. 6000W-48V-230VAC XW6048E – SCHNEIDER

Comprobamos que no sobrepasa la tensión y corriente máxima de entrada.

15.2. Cálculo del cableado

En esta sección se trata el cálculo de las secciones de los distintos cables que forman parte de la instalación, siendo todos ellos de cobre con aislamiento y recubrimiento de PVC.

Hay varias zonas diferenciadas en la instalación en lo que al cableado se refiere, entre las que encontramos:

- Cableado de los paneles fotovoltaicos.
- Cableado entre paneles fotovoltaicos e inversor.

El criterio seguido para el dimensionado de los cables, es el designado según el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT), que se centra en la caída de tensión producida en cables.

En el ANEXO 6 podemos encontrar los cálculos referentes a este apartado.

Presentamos una tabla a modo de resumen para mostrar los resultados:

Cableado	Sección
Entre placas	1,5 mm ²
Placas-Inversor	6 mm ²

Usaremos un cableado específico para fotovoltaica, así conseguiremos las condiciones óptimas.

Utilizaremos el perfil tubular hueco del poste para poder pasar el cableado de forma subterránea, mediante Tubo de pared múltiple (interior lisa y exterior corrugada) para canalizaciones enterradas. El cableado pasará a través de él hasta la caja de conexiones de manera que evitemos incidentes y protegemos mejor la instalación eléctrica.

16. Seguimiento Solar

Existen varias formas de realizar el seguimiento solar. En este apartado veremos las distintas tipologías, las analizaremos y elegiremos la más adecuada para nuestro caso. El diseño electrónico del sistema de seguimiento no compete a este TFG por lo que simplemente dejaremos especificado la elección. Todas las conexiones realizadas terminarán en una caja de conexiones a partir de la cual el diseño toma parte de otro trabajo.

Los diferentes modos de seguimiento solar son:

- Punto luminoso

Este sistema se basa en 4 fotoreceptores que captan la luz solar. Al notar un diferencial en alguno de estos, el sistema se ajusta e intenta corregir esta posición para tener el mismo voltaje en todos. Este sistema tiene como ventaja un pequeño aumento de rendimiento en días nublados, ya que se sitúa en el punto de mayor luminosidad y no perpendicular al sol. Otra ventaja es la facilidad de implantación de este sistema en comparación a la programación astronómica. La desventaja es la imprecisión que tiene en el seguimiento solar.

- Programación astronómica

Es un sistema de seguimiento solar basado en programación de ecuaciones que ubican al sol de manera precisa tomando ciertos parámetros específicos del lugar de la instalación. El algoritmo se implanta en un microcontrolador que permite al seguidor solar orientarse exactamente en la dirección perpendicular al sol. Este método es fiable y robusto pero es costoso de implementar y de programar. El precio es mayor al de punto caliente.

- Programación astronómica y punto luminoso

Es un conjunto de las dos soluciones anteriores. Es la solución más precisa ya que aporta al sistema lo mejor de los dos métodos. Por una parte la programación astronómica le confiere una robustez al sistema mayor que el punto luminoso, pero a la vez si el sistema detecta en algún momento mediante el punto luminoso un diferencial de voltaje excesivamente grande, el sistema corrige la posición. El inconveniente principal es el coste de programación y que el precio de este sistema es superior a los dos anteriores pero a la vez tiene una mayor fiabilidad y precisión.

Para nuestro caso elegiremos seguimiento por punto luminoso por su coste inferior al otro pero no por ello unas pérdidas substancialmente mayores.

17. Monitorización de la instalación

En instalaciones fotovoltaicas es normal encontrarnos con sistemas de monitorización para tener datos de las diferentes variables que existen en la instalación como lo es la potencia en un momento determinado, tensión e intensidad que proporcionan las placas, irradiancia, temperatura ambiente, temperatura de las placas, velocidad del viento...

En la norma UNE-EN 61724:1998 "Monitorización de sistemas fotovoltaicos - Guías para la medida, el intercambio de datos y el análisis" nos indica las normas para realizar la monitorización de estos parámetros. Nosotros analizaremos dos de ellas, la medida de temperatura y la velocidad del viento.

17.1. Medida de la velocidad del viento

En el tipo de estructuras como el seguidor solar es muy importante añadir un anemómetro. El anemómetro o anemógrafo es un aparato meteorológico que se usa para medir la velocidad del viento. Con este indicador podremos comprobar si nuestra estructura está en condiciones óptimas de trabajo o no. Si la velocidad del viento excede o se acerca a la velocidad para la que está calculada la estructura, podría correr riesgo de rotura. Para ello en el sistema electrónico es necesario programar un estado donde las placas estén a resguardo del viento, una posición de defensa. Esta posición de defensa será cuando el bastidor este en posición paralela al suelo. En esta posición, las cargas que sufre la estructura son muy inferiores por lo que es una posición segura para mantener fuertes vientos.

Para nuestro seguidor solar utilizaremos el anemómetro IES101010 de la marca SMA.

17.2. Medida de temperatura

En nuestro proyecto añadiremos un medidor de temperatura para monitorizar nuestra instalación y poder medir su rendimiento en función de la temperatura. Al realizar un seguimiento solar las placas reciben más irradiación por lo que tienden a calentarse más. Este efecto reduce la cantidad de energía producida por los módulos solares.

Debido a este fenómeno, surgen varias ideas para poder refrigerar las placas y aumentar así su rendimiento cuando superan la temperatura óptima:

- a) La empresa Honeywell ha inventado la innovadora lámina, contiene una tecnología que refleja la radiación solar, por lo que los módulos que lo utilizan

están menos calientes y más eficientes que los que utilizan láminas negras tradicionales.

- b) También se puede utilizar una refrigeración por agua de diferentes formas. La compañía Tombak Solar con la tecnología CoolSun capta el agua de lluvia y la almacena en un conducto cerrado que, a través de unos finos conductos, se libera y se desliza por las placas consiguiendo que disminuya la temperatura.

Para nuestro proyecto decidimos no poner ninguna de estas opciones, y ver cuál es el rendimiento sin ningún tipo de refrigeración.

Para la medida de temperatura, utilizaremos una sonda de temperatura, un Pt 100 para paneles solares de la marca Tempsol con el cuerpo de aluminio y autoadhesivo.

18. Sistema antirrobo de placas solares

Es común y frecuente el robo de módulos solares por su alto precio en el mercado y su facilidad para venderlo. Para evitar este tipo de incidentes, pondremos un sistema para evitarlo. En el mercado existen varias formas:

- Sistema de anclajes de las placas solares a la estructura que conlleva mucho esfuerzo para extraer si no se posee una llave especial.
- Sistema electrónico con circuito cerrado y alarma. El sistema conecta todas las placas entre sí haciendo del mismo un circuito cerrado. Si se retira una de ellas el sistema lo detecta y activa la alarma.
- Unión fija de las placas solares a la estructura mediante adhesivos o pegamentos.

Entre los sistemas, el más adecuado según las características de nuestro proyecto es el sistema electrónico con circuito cerrado y alarma. La empresa TodoenSolar suministra una instalación que tiene estas características:

El sistema, protege panel a panel formando un bucle cerrado de fibra óptica plástica (FOP), cuyo trazado va entrelazado en cada placa fotovoltaica a través de los agujeros libres del anclaje.

Por la FOP circulan impulsos de luz codificada, por lo que resulta imposible de sabotear y Bypasar.

Al cortar la fibra para liberar el panel, el sistema activará una alarma que podremos gestionar según necesidades y con compatibilidad total con todas las centrales de alarma, sirenas, luces de advertencia, CCTV, etc.

19. Bibliografía

-
- [1] - **Castejón Agustín, Santamaria Germán; 2004**
- *Instalaciones solares fotovoltaicas*
- Editorial Editex
-
- [2] - **Gasch I.; Gasch M., Galdón J.L.; Efrén P.; Ferrer I; 2013**
- *Resistencia de Materiales*
- Universitat Politècnica de València
-
- [3] - **Urbán P.; 2009**
- Estructuras metálicas
- Club Universitario San Vicente, Alicante
-
- [4] - **Urbán P.; 2009**
- *Construcción de estructuras metálicas*
- Club Universitario San Vicente, Alicante
-
- [5] - **Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08; 2008**
- Ministerio de fomento, gobierno de España
-
- [6] - **Instrucción de Acero Estructural EAE; 2011**
- Ministerio de fomento, gobierno de España
-
- [7] - **Energía Solar Fotovoltaica; 2004**
- AENOR, Madrid
-
- [8] - **Edward J.; Mischke C.; 2002**
- *Diseño en Ingeniería Mecánica*
- McGraw-Hill / Interamericana
-
- [9] - **Beer F.; Johnston E.; DeWolf J.; Mazurek D.; 2010**
- *Mecánica de materiales*
- McGraw-Hill / Interamericana
-
- [10] - **Timoshenko S.; Gere J.; 2009**
- Resistencia de materiales
- Thomson; Paraninfo Cengage Learning
-

19 Bibliografía

[11] - Gasch M.; Gasch I.; 2007

- *Cálculo estructural*

- Editorial UPV

[12] - Código Técnico de la Edificación CTE, 2006

- Ministerio de vivienda

[13] - Brusola F.; 2011

- *Oficina técnica y proyectos*

- Editorial UPV

[14] - Fernández Ruiz, M.; Muttoni, A.; 2007

- *On Development of Suitable Stress Fields for Structural Concrete*

- ACI, Structural Journal; Farmington Hills, USA; vol.104nº4; pp. 495-502

[15] - Valentín J.L.; 2012

- *Instalaciones solares fotovoltaicas*

- San Sebastian, Donostiarra

[16] - Gasch M.; 2010

- *Estructuras y Construcciones Industriales: tomo I*

- Editorial UPV

[17] - SKF

- <http://www.skf.com/>

- Catalogo de rodamientos

[18] - Transtecno

- <http://www.transtecno.com/es/>

- Componentes modulo de giro

[19] - Technosun

- <http://www.technosun.com/>

- Catalogo componentes fotovoltaicos

[20] - Brownadvance

- <http://www.brownadvance.com/>

- Catalogo actuador lineal

20. Conclusiones y palabras clave

Este trabajo fin de grado pretende diseñar un seguidor solar para la instalación de módulos fotovoltaicos para la producción de energía eléctrica para Valencia. El seguidor solar será una estructura metálica monoposte con un bastidor donde se sujetarán las placas solares. El seguidor solar consta de una potencia nominal de 5,88 KW y unos ángulos máximos acimutal y cenital de 240° y 80° respectivamente. También cuenta con una protección ante la corrosión con pintura y un sistema de monitorización de la instalación de viento (anemómetro) como de temperatura (sonda).

Palabras clave:

- Seguidor solar
- Placa solar fotovoltaica
- Modulo solar fotovoltaico
- Estructura monoposte

PRESUPUESTO

Cuadro de precios unitarios

A continuación se presentan los precios unitarios de mano de obra, materiales y maquinaria que intervienen en la realización del proyecto. Todos los precios aquí mostrados no incluyen el IVA que se adjuntará más tarde una vez calculado el presupuesto de ejecución material.

Mano de obra

<u>Referencia</u>	<u>Unidades</u>	<u>Descripción</u>	<u>Precio (€/h)</u>
MO1	h.	Oficial 1ª electricista	17,51
MO2	h.	Oficial 1ª	15,47
MO3	h.	Peón ordinario	12,31
MO4	h.	Peón especializado	14,58
MO6	h.	Oficial 1ª ferralla	17,41
MO7	h.	Oficial 1ª soldador	17,85
MO8	h.	Oficial 1ª pintor	17,31

Materiales

<u>Número</u>	<u>Referencia</u>	<u>Descripción</u>	<u>Unidad</u>	<u>Precio unitario (€)</u>
1	MAT1	Placa solar fotovoltaica modelo REC 245 W de 27.5 Kg, medidas: 1665x991x38 mm con eficiencia del 14.5 % y intensidad pico de 7.99 A.	Ud.	221,6
2	MAT2	Inversor/cargado 6000W-48V-230VAC XW6048E - SCHNEIDER	Ud.	3.114,56
3	MAT3	Hormigón en masa HL-150/P/20 resistente a sulfatos de dosificación 150 Kg/m ³ , con tamaño máximo de árido de 20 mm.	m ³	59,44

PRESUPUESTO

<u>Número</u>	<u>Referencia</u>	<u>Descripción</u>	<u>Unidad</u>	<u>Precio unitario (€)</u>
4	MAT4	Hormigón HA-35 N/mm2 consistencia plástica.	m ³ .	107,54
5	MAT5	Acero corrugado B 500-S	Kg.	0,65
6	MAT6	Alambre de atado 1,3 mm	m.	0,07
7	MAT7	Placa de anclaje de acero S275 en perfil plano de diámetro 600 mm y espesor de 25 mm.	Ud.	10,96
8	MAT8	Pernos de 20 mm de diámetro de acero corrugado B 500S de 12 mm de diámetro y 40 cm de longitud total.	m.	1,47
9	MAT9	Perfil Rectangular 70x49 mm de espesor 5 mm S275 JR.	Ud.	59,61
10	MAT10	Perfil HEB 160 acero S275 JR.	Ud.	57,94
11	MAT11	Perfil Tubular Diámetro 323,9 mm y espesor 5,9 mm S275 JR.	Ud.	68,41
12	MAT12	Perfil Tubular Diámetro 355,6 mm y espesor 16 mm S275 JR.	Ud.	91,43
13	MAT13	Actuador rotatorio marca Transtecno modelo ST12-78-25H-R.	Ud.	558,6
14	MAT14	Actuador lineal marca Brown Advance modelo BWR 20,4 Carga Dinámica de 6 KN.	Ud.	358,64
15	MAT15	Tornillería M16x65 calidad 5.6.	Ud.	0,14
16	MAT16	Grapa solar universal (L).	l.	1,19
17	MAT17	BA Epoxy 2xHemudur 18500 con un espesor con 180 micras de espesor.	l.	8,65
18	MAT18	BA Poliuretano 1x Hemuthane enamel 58510 con 60 micras de espesor.	m.	4,87
19	MAT19	Cable ZZ-F (AS) 1,8 kV DC - 0,6/1 kV AC de 1,5 mm2 de sección.	m.	0,19

PRESUPUESTO

<u>Número</u>	<u>Referencia</u>	<u>Descripción</u>	<u>Unidad</u>	<u>Precio unitario (€)</u>
20	MAT20	Cable ZZ-F (AS) 1,8 kV DC - 0,6/1 kV AC de 6 mm2 de sección.	m.	0,21
21	MAT21	Caja de conexiones Exterior con poste para sujeción al suelo.	Ud.	34,97
22	MAT22	Inclinómetro modelo SST20, Vigor Technology.	Ud.	36,57
23	MAT23	Encoder SolarTecno EMI 58.	Ud.	59,87
24	MAT24	Sonda de temperatura para panel fotovoltaico PT100.	Ud.	43,99
25	MAT25	Anemómetro IES101010 SMA.	Ud.	27,56
26	MAT26	Sistema antirrobo TodoenSolar para 13-24 placas solares.	Ud.	299,00
27	MAT27	Rodamiento y Soporte	Ud.	217,08
28	MAT28	Encoder SolarTecno EMI 58.	Ud.	59,87
29	MAT29	Tubo de pared múltiple (interior lisa y exterior corrugada) para canalizaciones enterradas	m.	1,88

PRESUPUESTO

Maquinaria

<u>Número</u>	<u>Referencia</u>	<u>Descripción</u>	<u>Unidad</u>	<u>Precio (€/h)</u>
1	MA1	Camión bomba hormigón 20 m ³	h.	128,62
2	MA2	Retropala neumática de 102 CV para apertura de pozos, con extracción de tierra a los bordes.	h.	58,36
3	MA3	Camión basculante 5 Tn.	h.	66,28
4	MA4	Camión grua hidráulica 29 Tn.	h.	48,97

PRESUPUESTO

Unidades de obra

A continuación se adjunta una lista que incluye todas las unidades de obra participantes en el proyecto.

<u>Ref.</u>	<u>Ud.</u>	<u>Descripción</u>
U01	m ³	Excavación con retropala, de terrenos de consistencia dura, en apertura de pozos, con extracción de tierras a los bordes.
U02	m ³ .	Carga de tierras procedentes de la excavación sobre camión volquete de 5 Tm, mediante retroexcavadora de máquina combinada.
U03	m ³ .	Transporte de tierras procedentes de excavación al vertedero, con recorrido total menor de 10 Km. Con camión voquete de 5 Tm.
U04	m ³ .	Hormigón en masa HL-150/P/20 SR/MR resistente a sulfatos de dosificación 150 Kg/m ³ , con tamaño máximo de árido de 20 mm. elaborado en central para limpieza y nivelado de fondos de cimentación, incluso con vibrado y colocación. El espesor mínimo será de 10 cm, según CTE/DB-SE-C y EHE-08.
U05	Kg.	Acero corrugado B-500S, cortado doblado armado y colocado directamente en obras que no requieran una colocación más complicada.
U06	Ud.	Hormigón en masa para armar HA-30/P/20 Ila N/mm ² , con tamaño máximo de árido de 40 mm., consistencia blanda, elaborado en central en relleno de zapatas, por medio de camión bomba con vibrado y colocación según CTE/DB-SE-C y EHE-08.
U07	Ud.	Placa de anclaje de acero S275 en perfil plano, de diámetro 600 mm con seis pernos de acero corrugado de 20 mm de diámetro y 450 mm de longitud total, con seis taladros de 22 mm a una distancia de 50 mm del borde exterior.
U08	Ud.	Construcción de estructura metálica para seguidor solar monoposte con perfiles tubulares de sección hueca de diámetro 355,6 mm para el poste, un perfil tubular de diámetro 323,9 mm, dos perfiles HEB 160 para el bastidor, seis perfiles rectangulares huecos de 70x49 mm. Incluye unión entre perfil HEB y perfil rectangular mediante un soporte para rodamiento SAF que permite el giro cenital así como también el rodamiento modelo 22220 E. de la marca SKF, actuador lineal BWR 20.4 de la marca Brown Advance el actuador rotatorio PT12 de la marca SolarTecno que permite el movimiento acimutal. Incluye también soldadura de uniones y refuerzos y costes de tornillería. Elevado del bastidor con camión grúa 29 Tn.

PRESUPUESTO

<u>Ref.</u>	<u>Ud.</u>	<u>Descripción</u>
U09	l.	Pintado de estructura metálica para ambientes C3 según el grado de limpieza Sa2 con pintura BA Epoxy 2xHemudur 18500 con un espesor con 180 micras de espesor y BA Poliuretano 1x Hemuthane enamel 58510 con 60 micras de espesor. Para protección contra el óxido.
U010	Ud.	Instalación eléctrica de placa solar fotovoltaica de 245 W de potencia con unas dimensiones de 1665x991x38 mm. con cableado de 1,5 mm ² de sección para estructura de un seguidor solar monoposte de 39 m ² .
U011	Ud.	Instalación de Inversor trifásico, modelo Inv/carg. 6000W-48V-230VAC XW6048E – SCHNEIDER, potencia nominal de salida 6 KW, dimensiones 580x410x230 mm y eficiencia máxima 95,4%. con cableado hasta placas de 5 m de sección 6 mm ² y conexionado.
U012	Ud.	Instalación de instrumentos para la monitorización de un seguidor solar monoposte con anemómetro y sonda de temperatura.
U013	Ud.	Instalación de sistema antirrobo basado en un bucle cerrado de fibra óptica plástica (FOP).

PRESUPUESTO

Precios descompuestos de unidades de obra

A continuación se presentan los precios descompuestos de cada una de las unidades de obra anteriormente descritas.

<u>Referencia</u>	<u>Unidad</u>	<u>Descripción</u>
UO1	m ³ .	Excavación con retropala, de terrenos de consistencia dura, en apertura de pozos, con extracción de tierras a los bordes.

<u>Referencia</u>	<u>Descripción</u>	<u>Unidad</u>	<u>Rendimiento</u>	<u>€/Unidad</u>	<u>Precio Partida (€)</u>
MO3	Peón ordinario	h.	0,36	12,31	4,43 €
MA2	Retroexcavadora	h.	0,667	58,36	38,93 €
Costes Directos					0,87 €
					Total: 44,22 €

<u>Referencia</u>	<u>Unidad</u>	<u>Descripción</u>
UO2	m ³ .	Carga de tierras procedentes de la excavación sobre cambi6n volquete de 5 Tm, mediante retroexcavadora de m1quina combinada.

<u>Referencia</u>	<u>Descripción</u>	<u>Unidad</u>	<u>Rendimiento</u>	<u>€/Unidad</u>	<u>Precio Partida (€)</u>
MO3	Pe6n ordinario	h.	0,36	12,31	4,43 €
MA2	Retroexcavadora	h.	0,667	58,36	38,93 €
MA3	Cami6n basculante 5 Tn.	h.	0,036	66,28	2,39 €
Costes Directos					0,91 €
					Total: 46,66 €

PRESUPUESTO

<u>Referencia</u>	<u>Unidad</u>	<u>Descripción</u>
U03	m ³ .	Transporte de tierras procedentes de excavación al vertedero, con recorrido total menor de 10 Km. Con camión voquete de 5 Tm.

<u>Referencia</u>	<u>Descripción</u>	<u>Unidad</u>	<u>Rendimiento</u>	<u>€/Unidad</u>	<u>Precio Partida (€)</u>
MA3	Camión basculante 5 Tn.	h.	0,072	66,28	4,77 €
Costes Directos					0,10 €
					Total: 4,87 €

<u>Referencia</u>	<u>Unidad</u>	<u>Descripción</u>
U04	m ³ .	Hormigón en masa HL-150/P/20 SR/MR resistente a sulfatos de dosificación 150 Kg/m ³ , con tamaño máximo de árido de 20 mm. elaborado en centrar para limpieza y nivelado de fondos de cimentación, incluso con vibrado y colocación. El espesor mínimo será de 10 cm, según CTE/DB-SE-C y EHE-08.

<u>Referencia</u>	<u>Descripción</u>	<u>Unidad</u>	<u>Rendimiento</u>	<u>€/Unidad</u>	<u>Precio Partida (€)</u>
MO3	Peón ordinario	h.	0,6	12,31	7,39 €
MAT3	Hormigón HL-150/P/20 SR/MR central	m3.	1	59,44	59,44 €
Costes Directos					1,34 €
					Total: 68,16 €

PRESUPUESTO

<u>Referencia</u>	<u>Unidad</u>	<u>Descripción</u>
UO5	Kg.	Acero corrugado B-500S, cortado doblado armado y colocado directamente en obras que no requieran una colocación más complicada.

<u>Referencia</u>	<u>Descripción</u>	<u>Unidad</u>	<u>Rendimiento</u>	<u>€/Unidad</u>	<u>Precio Partida (€)</u>
MO5	Oficial 1ª ferralla	h.	0,008	17,41	0,14 €
MAT6	Alambre atado 1,3 mm	Kg.	0,005	0,07	0,01 €
MAT5	Acero corrugado B 500 S.	Kg.	1,05	0,65	0,68 €
Costes Directos		%	2		0,02 €
Total:					0,84 €

<u>Referencia</u>	<u>Unidad</u>	<u>Descripción</u>
UO6	m3.	Hormigón en masa para armar HA-35/P/20 Ila N/mm ² , con tamaño máximo de árido de 40 mm., consistencia blanda, elaborado en central en relleno de zapatas, por medio de camión bomba con vibrado y colocación según CTE/DB-SE-C y EHE-08.

<u>Referencia</u>	<u>Descripción</u>	<u>Unidad</u>	<u>Rendimiento</u>	<u>€/Unidad</u>	<u>Precio Partida (€)</u>
MO3	Peón ordinario	h.	0,008	12,31	0,10 €
MA1	Bombeado hormigón 25-50 m ³	m ³ .	1	17,56	17,56 €
MAT4	Hormigón HA-35 N/mm ² consistencia plástica.	m ³ .	1	107,54	107,54 €
Costes Directos		%	2		2,50 €
Total:					127,70 €

PRESUPUESTO

<u>Referencia</u>	<u>Unidad</u>	<u>Descripción</u>
U07	Ud.	Placa de anclaje de acero S275 en perfil plano, de dimensiones 450x450x25 mm con cuatro pernos de acero corrugado de 20 mm de diámetro y 40 mm de longitud total, con cuatro taladros de 22 mm a una distancia de 50 mm del borde exterior.

<u>Referencia</u>	<u>Descripción</u>	<u>Unidad</u>	<u>Rendimiento</u>	<u>€/Unidad</u>	<u>Precio Partida (€)</u>
MO2	Oficial 1ª	h.	0,15	15,47	2,32 €
MO3	Peón ordinario	h.	0,25	12,31	3,08 €
MAT7	Placa de anclaje de acero S275 en perfil plano de diámetro 600 mm y espesor de 25 mm.	Kg.	1,34	10,96	14,69 €
MAT8	Pernos de 20 mm de diámetro de acero corrugado B 500 S y longitud de 40 cm.	Ud.	2,7	1,47	3,97 €
MAT3	Horm. HM-20/P/20/ I central para nivelado	m3.	0,08	73,2	5,86 €
Costes Directos		%	2		0,60 €
				Total:	30,51 €

PRESUPUESTO

<u>Referencia</u>	<u>Unidad</u>	<u>Descripción</u>
U08	Ud.	Construcción de estructura metálica en marquesina a un agua con perfiles cuadrados huecos de dimensiones 180x180x10 mm para los pilares, piezas horizontales con perfilera HEB 200 y correas con perfiles IPE 100. con uniones atornilladas y placa de unión de 200x300x15 mm entre perfil HEB e IPE. Incluye soldadura de cartelas y refuerzos y costes de tornillería.

<u>Referencia</u>	<u>Descripción</u>	<u>Unidad</u>	<u>Rendimient</u> <u>o</u>	<u>€/Unidad</u>	<u>Precio</u> <u>Partida (€)</u>
MO2	Oficial 1ª	h.	27,54	15,47	426,04 €
MO3	Peón ordinario	h.	27,54	12,31	339,02 €
MO7	Oficial 1ª soldador	h.	4,65	17,85	83,00 €
MA4	Camión grúa hidráulica 29 Tn.	h.	1,67	48,97	81,77
MAT9	Perfil rectangular 70x49x5 mm S275 JR	m.	36,51	19,47	710,97 €
MAT10	Perfil HEB 200 acero S275 JR.	m.	6,72	57,94	389,36 €
MAT11	Perfil Tubular D. 323,9 x5,9 mm S275 JR.	m.	290,5	7,27	2.111,94 €
MAT12	Perfil Tubular D. 355,6 x16 mm S275 JR.	m.	3,9	91,43	356,58
MAT14	Refuerzos estructura, acero S275 espesor 100x100x10 mm	Kg.	8,4	1,02	8,57 €
MAT13	Actuador rotatorio marca TransTecno modelo ST12	Ud.	1	558,60	558,60 €
MAT	Actuador lineal marca Brown Advance BWR 20.4	Ud.	1	358,64	358,64
MAT16	Tornillería M12x40 calidad 5.6	Ud.	37	0,14	5,18 €
Costes Directos		%	2		70,88 €
				Total:	3.615,13 €

PRESUPUESTO

<u>Referencia</u>	<u>Unidad</u>	<u>Descripción</u>
U09	Ud.	Pintado de estructura metálica para ambientes C3 según el grado de limpieza Sa2 con pintura BA Epoxy 2xHemudur 18500 con un espesor con 180 micras de espesor y BA Poliuretano 1x Hemuthane enamel 58510 con 60 micras de espesor. Para protección contra el óxido.

<u>Referencia</u>	<u>Descripción</u>	<u>Unidad</u>	<u>Rendimiento</u>	<u>€/Unidad</u>	<u>Precio Partida (€)</u>
MO8	Oficial 1ª pintor	h.	0,21	17,31	3,64 €
MO4	Peón especializado	h.	0,29	14,58	4,23 €
MAT18	BA Epoxy 2xHemudur 18500 con un espesor con 180 micras de espesor.	l.	0,42	8,65	3,63 €
MAT19	BA Poliuretano 1x Hemuthane enamel 58510 con 60 micras de espesor.	l.	0,21	4,87	1,02 €
Costes Directos		%	2		0,25 €
				Total:	12,77 €

PRESUPUESTO

<u>Referencia</u>	<u>Unidad</u>	<u>Descripción</u>			
UO10	Ud.	Instalación eléctrica de placa solar fotovoltaica de 245 W de potencia con unas dimensiones de 1665x991x38 mm. con cableado de 1,5 mm ² de sección para estructura de un seguidor solar monoposte de 39 m ² .			
<u>Referencia</u>	<u>Descripción</u>	<u>Unidad</u>	<u>Rendimiento</u>	<u>€/Unidad</u>	<u>Precio Partida (€)</u>
MO1	Oficial 1ª electricista	h.	0,09	17,51	1,58 €
MO4	Peón especializado	h.	0,15	14,58	2,19 €
MAT1	Placa solar fotovoltaica modelo REC 245 W	Ud.	1	220,00	221,60 €
MAT20	Cable ZZ-F (AS) 1,8 kV DC - 0,6/1 kV AC de 1,5 mm ² de sección.	m.	2,1	0,19	0,40 €
MAT17	Grapa Solar	Ud.	4	1,19	4,76 €
Costes Directos		%	2		4,61 €
				Total:	235,13 €

PRESUPUESTO

<u>Referencia</u>	<u>Unidad</u>	<u>Descripción</u>
UO11	Ud.	Instalación de Inversor trifásico, modelo Inv/carg. 6000W-48V-230VAC XW6048E – SCHNEIDER, potencia nominal de salida 6 KW, dimensiones 580x410x230 mm y eficiencia máxima 95,4%. con cableado hasta placas de 5 m de sección 6 mm ² y conexionado.

<u>Referencia</u>	<u>Descripción</u>	<u>Unidad</u>	<u>Rendimiento</u>	<u>€/Unidad</u>	<u>Precio Partida (€)</u>
MO1	Oficial 1ª electricista	h.	2,21	17,51	38,70 €
MO4	Peón especializado	h.	2,21	14,58	32,22 €
MAT2	Inversor trifásico, modelo Refusol 008 K-020 K, potencia nominal de salida 24 KW.	Ud.	1	2.496,72	3.114,56 €
MA2	Cable ZZ-F (AS) 1,8 kV DC - 0,6/1 kV AC de 1,5 mm ² de sección.	m.	30	0,81	24,30 €
Costes Directos		%	2		64,57 €
				Total:	30.293,15 €

PRESUPUESTO

<u>Referencia</u>	<u>Unidad</u>	<u>Descripción</u>
UO12	Ud.	Instalación de instrumentos para la monitorización de un seguidor solar monoposte con anemómetro y sonda de temperatura.

<u>Referencia</u>	<u>Descripción</u>	<u>Unidad</u>	<u>Rendimiento</u>	<u>€/Unidad</u>	<u>Precio Partida (€)</u>
MO1	Oficial 1ª electricista	h.	0,43	17,51	7,53 €
MAT25	Sonda de temperatura para panel fotovoltaico PT100	h.	1	43,99	43,99 €
MAT26	Anemómetro IES101010 SMA	Ud.	1	27,56	27,56 €
Costes Directos		%	2		1,58 €
Total:					80,66 €

<u>Referencia</u>	<u>Unidad</u>	<u>Descripción</u>
UO13	Ud.	Instalación de sistema antirrobo basado en un bucle cerrado de fibra óptica plástica (FOP).

<u>Referencia</u>	<u>Descripción</u>	<u>Unidad</u>	<u>Rendimiento</u>	<u>€/Unidad</u>	<u>Precio Partida (€)</u>
MO1	Oficial 1ª electricista	h.	2,21	17,51	38,70 €
MAT24	Sistema antirrobo TodoenSolar para 13-24 placas solares	Ud.	1	299,00	299,00 €
Costes Directos		%	2		6,75 €
Total:					344,45 €

PRESUPUESTO

<u>Referencia</u>	<u>Descripción</u>	<u>Precio unitario (€)</u>
U01	Excavación con retropala, de terrenos de consistencia dura, en apertura de pozos, con extracción de tierras a los bordes.	44,22 €
U02	Carga de tierras procedentes de la excavación sobre cambi6n volquete de 5 Tm, mediante retroexcavadora de m6quina combinada.	46,66 €
U03	Transporte de tierras procedentes de excavaci6n al vertedero, con recorrido total menor de 10 Km. Con camión volquete de 5 Tm.	4,87 €
U04	Hormig6n en masa HL-150/P/20 SR/MR resistente a sulfatos de dosificaci6n 150 Kg/m3, con tamaño m6ximo de 6rido de 20 mm. elaborado en central para limpieza y nivelado de fondos de cimentaci6n, incluso con vibrado y colocaci6n. El espesor m6nimo ser6 de 10 cm, seg6n CTE/DB-SE-C y EHE-08.	68,16 €
U05	Acero corrugado B-500S, cortado doblado armado y colocado directamente en obras que no requieran una colocaci6n m6s complicada.	0,84 €
U06	Hormig6n en masa para armar HA-30/P/20 IIa N/mm2, con tamaño m6ximo de 6rido de 40 mm., consistencia blanda, elaborado en central en relleno de zapatas, por medio de camión bomba con vibrado y colocaci6n seg6n CTE/DB-SE-C y EHE-08.	127,70 €
U07	Placa de anclaje de acero S275 en perfil plano, de di6metro 600 mm con seis pernos de acero corrugado de 20 mm de di6metro y 450 mm de longitud total, con seis taladros de 22 mm a una distancia de 50 mm del borde exterior.	30,51 €

PRESUPUESTO

<u>Referencia</u>	<u>Descripción</u>	<u>Precio unitario (€)</u>
UO8	Construcción de estructura metálica para seguidor solar monoposte con perfiles tubulares de sección hueca de diámetro 355,6 mm para el poste, un perfil tubular de diámetro 323,9 mm, dos perfiles HEB 160 para el bastidor, seis perfiles rectangulares huecos de 70x49 mm. Incluye unión entre perfil HEB y perfil rectangular mediante un soporte para rodamiento SAF que permite el giro cenital así como también el rodamiento modelo 22220 E. de la marca SKF, actuador lineal BWR 20.4 de la marca Brown Advance el actuador rotatorio PT12 de la marca SolarTecno que permite el movimiento acimutal. Incluye también soldadura de uniones y refuerzos y costes de tornillería. También incluye un Encoder SolarTecno EMI 58 para la medida acimutal y un inclinómetro modelo SST20, Vigor Technology para la medida cenital.	3.615,13 €
UO9	Pintado de estructura metálica para ambientes C3 según el grado de limpieza Sa2 con pintura BA Epoxy 2xHemudur 18500 con un espesor con 180 micras de espesor y BA Poliuretano 1x Hemuthane enamel 58510 con 60 micras de espesor. Para protección contra el óxido.	12,77 €
UO10	Instalación eléctrica de placa solar fotovoltaica de 245 W de potencia con unas dimensiones de 1665x991x38 mm. con cableado de 1,5 mm ² de sección para estructura de un seguidor solar monoposte de 39 m ²	235,13 €
UO11	Instalación de Inversor trifásico, modelo Inv/carg. 6000W-48V-230VAC XW6048E – SCHNEIDER, potencia nominal de salida 6 KW, dimensiones 580x410x230 mm y eficiencia máxima 95,4%. con cableado hasta placas de 5 m de sección 6 mm ² y conexionado.	3.293,15 €
UO12	Instalación de instrumentos para la monitorización de un seguidor solar monoposte con anemómetro y sonda de temperatura.	80,66 €
UO13	Instalación de sistema antirrobo basado en un bucle cerrado de fibra óptica plástica (FOP).	344,45 €

PRESUPUESTO

Cuadro de precios de unidad de obra

A continuación se presentan los precios unitarios de cada una de las unidades de obra.

Presupuestos parciales

A continuación se presentan los presupuestos parciales que implican cada una de las unidades de obra, junto con el estado de mediciones.

<u>Referencia</u>	<u>Unidad</u>	<u>Descripción</u>		
UO1	m ³	Excavación con retropala, de terrenos de consistencia dura, en apertura de pozos, con extracción de tierras a los bordes.		
<u>Situación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Total</u>	<u>Precio unidad (€)</u>	<u>Presupuesto parcial (€)</u>
Zapata	6,875			
		6,875	44,22	304,05 €

<u>Referencia</u>	<u>Unidad</u>	<u>Descripción</u>		
UO2	m ³	Carga de tierras procedentes de la excavación sobre cambi6n volquete de 5 Tm, mediante retroexcavadora de m6quina combinada.		
<u>Situaci6n</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Total</u>	<u>Precio unidad (€)</u>	<u>Presupuesto parcial (€)</u>
Zapata	6,875			
		6,875	46,66	320,78 €

<u>Referencia</u>	<u>Unidad</u>	<u>Descripci6n</u>		
UO3	m ³	Transporte de tierras procedentes de excavaci6n al vertedero, con recorrido total menor de 10 Km. Con cami6n voquete de 5 Tm.		
<u>Situaci6n</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Total</u>	<u>Precio unidad (€)</u>	<u>Presupuesto parcial (€)</u>
Zapata	6,875			
		6,875	4,87	33,46 €

PRESUPUESTO

<u>Referencia</u>	<u>Unidad</u>	<u>Descripción</u>
U04	m ³	Hormigón en masa HL-150/P/20 SR/MR resistente a sulfatos de dosificación 150 Kg/m ³ , con tamaño máximo de árido de 20 mm. elaborado en central para limpieza y nivelado de fondos de cimentación, incluso con vibrado y colocación. El espesor mínimo será de 10 cm, según CTE/DB-SE-C y EHE-08.

<u>Situación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Total</u>	<u>Precio unidad (€)</u>	<u>Presupuesto parcial (€)</u>
Zapata	0,625			
		0,625	68,16	42,60 €

<u>Referencia</u>	<u>Unidad</u>	<u>Descripción</u>
U05	Kg.	Acero corrugado B-500S, cortado doblado armado y colocado directamente en obras que no requieran una colocación más complicada.

<u>Situación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Total</u>	<u>Precio unidad (€)</u>	<u>Presupuesto parcial (€)</u>
Zapata	89,76			
		89,76	0,84	75,27 €

<u>Referencia</u>	<u>Unidad</u>	<u>Descripción</u>
U06	m ³ .	Hormigón en masa para armar HA-35/P/20 Ila N/mm ² , con tamaño máximo de árido de 40 mm., consistencia blanda, elaborado en central en relleno de zapatas, por medio de camión bomba con vibrado y colocación según CTE/DB-SE-C y EHE-08.

<u>Situación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Total</u>	<u>Precio unidad (€)</u>	<u>Presupuesto parcial (€)</u>
Zapata	6,25			
		6,25	127,70	798,14 €

PRESUPUESTO

<u>Referencia</u>	<u>Unidad</u>	<u>Descripción</u>
U07	Ud.	Placa de anclaje de acero S275 en perfil plano, de diámetro 600 mm con seis pernos de acero corrugado de 20 mm de diámetro y 450 mm de longitud total, con seis taladros de 22 mm a una distancia de 50 mm del borde exterior.

<u>Situación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Total</u>	<u>Precio</u> <u>unidad (€)</u>	<u>Presupuesto parcial (€)</u>
Zapata	1			
		1	30,51	30,51 €

<u>Referencia</u>	<u>Unidad</u>	<u>Descripción</u>
U08	Ud.	Construcción de estructura metálica para seguidor solar monoposte con perfiles tubulares de sección hueca de diámetro 355,6 mm para el poste, un perfil tubular de diámetro 323,9 mm, dos perfiles HEB 160 para el bastidor, seis perfiles rectangulares huecos de 70x49 mm. Incluye unión entre perfil HEB y perfil rectangular mediante un soporte para rodamiento SAF que permite el giro cenital así como también el rodamiento modelo 22220 E. de la marca SKF, actuador lineal BWR 20.4 de la marca Brown Advance el actuador rotatorio PT12 de la marca SolarTecno que permite el movimiento acimutal. Incluye también soldadura de uniones y refuerzos y costes de tornillería. También incluye un Encoder SolarTecno EMI 58 para la medida acimutal y un inclinómetro modelo SST20, Vigor Technology para la medida cenital.

<u>Situación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Total</u>	<u>Precio</u> <u>unidad (€)</u>	<u>Presupuesto parcial (€)</u>
Zapatas	1			
		1	3.615,13	3.615,13 €

PRESUPUESTO

<u>Referencia</u>	<u>Unidad</u>	<u>Descripción</u>
U09	m ² .	Pintado de estructura metálica para ambientes C3 según el grado de limpieza Sa2 con pintura BA Epoxy 2xHemudur 18500 con un espesor con 180 micras de espesor y BA Poliuretano 1x Hemuthane enamel 58510 con 60 micras de espesor. Para protección contra el óxido.

<u>Situación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Total</u>	<u>Precio unidad (€)</u>	<u>Presupuesto parcial (€)</u>
Zapatás	37			
		37	12,77	
				472,47 €

<u>Referencia</u>	<u>Unidad</u>	<u>Descripción</u>
U010	Ud.	Instalación eléctrica de placa solar fotovoltaica de 245 W de potencia con unas dimensiones de 1665x991x38 mm. con cableado de 1,5 mm ² de sección para estructura de un seguidor solar monoposte de 39 m ²

<u>Situación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Total</u>	<u>Precio unidad (€)</u>	<u>Presupuesto parcial (€)</u>
Zapatás	24			
		24	235,13	
				5.643,18 €

<u>Referencia</u>	<u>Unidad</u>	<u>Descripción</u>
U011	Ud.	Instalación de Inversor trifásico, modelo Inv/carg. 6000W-48V-230VAC XW6048E – SCHNEIDER, potencia nominal de salida 6 KW, dimensiones 580x410x230 mm y eficiencia máxima 95,4%. con cableado hasta placas de 5 m de sección 6 mm ² y conexionado.

<u>Situación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Total</u>	<u>Precio unidad (€)</u>	<u>Presupuesto parcial (€)</u>
Zapatás	1			
		1	3.293,15	
				3.293,15 €

PRESUPUESTO

<u>Referencia</u>	<u>Unidad</u>	<u>Descripción</u>
UO12	Ud.	Instalación de instrumentos para la monitorización de un seguidor solar monoposte con anemómetro y sonda de temperatura.

<u>Situación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Total</u>	<u>Precio unidad (€)</u>	<u>Presupuesto parcial (€)</u>
Zapatas	1			
<hr/>				
		1	80,66	
				80,66 €

<u>Referencia</u>	<u>Unidad</u>	<u>Descripción</u>
UO13	Ud.	Instalación de sistema antirrobo basado en un bucle cerrado de fibra óptica plástica (FOP).

<u>Situación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Total</u>	<u>Precio unidad (€)</u>	<u>Presupuesto parcial (€)</u>
Zapatas	1			
<hr/>				
		1	344,45	
				344,45 €

PRESUPUESTO

Presupuesto de ejecución material (P.E.M.)

El presupuesto de ejecución material se calculará como el sumatorio de presupuestos parciales de las unidades de obra, quedando un total de:

Presupuesto de ejecución material = 15.053,85 €

QUINCE MIL CINCUENTA Y TRES EUROS Y OCHENTA Y CINCO CÉNTIMOS.

Presupuesto de contrata

El presupuesto de contrata además del presupuesto de ejecución material toma en cuenta el I.V.A.

$I.V.A. = 21\% \cdot (P.E.M.) = 3.161,30€.$

Presupuesto general

Presupuesto general = P.E.M + I.V.A.

Presupuesto de contrata = 18.215,16 €

EL PRESUPUESTO GENERAL DEL PROYECTO SERÁ FINALMENTE:

DIECIOCHO MIL DOSCIENTOS QUINCE EUROS Y DIECISEIS CÉNTIMOS

PLIEGO DE CONDICIONES

En esta sección expondremos los componentes que contiene el proyecto realizado y describiremos sus características.

Para los distintos elementos comprados en la instalación añadiremos la ficha de técnica de características en el ANEXO 7. De la misma manera las especificaciones de los perfiles también estarán en este anexo.

Los componentes son:

1. Placas solares fotovoltaicas (ANEXO 7)
2. Inversor (ANEXO 7)
3. Cableado eléctrico (ANEXO 7)
4. Anemómetro
5. Sonda de temperatura
6. Inclímetro
7. Pintura Hempel
8. Actuador rotatorio TransTecno
9. Actuador lineal Brown Advance
10. Encoder EMI 58
11. Acero laminado en caliente
12. Hormigón de limpieza
13. Hormigón armado

- **Acero laminado**

Todo el acero empleado en la construcción de las marquesinas se trata de un acero de calidad S 275 JR de aplicación en construcción ordinaria. Cuyas características mecánicas son las siguientes según UNE En 10025:

PLIEGO DE CONDICIONES

Las características comunes a todos los aceros son:

- Módulo de Elasticidad: E 210.000 N/mm²
- Módulo de Rigidez: G 81.000 N/mm²
- Coeficiente de Poisson: ν 0,3
- Coeficiente de dilatación térmica: α $1,2 \cdot 10^{-5}$ (°C)⁻¹
- Densidad: ρ 7.850 kg/m³

Resistencia de cálculo:

Se define resistencia de cálculo f_{yd} al cociente de la tensión del límite elástico y seguridad del material:

$$f_{yd} = \frac{f_{yd}}{\gamma_M}$$

Siendo γ_M para nuestro caso 1,05. El valor final de resistencia de cálculo será de 262 MPa.

- **Hormigón de limpieza**

Es un hormigón que tiene como fin evitar la desecación del hormigón estructural durante su vertido así como una posible contaminación de éste durante las primeras horas de su hormigonado.

En nuestro proyecto utilizaremos este hormigón con las siguientes características:

Designación.

- Hormigón de limpieza HL-150/C/TM
- Contenido mínimo de cemento, 150 kg/m³ (EHE08).
- Consistencia Plástica / Blanda.
- Tamaño máximo del árido 20 mm.
- Contenido de árido reciclado máximo: 100% del árido grueso.

Materiales

- Cementos Portland comunes UNE-EN 197-1. Se empleará cemento con adición de cenizas volantes (CEM II A-V 42,5 R) con objeto de incrementar el contenido total de reciclados del hormigón.
- Árido fino natural triturado.
- Árido grueso natural triturado.
- Árido grueso reciclado procedente de la trituración de hormigón estructural de densidad mínima 2.350 kg/m³.
- Tamaño máximo del árido grueso: 20 mm.

PLIEGO DE CONDICIONES

- Aditivos reductores de agua / plastificantes / superplastificantes.
- Agua de amasado de red/pozo y agua de amasado reciclada procedente de lavado de camiones en la planta de hormigón. El agua de amasado reciclada tendrá una densidad máxima de 1,3 g/cm³, y el agua de amasado total de 1,1 g/cm³, de acuerdo con EHE 08.

- **Hormigón armado**

Las características del hormigón armado utilizado en las zapatas aisladas será:

HA-35/B/25/IIa

$f_{ck} = 35 \text{ N/mm}^2$

Consistencia: blanda

Tamaño máximo de árido: 12 mm

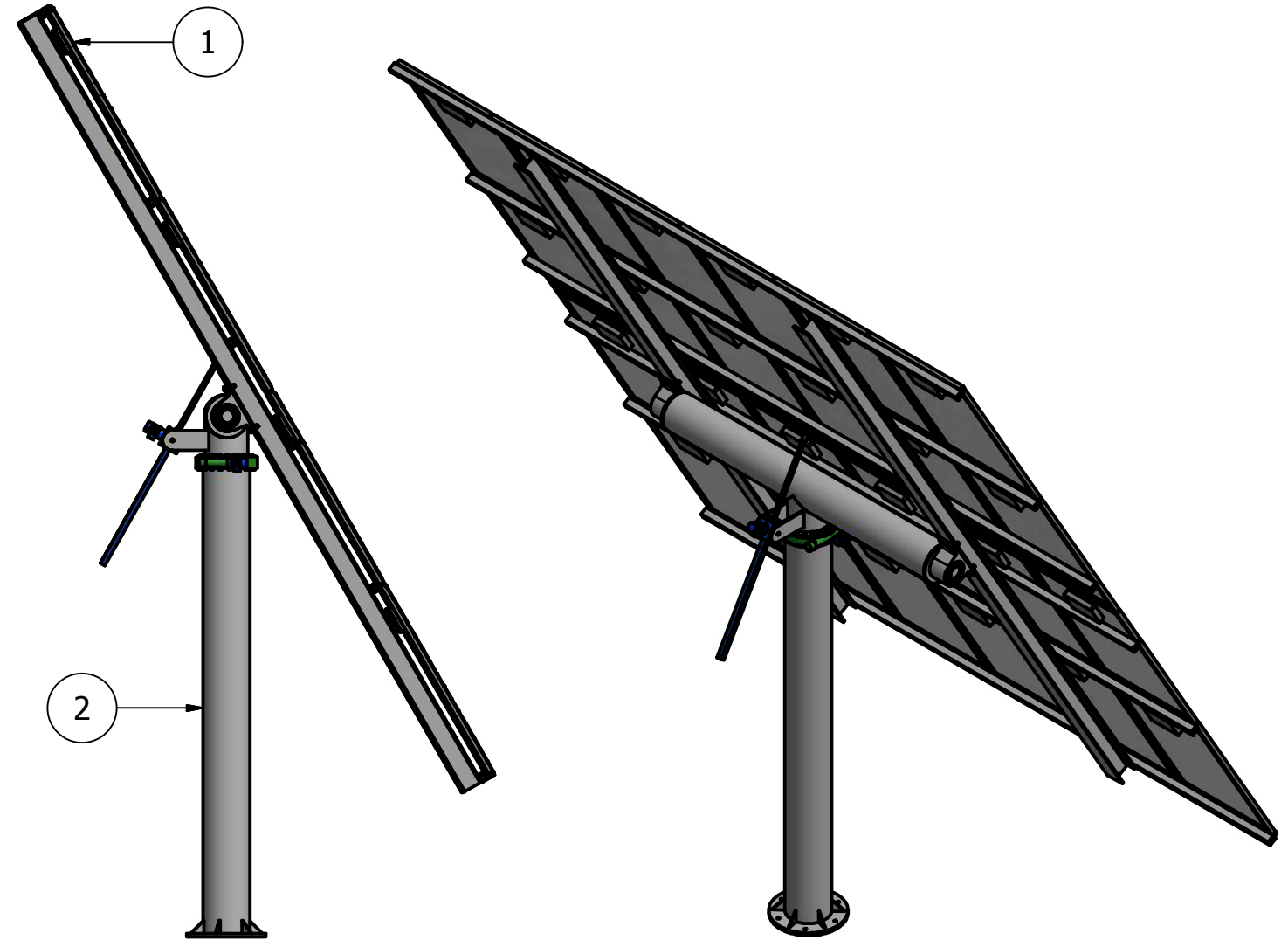
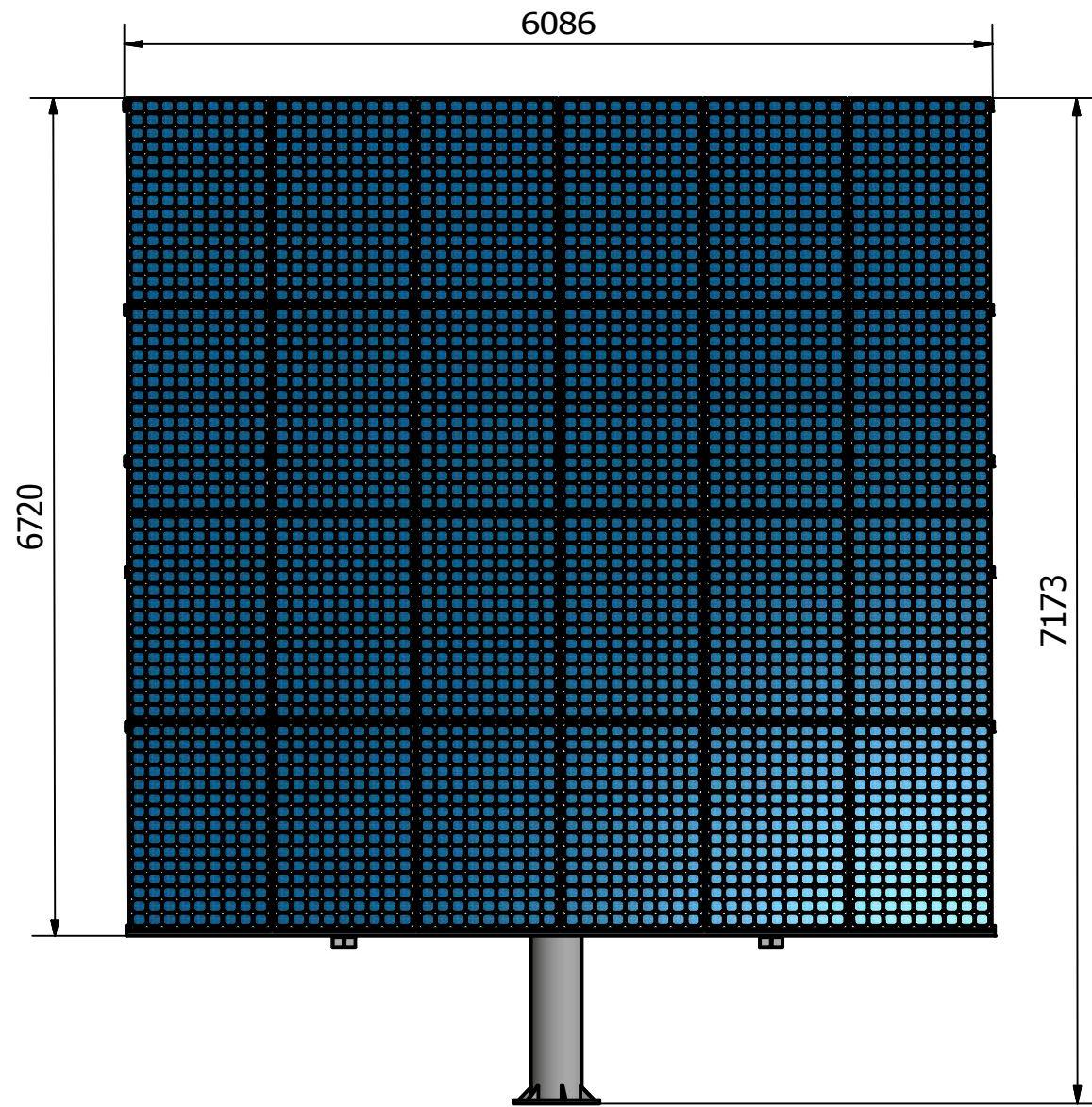
Tipo de exposición: IIa, clase normal, humedad alta.

PLANOS

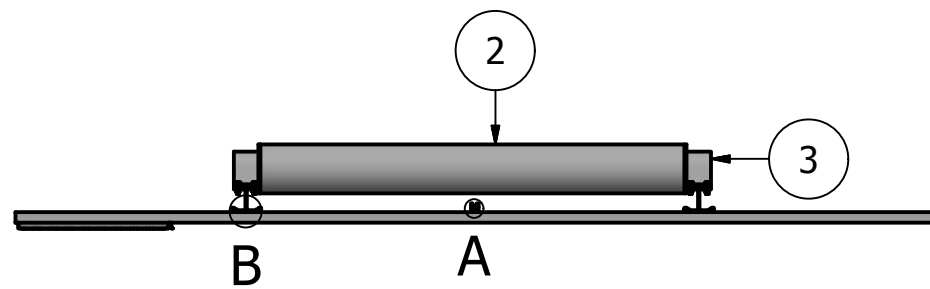
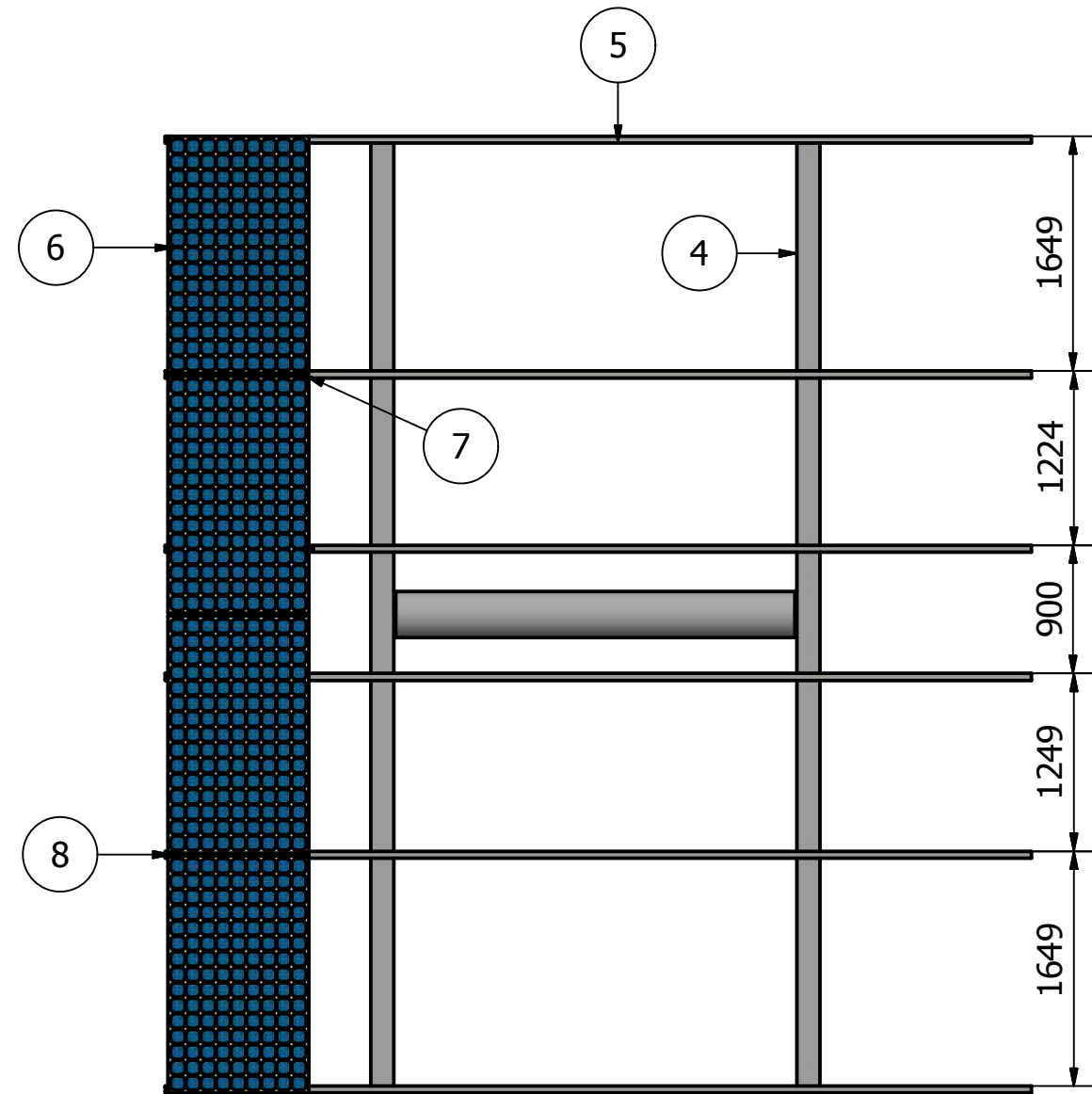
Índice de planos:

1. Plano de conjunto
2. Plano de subconjunto 1
 - 2.1. Perfil HEB
 - 2.2. Perfil rectangular
 - 2.3. Perfil tubular D. 323,9 mm
 - 2.4. Eje rodamiento
 - 2.5. Unión soporte rodamiento y HEB
3. Plano de subconjunto 2
 - 3.1. Perfil tubular D.355,6 mm
 - 3.2. Unión perfil tubular poste y actuador rotatorio
 - 3.3. Placa de anclaje
 - 3.4. Perfil unión entre perfiles tubulares y actuador rotatorio
 - 3.5. Unión perfil tubular y actuador lineal
4. Zapata aislada
5. Esquema unifilar

Elemento	Nº Conjunto	Descripción
1	Plano de Conjunto 1	Plano 2
2	Plano de Conjunto 2	Plano 3

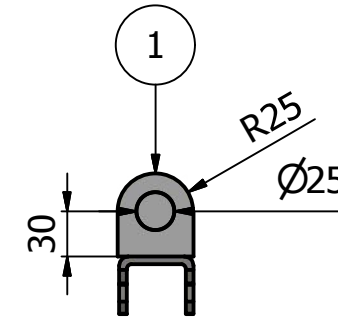
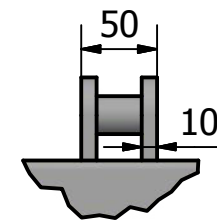


ETSID ESTRUCTURA MOTORIZADA PARA SOPORTE DE PANELES SOLARES, CON SEGUIMIENTO SOLAR Y MEDIDA DE TEMPERATURA		GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA AUTOR: JORGE SÁNCHEZ-TORIL MORA TUTOR: ROBERTO CAPILLA LLADRÓ	
JUNIO 2014	PLANO DE CONJUNTO		Nº 1
			ESCALA: 1:50

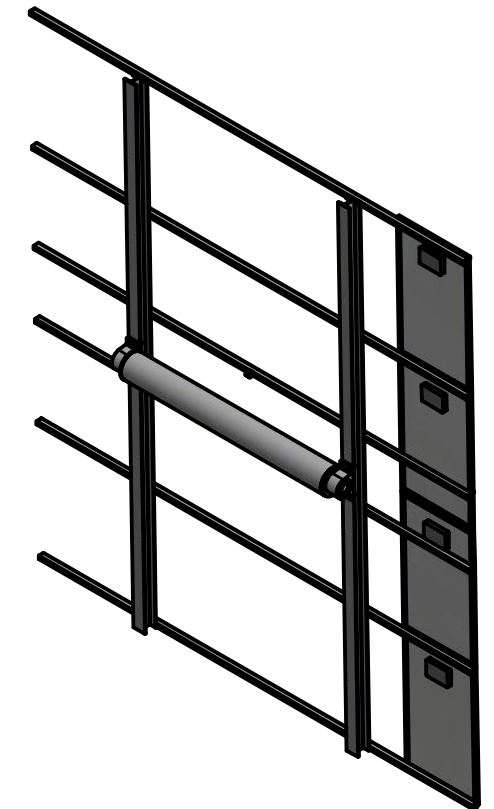
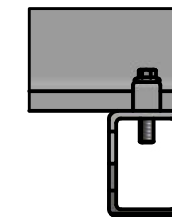
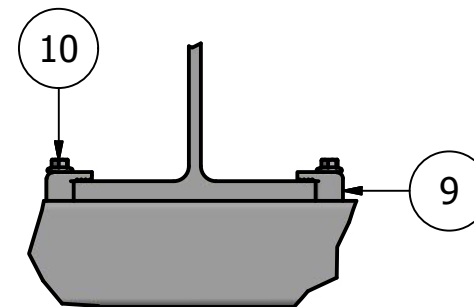


LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	Eje Actuador Lineal	
2	1	Perfil Tubular Horizontal	Plano 2.3
3	2	Soporte rodamiento	
4	2	HEB 160	Plano 2.1
5	6	Perfil rectangular 100x50x4	Plano 2.2
6	24	Placa solar	
7	40	Grapa solar Intermedia	
8	8	Grapa solar Extremo	
9	24	Grapa B-B M8	
10	24	Bolt GB/T 16674.1 R M8 x 40	

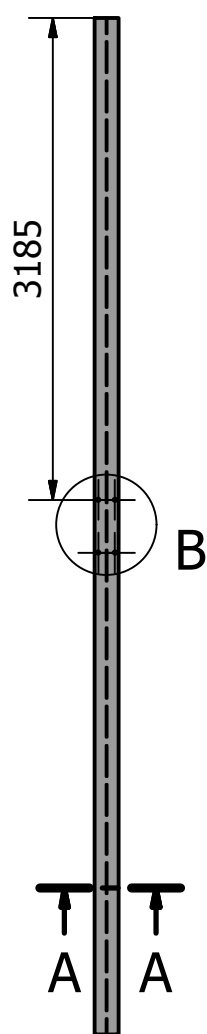
A (1 : 5)



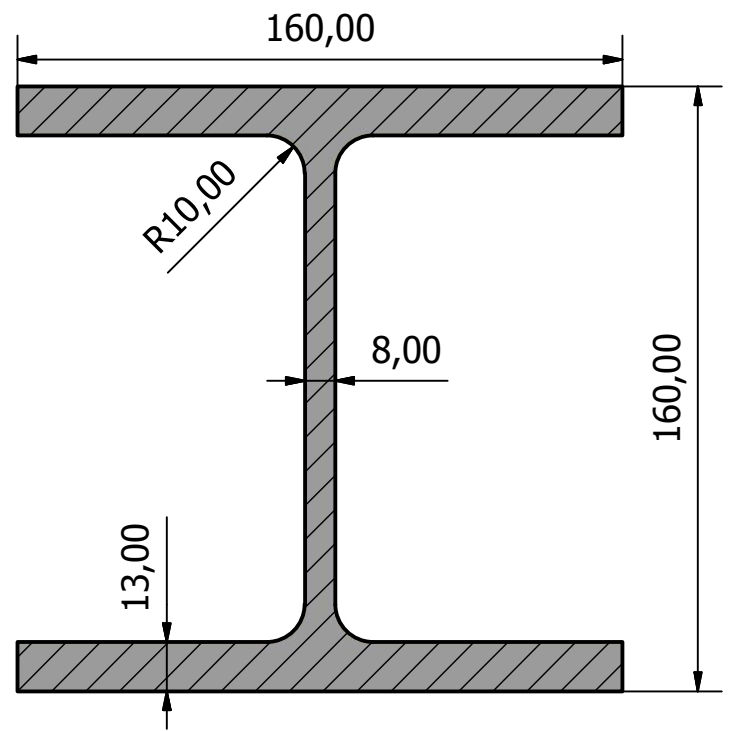
B (1 : 5)



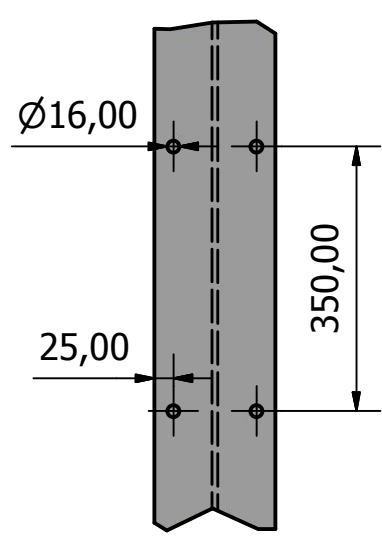
<p>ETSID</p> <p>ESTRUCTURA MOTORIZADA PARA SOPORTE DE PANELES SOLARES, CON SEGUIMIENTO SOLAR Y MEDIDA DE TEMPERATURA</p>		<p>GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA</p> <p>AUTOR: JORGE SÁNCHEZ-TORIL MORA TUTOR: ROBERTO CAPILLA LLADRÓ</p>	
<p>JUNIO 2014</p>	<p>PLANO SUBCONJUNTO 1</p>		<p>Nº 2</p>
			<p>ESCALA: 1:50</p>



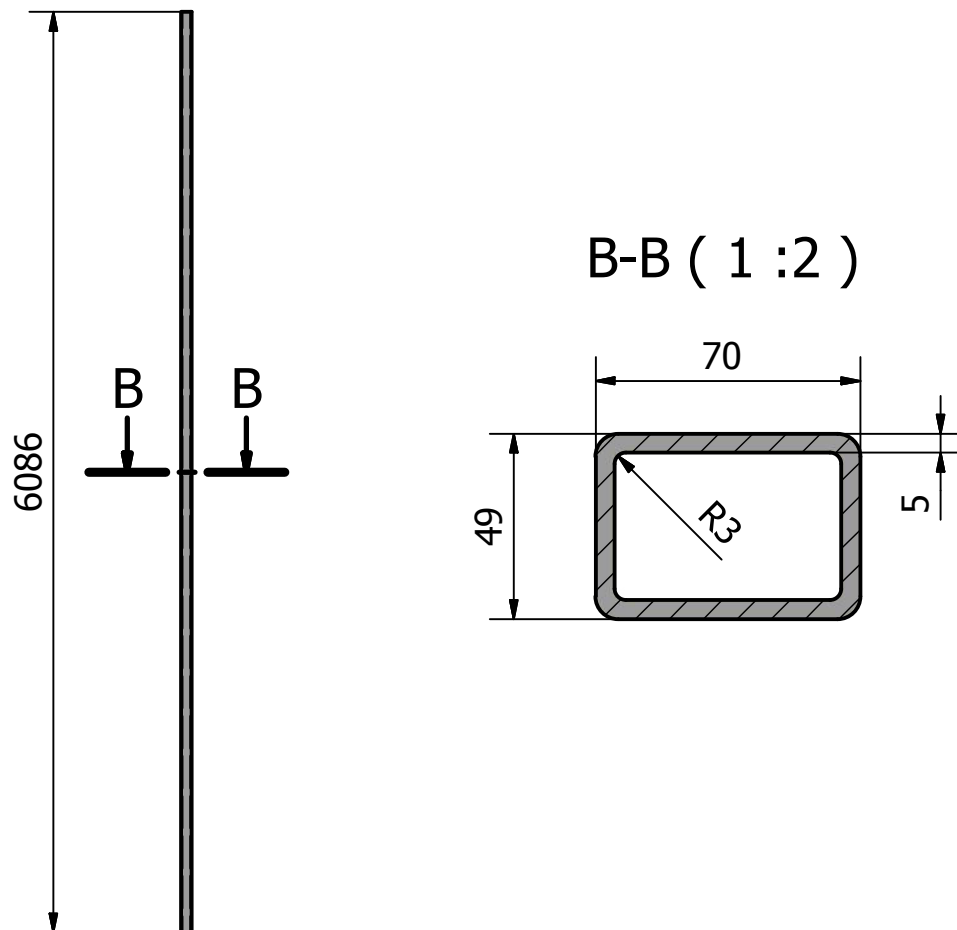
A-A (1 : 2)



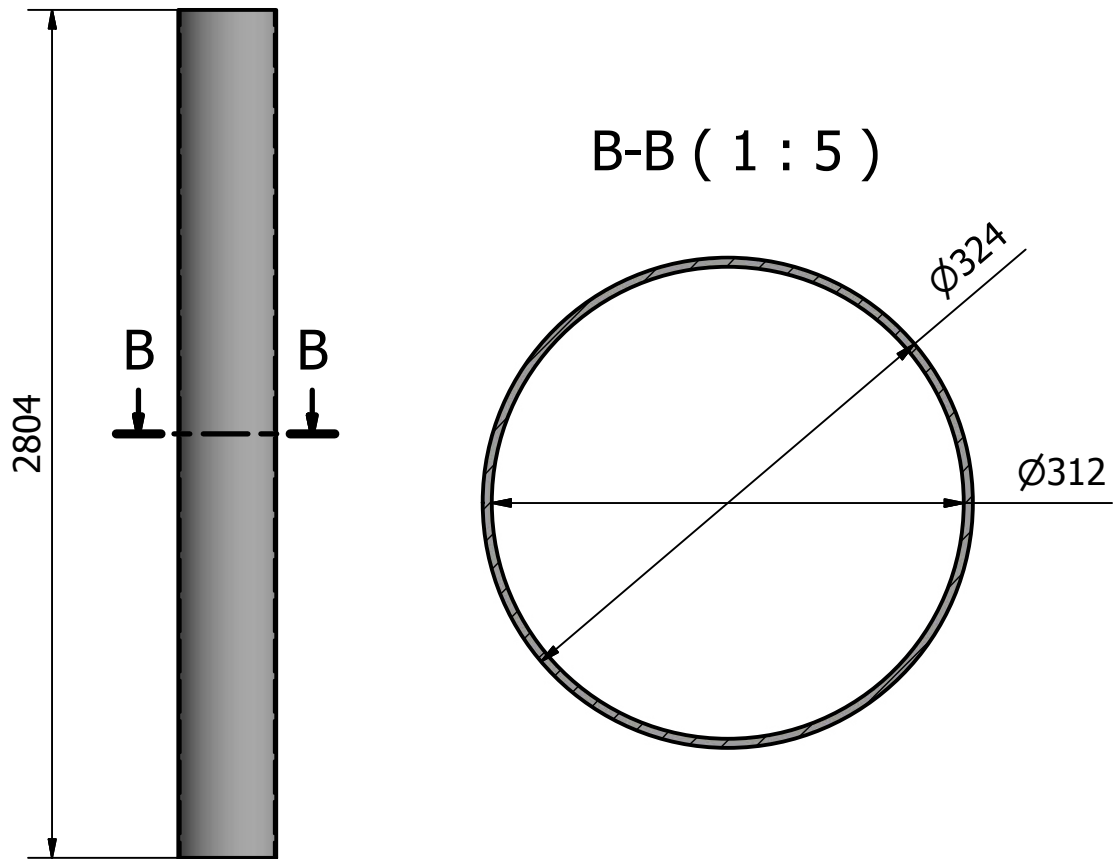
B (1 : 10)



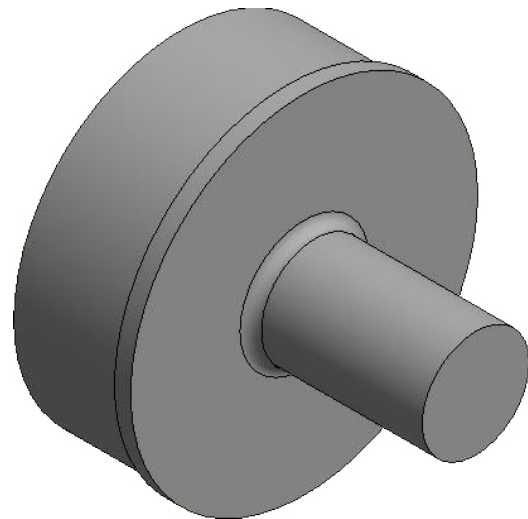
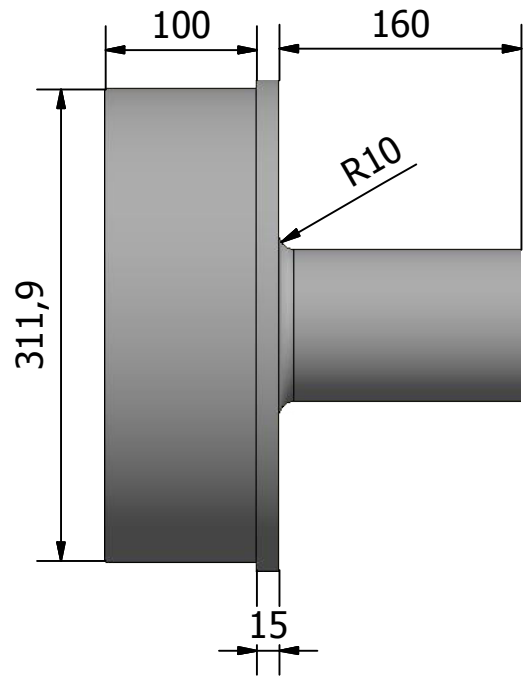
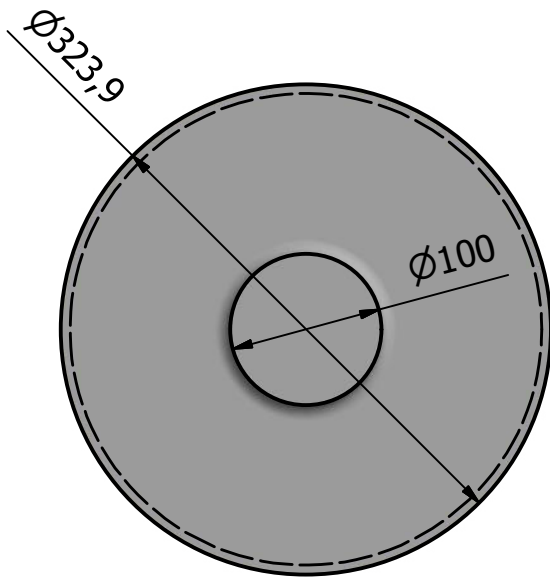
<p>ETSID</p> <p>ESTRUCTURA MOTORIZADA PARA SOPORTE DE PANELES SOLARES, CON SEGUIMIENTO SOLAR Y MEDIDA DE TEMPERATURA</p>		<p>GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA</p> <p>AUTOR: JORGE SÁNCHEZ-TORIL MORA TUTOR: ROBERTO CAPILLA LLADRÓ</p>	
<p>JUNIO 2014</p>	<p>PLANO PERFIL HEB</p>		<p>Nº 2.1</p> <p>ESCALA: 1:50; 1:10; 1:2</p>



<p>ETSID</p> <p>ESTRUCTURA MOTORIZADA PARA SOPORTE DE PANELES SOLARES, CON SEGUIMIENTO SOLAR Y MEDIDA DE TEMPERATURA</p>		<p>GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA</p> <p>AUTOR: JORGE SÁNCHEZ-TORIL MORA TUTOR: ROBERTO CAPILLA LLADRÓ</p>	
<p>JUNIO 2014</p>	<p>PLANO PERFIL RECTANGULAR</p>		<p>Nº 2.2</p> <p>ESCALA: 1:50; 1:2</p>

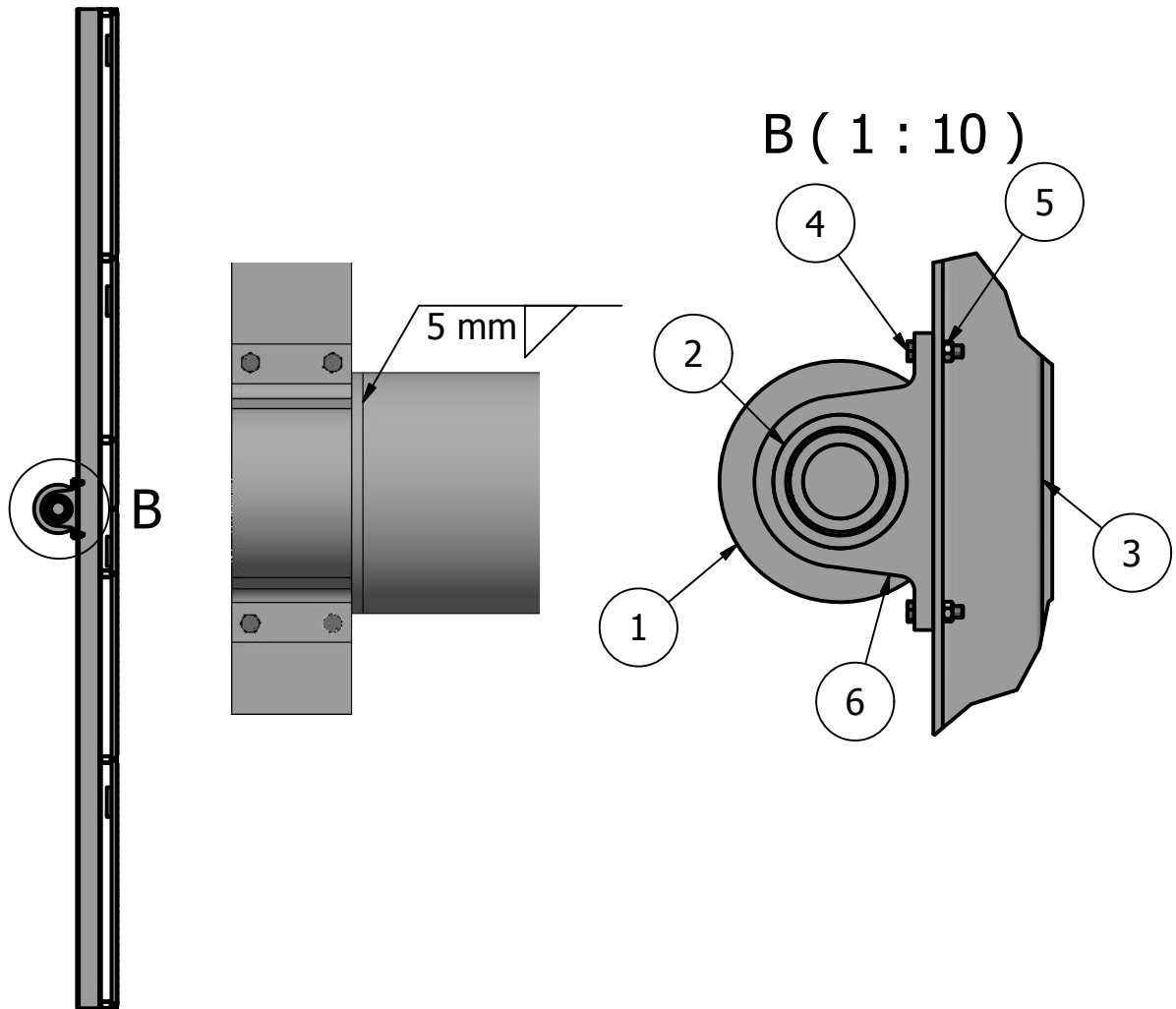


<p style="text-align: center;">ETSID</p> <p style="text-align: center;">ESTRUCTURA MOTORIZADA PARA SOPORTE DE PANELES SOLARES, CON SEGUIMIENTO SOLAR Y MEDIDA DE TEMPERATURA</p>		<p style="text-align: center;">GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA</p>	
<p style="text-align: center;">JUNIO 2014</p>		<p style="text-align: center;">AUTOR: JORGE SÁNCHEZ-TORIL MORA TUTOR: ROBERTO CAPILLA LLADRÓ</p>	
<p style="text-align: center;">PLANO PERFIL TUBULAR 323,9x6 mm</p>		<p style="text-align: center;">Nº 2.3</p>	
		<p style="text-align: center;">ESCALA: 1:25; 1:5</p>	



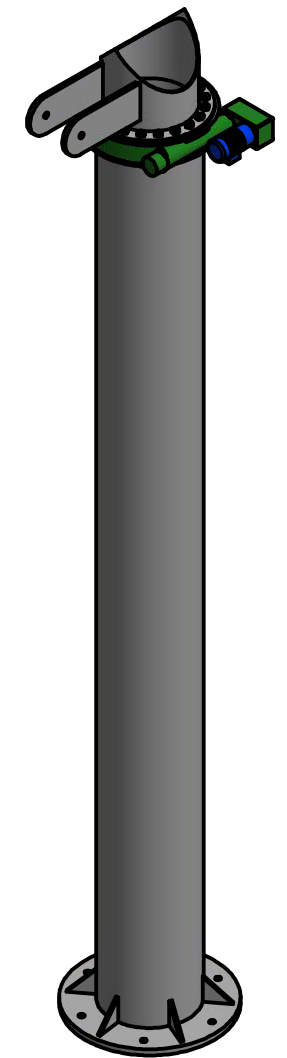
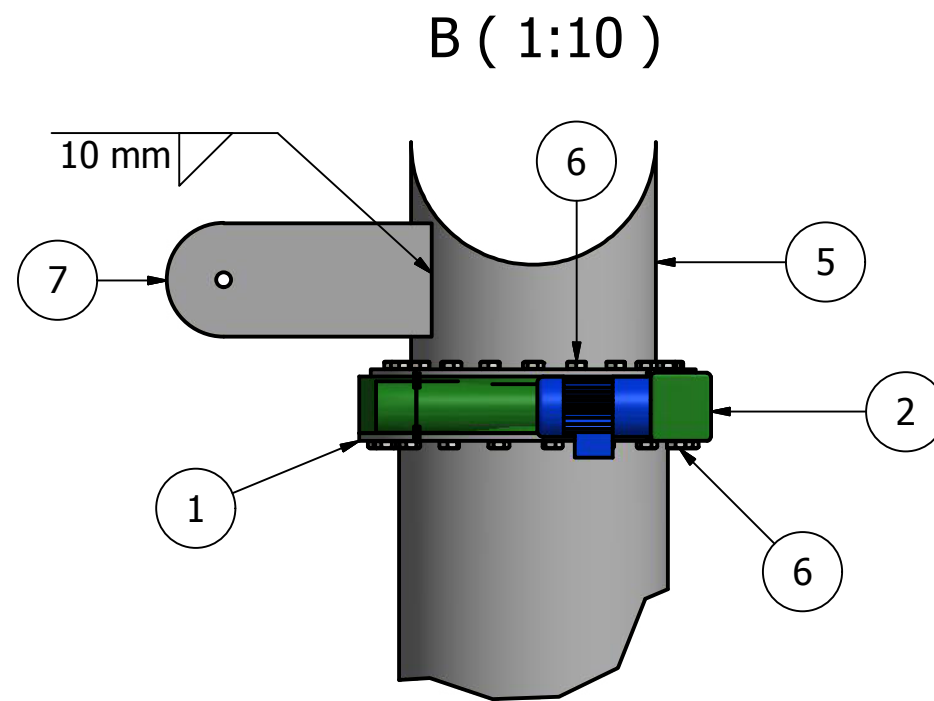
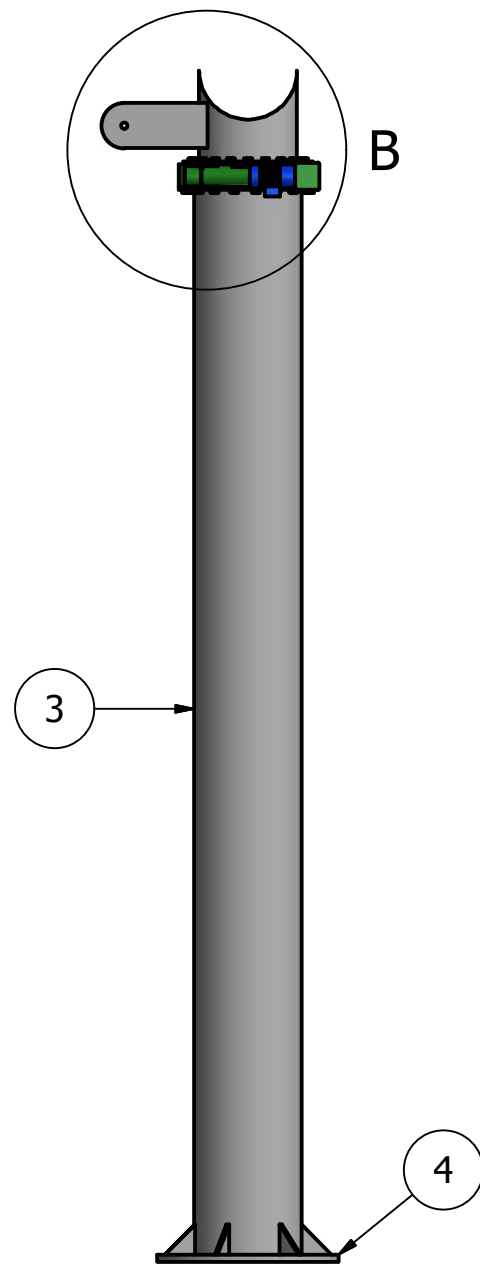
ETSID ESTRUCTURA MOTORIZADA PARA SOPORTE DE PANELES SOLARES, CON SEGUIMIENTO SOLAR Y MEDIDA DE TEMPERATURA		GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA	
		AUTOR: JORGE SÁNCHEZ-TORIL MORA TUTOR: ROBERTO CAPILLA LLADRÓ	
JUNIO 2014	PLANO EJE RODAMIENTO	Nº 2.4	
		ESCALA: 1:5	

LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	3	Eje	Plano 2.4
2	2	Rodamientos	
3	2	HEB 160	Plano 2.1
4	8	M16 Hexagonal	
5	1	Tuerca M16 Hexagonal	
6	1	Soporte Rodamiento	

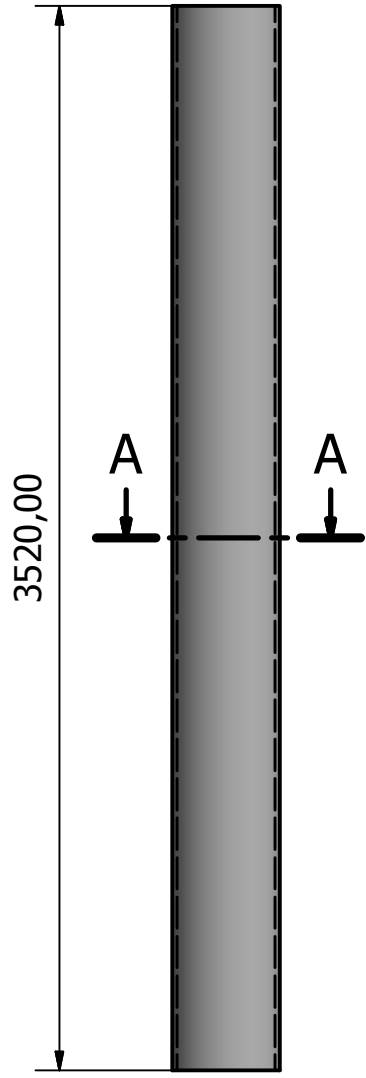


ETSID		GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA	
ESTRUCTURA MOTORIZADA PARA SOPORTE DE PANELES SOLARES, CON SEGUIMIENTO SOLAR Y MEDIDA DE TEMPERATURA		AUTOR: JORGE SÁNCHEZ-TORIL MORA TUTOR: ROBERTO CAPILLA LLADRÓ	
JUNIO 2014	PLANO UNIÓN SOPORTE RODAMIENTO Y EJE		Nº 2.5
			ESCALA: 1:50; 1:10

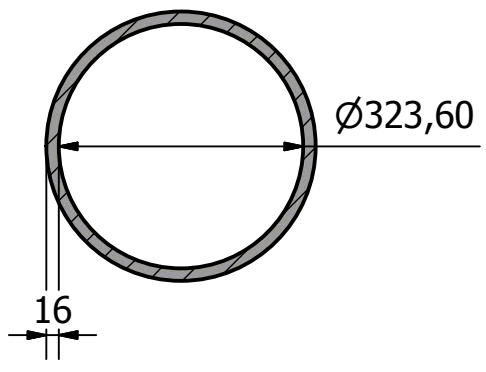
LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	Unión Perfil Tubular y Actuador Rotatorio	Plano 3.2
2	1	Actuador Rotatorio	
3	1	Perfil Tubular Poste	Plano 3.1
4	1	Placa de anclaje	Plano 3.3
5	1	Unión Perfiles Tubulares	Plano 3.4
6	38	M16x70	
7	1	Unión Perfil Tubular actuador lineal	Plano 3.5



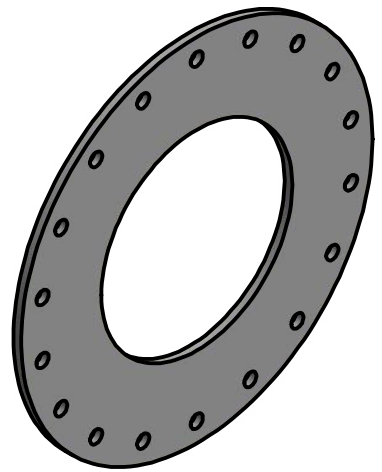
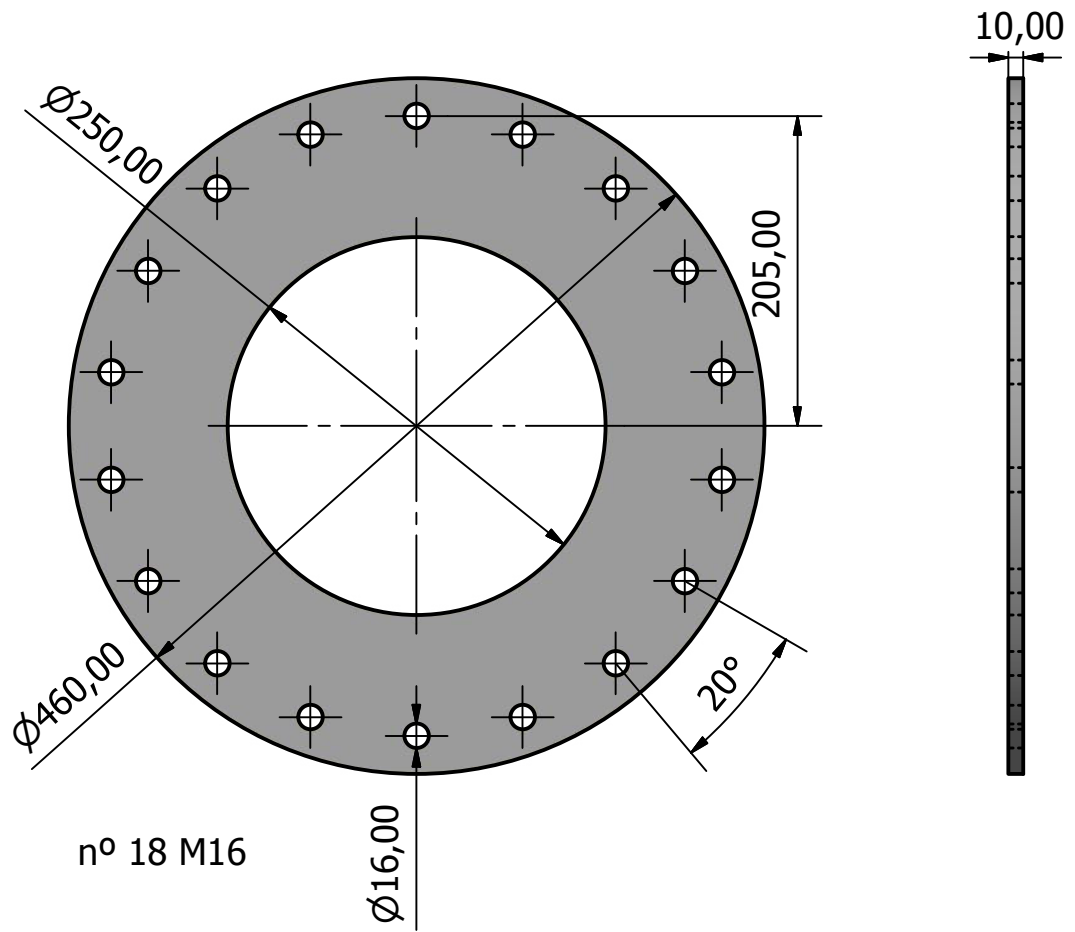
ETSID		GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA	
ESTRUCTURA MOTORIZADA PARA SOPORTE DE PANELES SOLARES, CON SEGUIMIENTO SOLAR Y MEDIDA DE TEMPERATURA		AUTOR: JORGE SÁNCHEZ-TORIL MORA TUTOR: ROBERTO CAPILLA LLADRÓ	
JUNIO 2014	PLANO SUBCONJUNTO 2		Nº 3
			ESCALA: 1:25; 1:10



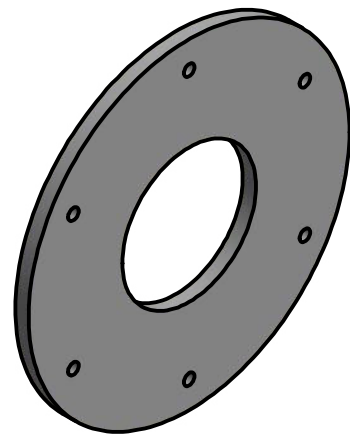
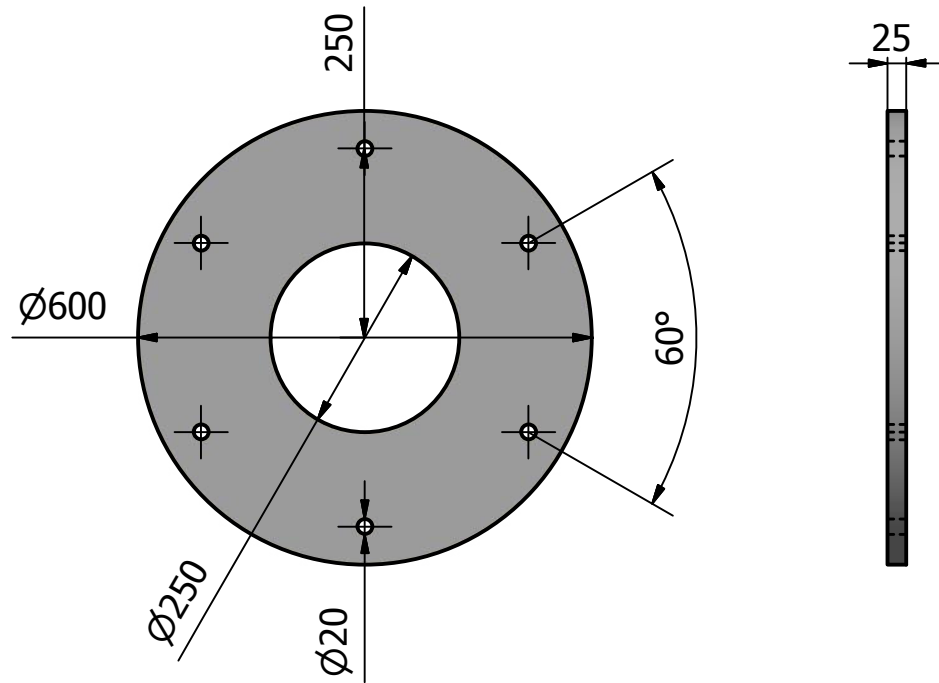
A-A (1 : 10)



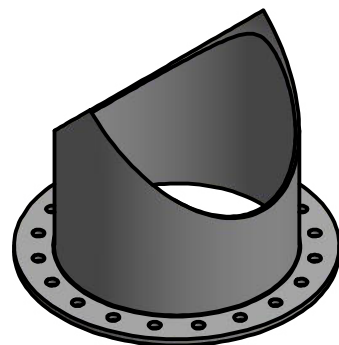
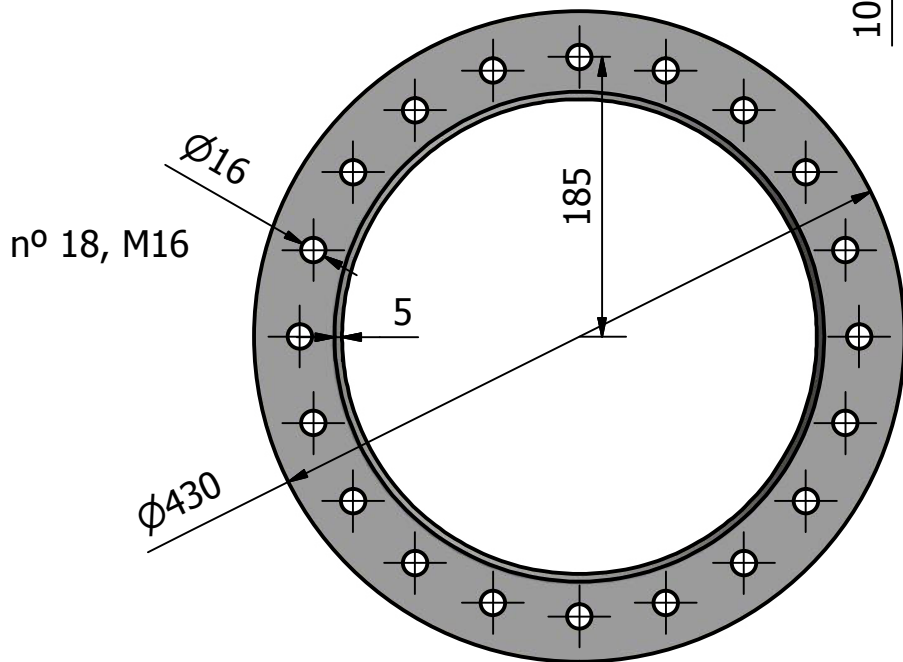
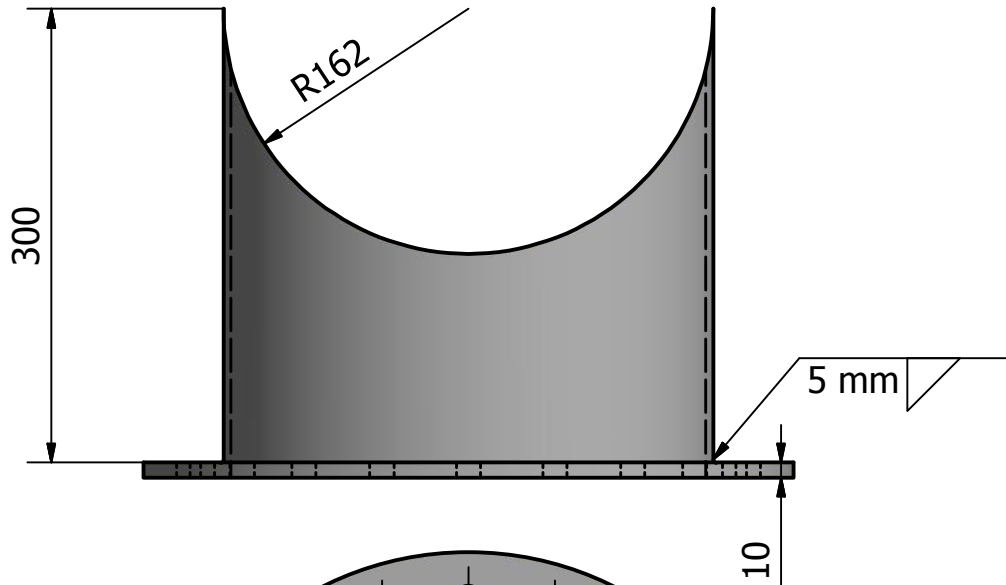
<p>ETSID</p> <p>ESTRUCTURA MOTORIZADA PARA SOPORTE DE PANELES SOLARES, CON SEGUIMIENTO SOLAR Y MEDIDA DE TEMPERATURA</p>		<p>GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA</p> <p>AUTOR: JORGE SÁNCHEZ-TORIL MORA TUTOR: ROBERTO CAPILLA LLADRÓ</p>
<p>JUNIO 2014</p>	<p>PLANO PERFIL TUBULAR 355,6X16 mm</p>	<p>Nº 3.1</p> <p>ESCALA: 1:25; 1:10</p>



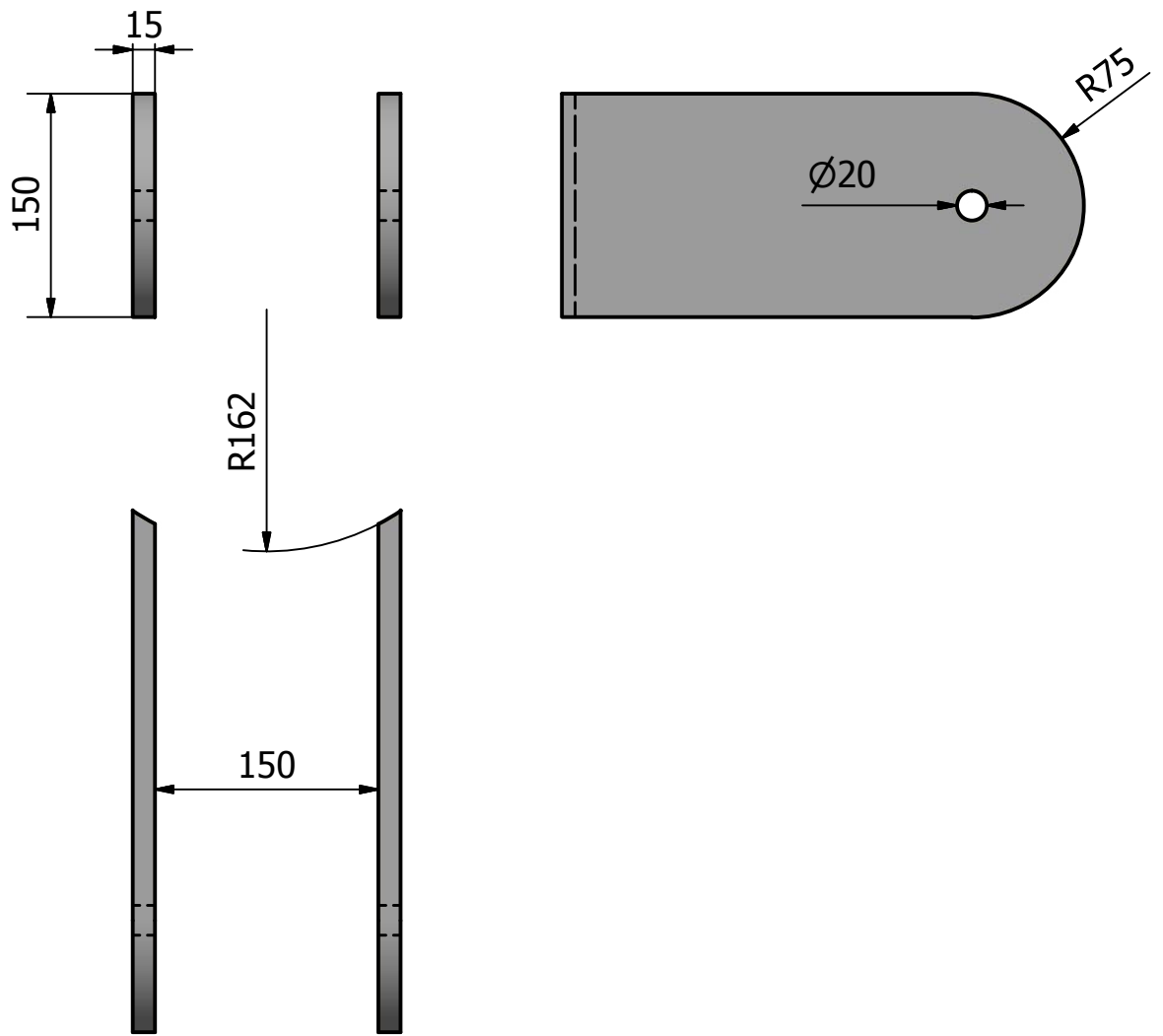
ETSID ESTRUCTURA MOTORIZADA PARA SOPORTE DE PANELES SOLARES, CON SEGUIMIENTO SOLAR Y MEDIDA DE TEMPERATURA		GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA	
		AUTOR: JORGE SÁNCHEZ-TORIL MORA TUTOR: ROBERTO CAPILLA LLADRÓ	
JUNIO 2014	PLANO UNIÓN PERFIL TUBULAR POSTE Y ACTUADOR ROTATORIO		Nº 3.2
			ESCALA: 1:5



ETSID ESTRUCTURA MOTORIZADA PARA SOPORTE DE PANELES SOLARES, CON SEGUIMIENTO SOLAR Y MEDIDA DE TEMPERATURA		GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA	
		AUTOR: JORGE SÁNCHEZ-TORIL MORA TUTOR: ROBERTO CAPILLA LLADRÓ	
JUNIO 2014	PLANO PLACA ANCLAJE		Nº 3.3
			ESCALA: 1:10



<p>ETSID</p> <p>ESTRUCTURA MOTORIZADA PARA SOPORTE DE PANELES SOLARES, CON SEGUIMIENTO SOLAR Y MEDIDA DE TEMPERATURA</p>		<p>GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA</p> <p>AUTOR: JORGE SÁNCHEZ-TORIL MORA TUTOR: ROBERTO CAPILLA LLADRÓ</p>	
<p>JUNIO 2014</p>	<p>PLANO PERFIL UNIÓN PERFILES TUBULARES Y ACTUADOR ROTATORIO</p>		<p>Nº 3.4</p>
			<p>ESCALA: 1:5</p>



<p style="text-align: center;">ETSID</p> <p style="text-align: center;">ESTRUCTURA MOTORIZADA PARA SOPORTE DE PANELES SOLARES, CON SEGUIMIENTO SOLAR Y MEDIDA DE TEMPERATURA</p>		<p style="text-align: center;">GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA</p>
<p style="text-align: center;">JUNIO 2014</p>		<p style="text-align: center;">AUTOR: JORGE SÁNCHEZ-TORIL MORA TUTOR: ROBERTO CAPILLA LLADRÓ</p>
<p style="text-align: center;">PLANO UNIÓN PERFIL TUBULAR Y ACTUADOR LINEAL</p>		<p style="text-align: center;">Nº 3.5</p> <p style="text-align: center;">ESCALA: 1:5</p>

Zapata: 2,5x2,5x1 m

Hormigón de limpieza:
HL-150/C/TM

Hormigón armado:
HA-35/B/25/IIa

Armadura:
Acero B 500 S
Diám. 12 mm
2x22 barras separadas 10 cm.

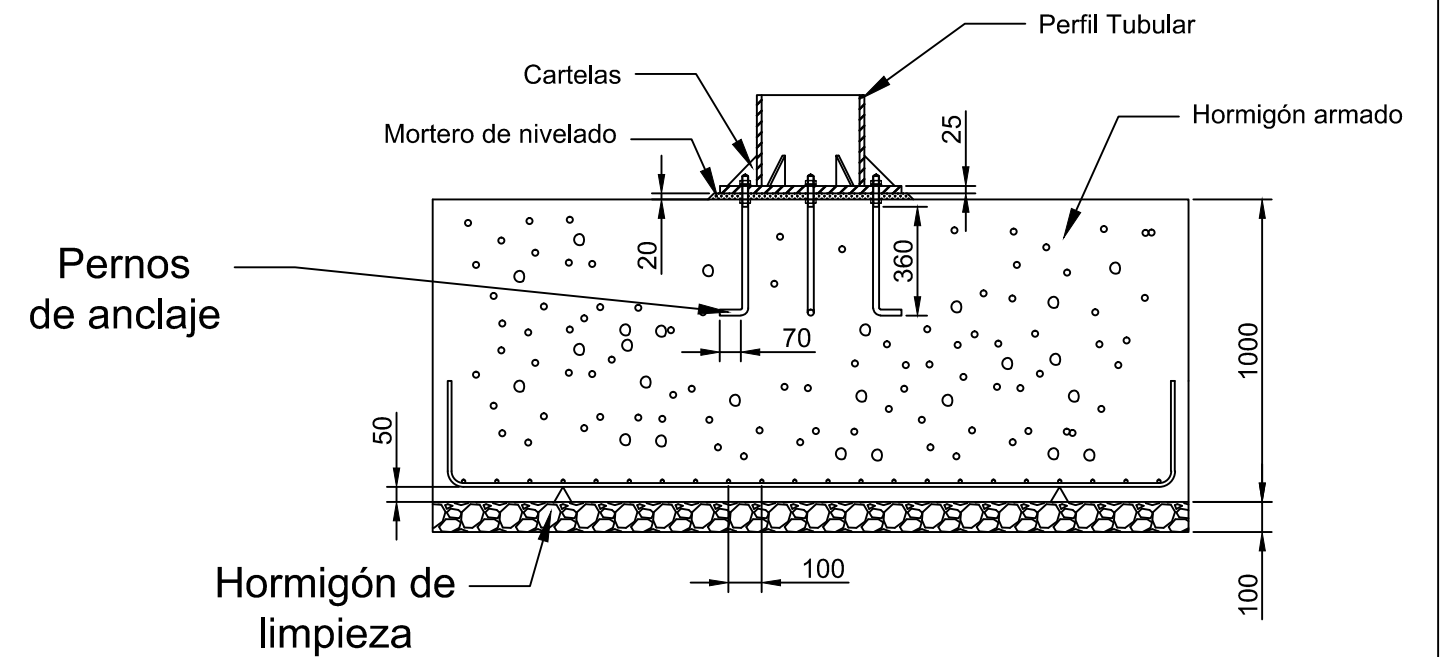
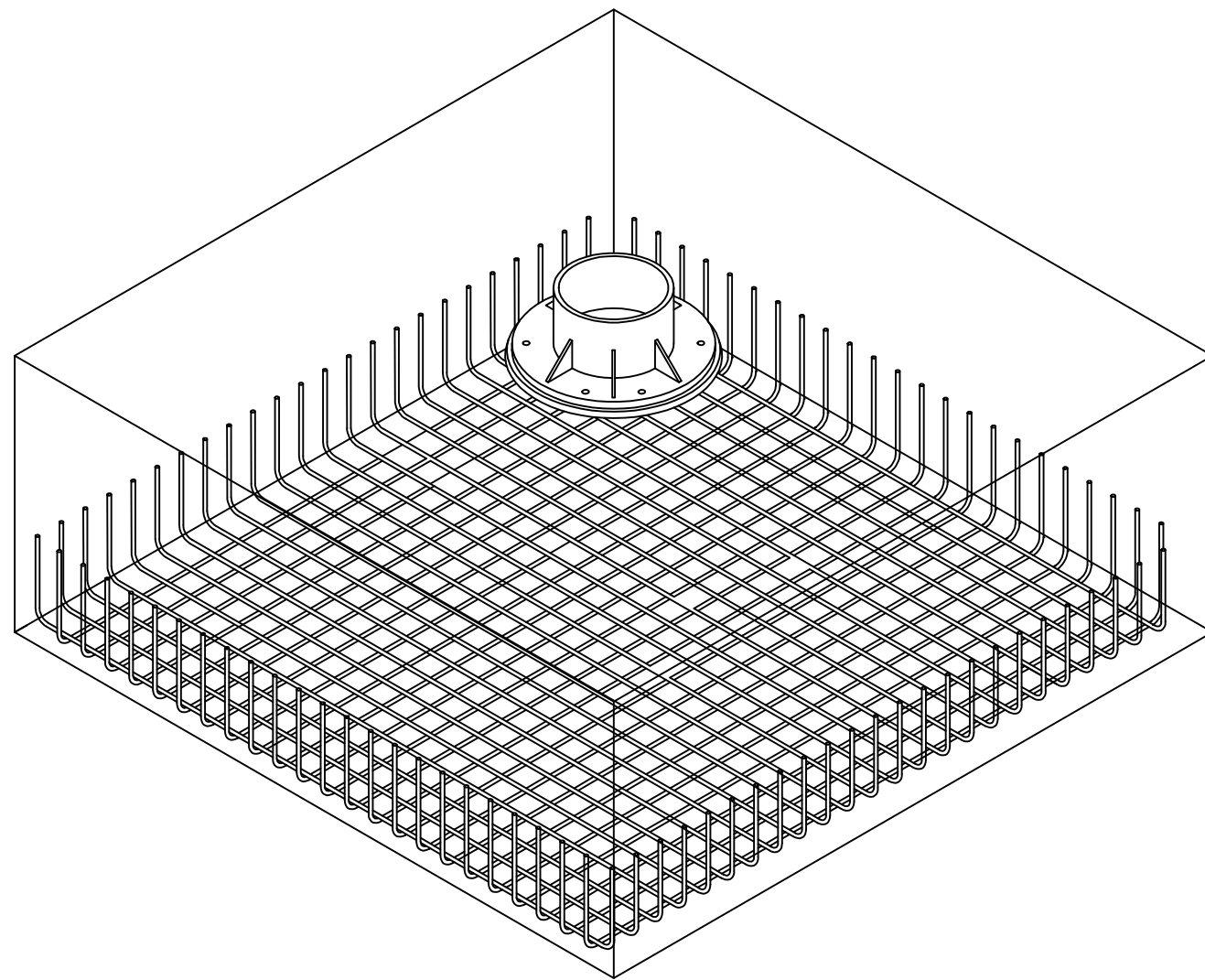
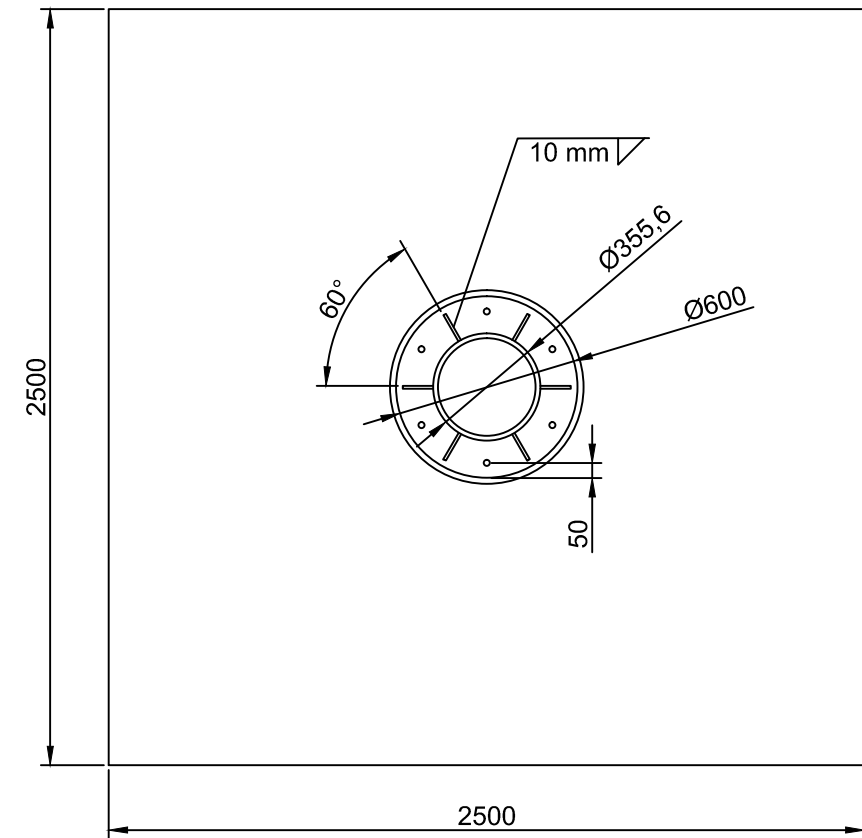
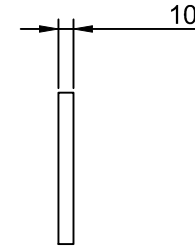
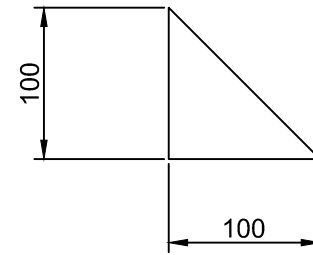
Placa anclaje a la cimentación:

Diám. 600 mm
espesor 25 mm

6 Cartelas de rigidez 100x100x10 mm

Pernos:
Diám. 20 mm
Longitud efectiva 360 cm.
Extremo acabado en patilla 90°
Orientación de la patilla hacia el exterior

Cartelas
Escala 1:10




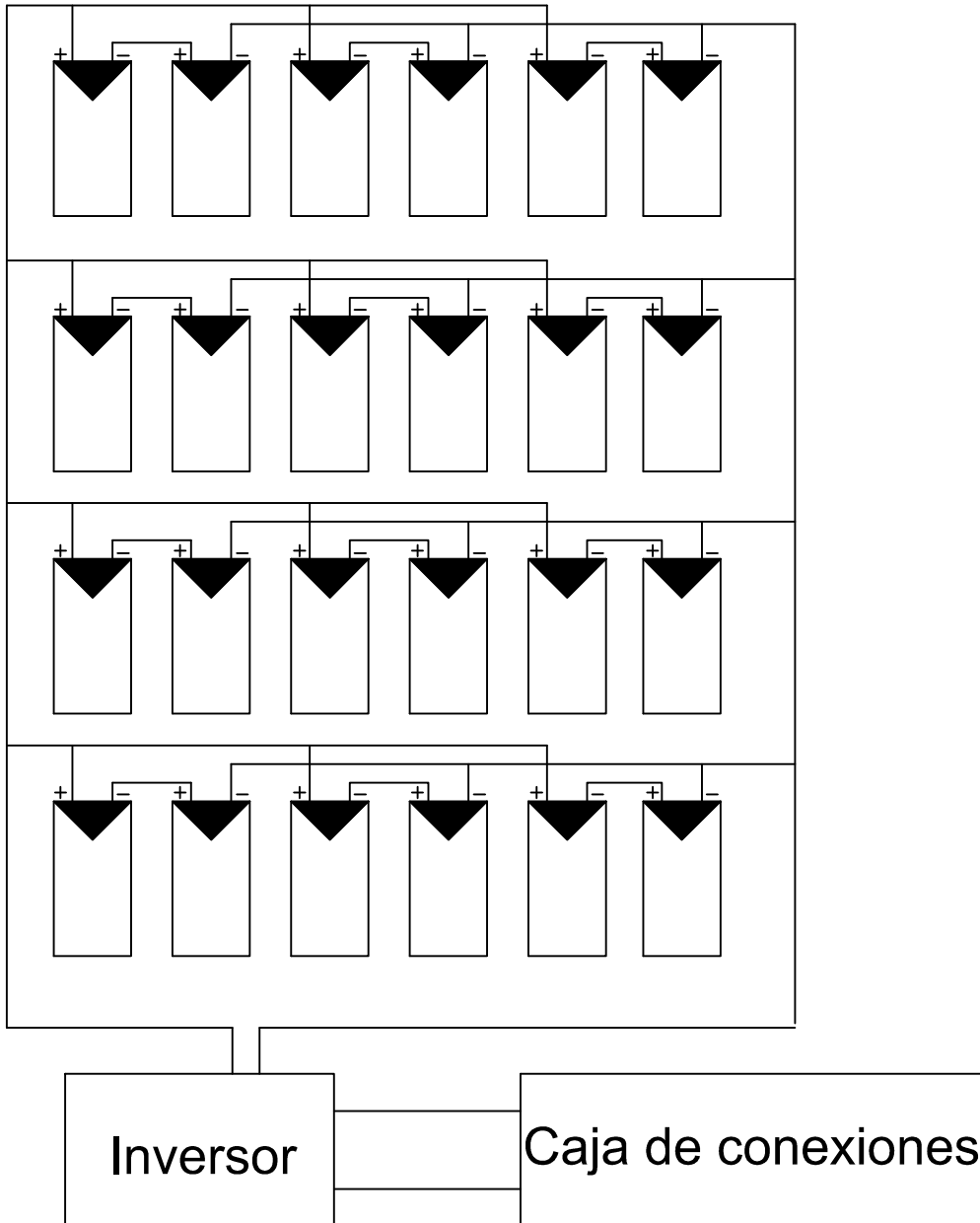
ETSID ESTRUCTURA MOTORIZADA PARA SOPORTE DE PANELES SOLARES, CON SEGUIMIENTO SOLAR Y MEDIDA DE TEMPERATURA		GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA AUTOR: JORGE SÁNCHEZ-TORIL MORA TUTOR: ROBERTO CAPILLA LLADRÓ	
Junio 2014	ZAPATA AISLADA		Nº 4 ESCALA: 1:25

Modulo solar fotovoltaico

Rec 245 W

12 líneas en paralelo de 2
placas en serie.

Leyenda	Significado
	Placa Solar Fotovoltaica



ETSID ESTRUCTURA MOTORIZADA PARA SOPORTE DE PANELES SOLARES, CON SEGUIMIENTO SOLAR Y MEDIDA DE TEMPERATURA	GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA	
	AUTOR: JORGE SÁNCHEZ-TORIL MORA TUTOR: ROBERTO CAPILLA LLADRÓ	
Junio 2014	ESQUEMA UNIFILAR	Nº 5
		SIN ESCALA

ANEXO 1: Cálculo de las acciones

Peso Propio

El peso propio se determina mediante el peso de los propios perfiles y el peso de las placas solares fotovoltaicas.

Cada placa solar fotovoltaica pesa 18 Kg según las especificaciones técnicas. Multiplicando por el total de placas, 432 kg. Este peso está repartido uniformemente por todos los perfiles que las sostienen.

Para cada perfil tendremos una carga distribuida de 0,1169 KN/m.

Acciones del viento

Dada la configuración y localización habitual de los generadores fotovoltaicos, las acciones del viento sobre ellos suelen ser importantes. Sobre todo cuando los módulos fotovoltaicos se encuentran soportados sobre estructuras metálicas que le aportan la inclinación adecuada para el aprovechamiento solar. Es por esto que pueden ser consideradas como construcciones abiertas bajo la acción del viento comúnmente llamadas marquesinas abiertas a un agua.

Las acciones a tomar en cuenta son las producidas por el viento sobre los elementos resistentes. Para su determinación se considera que éste actúa perpendicularmente sobre los elementos resistentes, en nuestro caso las placas solares.

El viento produce sobre cada elemento superficial, tanto orientado a barlovento como a sotavento, una sobrecarga unitaria p (kN/m²) en la dirección de su normal, positiva (presión) o negativa (succión), de valor dado por la expresión:

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

Siendo:

q_b la presión dinámica del viento.

c_e 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.

c_p el coeficiente eólico 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.

La presión dinámica según el CTE viene dada por:

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

Siendo δ la densidad del aire que puede adoptarse como $1,25 \text{ Kg/m}^3$ y v_b el valor básico de la velocidad del viento.

El valor básico de la velocidad del viento en cada localidad puede obtenerse del mapa de la figura, donde la presión dinámica es, respectivamente de $0,42 \text{ kN/m}^2$, $0,45 \text{ kN/m}^2$ y $0,52 \text{ kN/m}^2$ para las zonas A, B y C de dicho mapa.



Fig. 0.1 Valor básico de la velocidad del viento, v_b . (CTE DB SE, Anejo D)

Por lo que para el diseño de nuestro seguidor solar cogeremos la zona correspondiente a Valencia, Zona A, $0,42 \text{ kN/m}^2$ que equivale a una velocidad de $93,6 \text{ km/h}$.

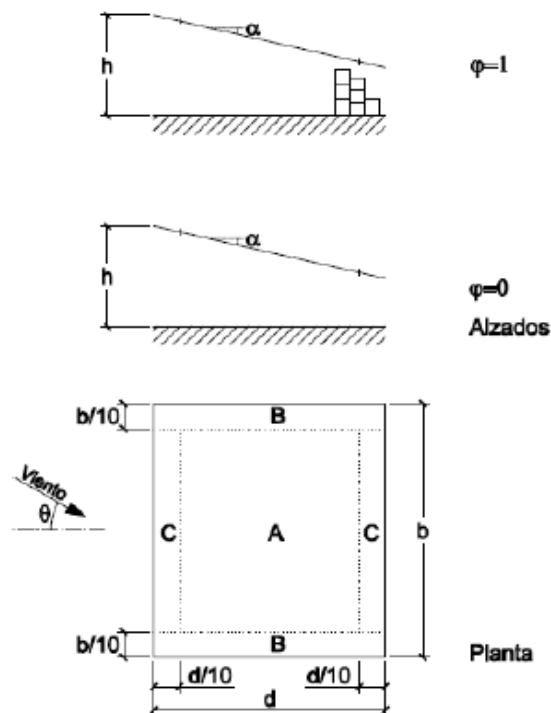
El coeficiente de exposición lo calculamos mediante el apartado 3.3.3 del CTE el cual nos proporciona una tabla con los coeficientes para las diferentes alturas y grados de aspereza del entorno.

	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	2,2	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
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

Fig. 0.2 Valores del coeficiente de exposición, c_e . (CTE DB SE, Anejo D)

En nuestro caso elegiremos un grado de aspereza II, terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia por ser de las características comunes a donde se ubican estas instalaciones. La altura considerada será de 3 m, por lo que el coeficiente de exposición c_e será 2,1.

Para el cálculo de los coeficientes eólicos utilizaremos la norma en construcciones abiertas. Se denomina construcción abierta la que tiene corriente de viento a través de ella. Los coeficientes eólicos los calcularemos según la norma del CTE:



ANEXO 1

Pendiente de la cubierta α	Efecto del viento hacia	Factor de obstrucción φ	Coeficientes de presión exterior		
			$C_{p,10}$		
			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

Fig. 0.3 Valores de los coeficientes de presión exterior, c_p , para marquesinas a un agua. (CTE DB SE, Anejo D)

En esta tabla tenemos los coeficientes eólicos que dependen del grado de obstrucción. El grado de obstrucción del flujo del viento por debajo de una marquesina se caracteriza mediante el factor de obstrucción, φ , definido como la relación entre el área obstruida y el área de la sección total bajo la marquesina. Ambas áreas se consideran en un plano perpendicular a la dirección del viento. Para nuestro caso el grado de obstrucción es 0 ya que no hay ninguna construcción que obstaculice el paso del aire a través de la marquesina.

Tendremos en cuenta en el dimensionado como dice la norma que los coeficientes son tanto como para succión como para presión hacia el suelo.

Como vemos en la Fig. 0.3 tenemos 3 zonas diferentes de carga de viento por lo que ahora de dimensionar tendremos que tener en cuenta según donde se sitúe estas cargas.

Para los ángulos de 45° y 80° la norma no especifica ningún coeficiente eólico. Consultando en la norma derogada NBE-AE/88 los valores de los coeficientes eólicos para los ángulos de 30° a 40° se mantienen constantes por lo que en nuestro caso haremos lo mismo. Utilizaremos los coeficientes para una inclinación de 30° para la inclinación de cálculo de 45°. De la misma manera, en la norma antigua, para inclinaciones mayores a 60° la presión por toda la superficie es constante por lo que

ANEXO 1

utilizaremos un coeficiente eólico de valor unitario para la inclinación máxima del seguidor solar. Tendremos en cuenta que para esta inclinación no hay valor de succión

Para el diseño de nuestro seguidor solar utilizaremos 3 casos diferentes de carga de viento para 0° , 45° y 80° respecto de la horizontal ya que son los casos más relevantes.

Para estos casos los coeficientes eólicos según lo descrito anteriormente serán:

Ángulo de incidencia del viento α	Efecto del viento hacia	Coeficientes de presión exterior C_p (Zona)		
		A	B	C
0°	Abajo	0,5	1,8	1,1
	Arriba	-0,6	-1,3	-1,4
45°	Abajo	2,2	3,2	2,4
	Arriba	-3,0	-3,8	-3,6
80°	Abajo	1	1	1

Tabla 0.1 Coeficientes de presión exterior c_p para las zonas A, B y C y distintas inclinaciones.

Por tanto, las presiones superficiales del viento para los diferentes ángulos serán:

Ángulo de incidencia del viento α	Efecto del viento hacia	Presión superficial para cada zona (KN/m^2)		
		A	B	C
0°	Abajo	0,441	1,587	0,970
	Arriba	-0,529	-1,146	-1,234
45°	Abajo	1,940	2,822	2,116
	Arriba	-2,646	-3,351	-3,175
80°	Abajo	0,882	0,882	0,882

Tabla 0.2 Presión superficial para la zona A, B y C y distintas inclinaciones.

Una vez obtenidos los coeficientes y las presiones superficiales podemos calcular que cargas aparecerán sobre los perfiles rectangulares.

Tanto el primer perfil como el último están dentro de la zona B. Los 4 perfiles restantes se definen entre dos zonas la A y la C por lo que para cada tramo del perfil vendrá asignada una carga diferente. De 0-0,66 m. y de 5,35 a 5,94 m. tendremos la carga distribuida de la zona C mientras que de 0,66 a 5,35 tendremos la carga distribuida de la zona A.

	Perfil 1	Perfil 2		Perfil 3		Perfil 4		Perfil 5		Perfil 6
	B	A	C	A	C	A	C	A	C	B
Presión (KN/m) 0°	1,05	0,58	0,96	0,58	0,96	0,58	0,96	0,58	0,96	1,05
Presión (KN/m) 45°	1,87	2,58	2,11	2,58	2,11	2,58	2,11	2,58	2,11	1,87
Presión (KN/m) 80°	0,58	1,17	0,88	1,17	0,88	1,17	0,88	1,17	0,88	0,58
Presión (KN/m) 0°	-0,76	-0,70	-1,23	-0,70	-1,23	-0,70	-1,23	-0,70	-1,23	-0,76
Succión (KN/m) 45°	-2,23	-3,52	-3,17	-3,52	-3,17	-3,52	-3,17	-3,52	-3,17	-2,23

Tabla 0.3 Carga distribuida para cada perfil e inclinación diferente.

Estas cargas nos servirán para añadir las al modelo en el Sap 2000.

El CTE en este apartado también contempla las fuerzas tangenciales paralelas a la superficie, generada por la acción del viento. En nuestro caso despreciaremos estas acciones por ser inferior a las acciones ya contempladas y todas las comprobaciones siguientes.

Acciones de la nieve

Para la determinación de la carga por acción de la nieve, nos iremos al punto 3.5.1 del CTE Determinación de la carga de nieve. Podemos calcularla a partir de esta fórmula:

$$q_n = \mu * S_k$$

Siendo:

μ coeficiente de forma

s_k el valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal.

ANEXO 1

Capital	Altitud m	s_k kN/m ²	Capital	Altitud m	s_k kN/m ²	Capital	Altitud m	s_k kN/m ²
Albacete	690	0,6	Guadalajara	680	0,6	Pontevedra	0	0,3
Alicante/Alacant	0	0,2	Huelva	0	0,2	Salamanca	780	0,5
Almería	0	0,2	Huesca	470	0,7	S.Sebastián/Donosita	0	0,3
Ávila	1.130	1,0	Jaén	570	0,4	Santander	0	0,3
Badajoz	180	0,2	León	820	1,2	Segovia	1.000	0,7
Barcelona	0	0,4	Lérida/Lleida	150	0,5	Sevilla	10	0,2
Bilbao / Bilbo	0	0,3	Logroño	380	0,6	Soria	1.090	0,9
Burgos	860	0,6	Lugo	470	0,7	Tarragona	0	0,4
Cáceres	440	0,4	Madrid	660	0,6	Tenerife	0	0,2
Cádiz	0	0,2	Málaga	0	0,2	Teruel	950	0,9
Castellón	0	0,2	Murcia	40	0,2	Toledo	550	0,5
Ciudad Real	640	0,6	Orense/Ourense	130	0,4	Valencia/València	0	0,2
Córdoba	100	0,2	Oviedo	230	0,5	Valladolid	690	0,4
Coruña/A Coruña	0	0,3	Palencia	740	0,4	Vitoria/Gasteiz	520	0,7
Cuenca	1.010	1,0	Palma de Mallorca	0	0,2	Zamora	650	0,4
Gerona / Girona	70	0,4	Palmas, Las	0	0,2	Zaragoza	210	0,5
Granada	690	0,5	Pamplona/Iruña	450	0,7	Ceuta y Melilla	0	0,2

Fig. Sobrecarga de nieve, s_k , en capitales de provincia y ciudades autónomas. (CTE DB SE, Artículo 3.5)

Pondremos un coeficiente corrector mayorante de un 20% de la carga por si el emplazamiento está fuertemente expuesto al viento.

El valor de s_k en Valencia es de es 0,2 KN/m² a 0 m. de altitud.

$$q_n = 1,2 * \mu * s_k = 1,2 * \mu * 0,2$$

El coeficiente de forma para el seguidor cumple las condiciones de asemejarse a un faldón terminado en una cornisa y el no impedir el deslizamiento de la nieve. Por lo tanto, éste tomará el valor de $\mu = 1$ para inclinaciones de la superficie menores a 30° y $\mu = 0$ para inclinaciones mayores a 60°

El valor de las cargas de nieve para las diferentes inclinaciones será:

Inclinación	Carga de nieve (KN/m ²)
0°	0,240
45°	0,169
80°	0

Esta vez tenemos una carga uniformemente distribuida por todos los perfiles:

Inclinación	Cargas distribuida uniforme nieve (KN/m)
0°	0,266
45°	0,188
80°	0

ANEXO 2: Estado límite inestabilidad

Según la EAE capítulo IX artículo 35, para elementos sometidos a compresión, el valor de cálculo del esfuerzo axial de compresión N_{Ed} deberá verificar:

$$N_{Ed} \leq N_{b,Rd}$$

Donde:

N_{Ed} es el valor de cálculo del esfuerzo axial de compresión.

$N_{b,Rd}$ es la resistencia de cálculo a pandeo del elemento comprimido.

La resistencia de cálculo a pandeo para secciones transversales de clase 1, 2 y 3 viene determinada por:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi * A * f_y}{\gamma_{M1}}$$

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

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda - 0,2) + \lambda^2] =$$

Siendo α es el coeficiente de imperfección:

$$\lambda = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{cr}}}$$

N_{cr} = Esfuerzo axial elástico para el modo de pandeo considerado, obtenido con las características de la sección transversal bruta.

El coeficiente de imperfección α para cada una de las curvas de pandeo se obtiene mediante:

Curva de pandeo	a_0	a	b	c	d
Coefficiente de imperfección α	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76

Fig. Coeficientes de imperfección para las distintas curvas de pandeo

Para nuestro caso al ser una sección hueca y acabado en caliente para un acero S275 tenemos la curva a y el coeficiente de imperfección α es 0,21

Donde χ es el coeficiente de reducción para el modo de pandeo considerado.

Los valores del coeficiente de reducción χ , en función de la esbeltez adimensional λ , también pueden obtenerse a partir de la siguiente figura.

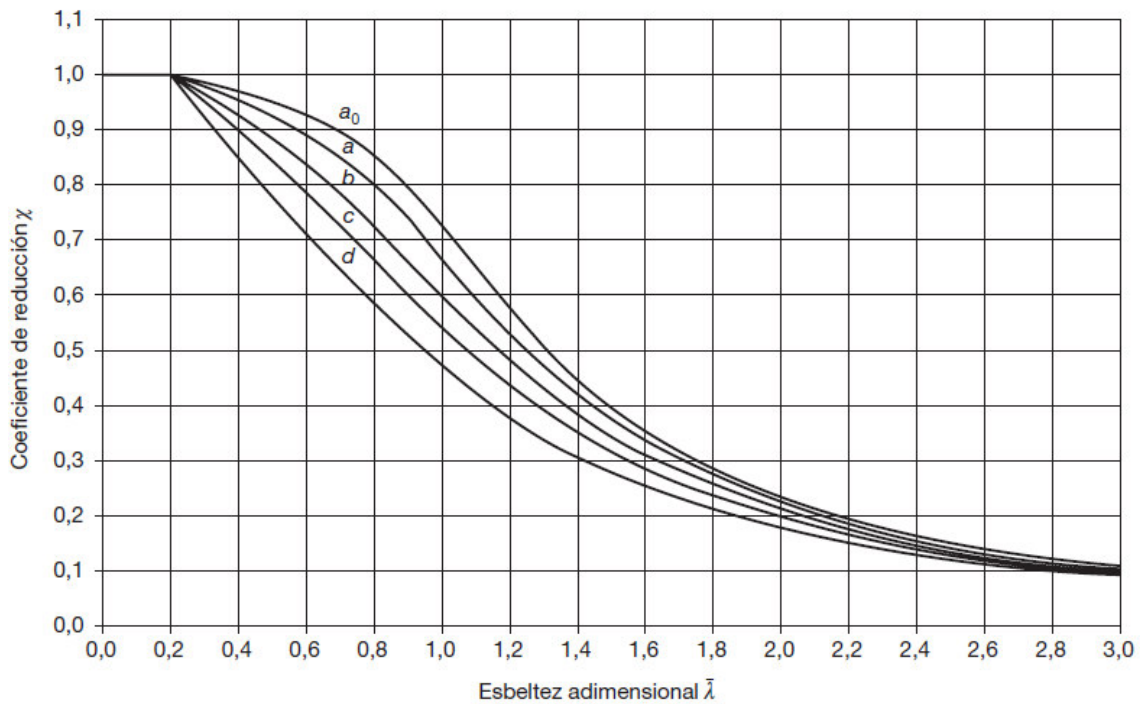


Fig. Coeficiente de pandeo para las diferentes curvas de pandeo y esbelteces adimensionales

El valor del esfuerzo axial crítico elástico N_{cr} es:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot EI}{L_{cr}^2}$$

Siendo EI la rigidez a flexión del elemento en el plano de pandeo por flexión considerado y L_{cr} la longitud de pandeo en el plano considerado:

$$L_{cr} = \beta \cdot L$$

$$\beta = 2$$

Una vez obtenidos estos coeficientes, podemos calcular χ con las características de la siguiente tabla referentes al perfil tubular de 355,6x16 mm y acero S275.

ANEXO 2

L	3520	mm	Area	171	cm ²
E	210000	N/mm	Inercia	24663	cm ⁴
f _y	275	N/mm	W _{el,y,z}	1387	cm ³
f _{yd}	262	N/mm	A _{vz}	171	cm ²
β	2	[-]			

N _{cr}	10313,82	KN
Esbeltez reducida (λ)	0,6752	[-]
curva de pandeo (a)	0,77787	[-]
φ		
χ	0,859	[-]

Comprobamos que cumplen las tensiones para el perfil de 355,6x16 mm.

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{1}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr}}} \cdot \frac{C_m \cdot M_{Ed}}{\frac{M_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1,0$$

$$\sigma_{SVM} = 251,93 < 262 \text{ MPa}$$

Comprobamos que cumple.

ANEXO 3: Resistencia de las uniones

Uniones atornilladas

Para el diseño de las uniones atornilladas nos iremos a la EAE Cap. XIV Artículo 58 *Uniones atornilladas* donde se exponen la tipología de tornillos, agujeros para tornillos, disposiciones constructivas y la resistencia del elemento con agujero.

Nos encontramos con varias uniones atornilladas en nuestro seguidor solar. En este apartado las iremos calculando.

- **Placa de anclaje a la cimentación**
- **Pernos de anclaje**
- **Unión entre soporte rodamiento y perfil HEB**
- **Unión entre perfil tubular y actuador rotatorio**

Para las uniones atornilladas deberemos tener en cuenta varios factores que iremos analizando uno a uno.

Agujeros para los tornillos

Los agujeros para tornillos se efectúan mediante taladro. El diámetro estándar de los agujeros será igual al del vástago del tornillo más:

- 1 mm para tornillos de 12 y 14 mm de diámetro
- 1 ó 2 mm para tornillos de 16 a 24 mm
- 2 ó 3 mm para tornillos de 27 mm o mayores

Disposiciones constructivas

Los agujeros para tornillos deben disponerse de forma que se dificulte la corrosión de las piezas a unir, se eviten los problemas de pandeo local o abolladura de las mismas, permitan la colocación de los tornillos de manera fácil y no disminuyan la resistencia a aplastamiento de las piezas a unir. En la siguiente tabla se establece los límites máximos y mínimos para las distancias de los agujeros y los bordes que se definen a continuación:

Distancias y separaciones	Mínimo obligatorio	Mínimo recomendado	Máximo, ambiente normal	Máximo, intemperie o ambiente corrosivo
e_1	$1,2 d_0$	$2 d_0$	125 mm ó 8 t	40 mm + 4t
e_2	$1,2 d_0$	$1,5 d_0$	125 mm ó 8 t	40 mm + 4t
p_1	$2,2 d_0$	$3 d_0$	Piezas comprimidas: 14t ó 200 mm Piezas traccionadas: 28t ó 400 mm	
p_2	$2,4 d_0$	$3 d_0$	14t ó 200 mm	
m		$3 d$		
d_0 : Diámetro del agujero. d : Diámetro del tornillo. t : Espesor de la pieza más delgada a unir.				

Siendo:

e_1 Distancia desde el centro de un agujero a un borde contiguo, medida en dirección del esfuerzo a transmitir.

e_2 distancia desde el centro de un agujero al un borde contiguo medida en dirección perpendicular al esfuerzo a transmitir.

p_1 Distancia entre los centros de agujeros contiguos, medida en dirección del esfuerzo a transmitir.

p_2 Distancia entre filas contiguas de tornillos o roblones, medida en dirección perpendicular al esfuerzo a transmitir.

m Distancia del eje del taladro a cualquier superficie paralela a dicho eje.

Para que los tornillos puedan apretarse sin dificultad, la distancia m del eje del taladro a cualquier superficie paralela a dicho eje debe ser superior a $2d$, siendo d el diámetro del tornillo.

Debido a que los tornillos están solicitados a tracción, el esfuerzo no es ni paralelo ni perpendicular a los bordes de las chapas, no siendo posible determinar cuál es el borde frontal y cual el lateral. En estos casos se deben cumplir todas las limitaciones de distancias a bordes y distancias entre taladros establecidas por la norma:

$$\left. \begin{matrix} 1,2 \cdot d_0 \\ 1,5 \cdot d_0 \end{matrix} \right\} \leq e \leq \left\{ \begin{matrix} 40 + 4 \cdot t \\ 12 \cdot t \\ 150 \text{ mm} \end{matrix} \right. \quad \left. \begin{matrix} 2,2 \cdot d_0 \\ 3 \cdot d_0 \end{matrix} \right\} \leq p \leq \left\{ \begin{matrix} 14 \cdot t \\ 200 \text{ mm} \end{matrix} \right.$$

Categoría de uniones atornilladas

Las uniones atornilladas se clasifican, en función de la manera de trabajar de los tornillos, en cinco categorías. Tres de ellas corresponde a uniones en las que los tornillos están solicitados en dirección normal a su eje, categorías A, B y C; y otras dos, categorías D y E, a uniones en las que los tornillos están solicitados en dirección de su eje, es decir, a tracción.

En nuestro caso todos los tornillos que diseñaremos están sometidos a tracción principalmente por lo que lo diseñaremos para esta sollicitación. Nos situaremos en la categoría D.

“Son uniones realizadas con tornillos ordinarios o de alta resistencia trabajando a tracción.”

Habrá que añadir los momentos ya que puede ejercer un axil en el tornillo debido a la fuerza de palanca.

- **Placa de anclaje a la cimentación**

Para la unión del perfil tubular con la cimentación, acudiremos al Cap. XIV Artículo 65 *Uniones a la cimentación* de la EAE donde podemos encontrar toda la información correspondiente. Realizaremos los cálculos como si fuera una placa cuadrada.

Antes que nada empezaremos por predimensionar una placa redonda de diámetro 600 mm.

De acuerdo con el artículo 8.8.1 del DB SE-A de toda la superficie de la placa solo se transmiten esfuerzos a la cimentación a través del área portante que es la zona de alrededor del perfil cuya anchura suplementaria al apoyo tiene el valor de C.

Siendo c:

$$c = t \cdot \left(\frac{f_y}{3 \cdot f_{jd} \cdot \gamma_{M0}} \right)^{1/2}$$

Donde:

f_y es el límite elástico del acero de la placa

t espesor de la misma

f_{jd} es la resistencia de cálculo del hormigón confinado

ANEXO 3

Para la resistencia del hormigón deberemos calcular el valor del área portante equivalente.

Siendo:

$$a_r = \frac{L - a}{2} = \frac{2500 - 600}{2} = 950 \text{ mm}$$

$$b_r = \frac{B - a}{2} = \frac{2500 - 600}{2} = 950 \text{ mm}$$

Se tiene que a_1 y b_1 son los valores mínimos de:

$a_1 = a + 2 \cdot a_r = 600 + 2 \cdot 1000 = 2500$ $a_1 = 5 \cdot a = 5 \cdot 600 = 3000$ $a_1 = a + h = 600 + 1000 = 1600$ $a_1 = 5 \cdot b_1 = 5 \cdot 2500 = 800$	$a_1 = 1600 \text{ mm}$
$b_1 = b + 2 \cdot b_r = 600 + 2 \cdot 1100 = 2500$ $b_1 = 5 \cdot b = 5 \cdot 600 = 3000$ $b_1 = b + h = 600 + 1000 = 1600$ $b_1 = 5 \cdot a_1 = 5 \cdot 2500 = 8000$	$b_1 = 1600 \text{ mm}$

$$k_j = \sqrt{\frac{1600 \cdot 1600}{600 \cdot 600}} = 2,66$$

$$f_{jd} = \beta_j \cdot k_j \cdot f_{ck} = \frac{2}{3} \cdot 2,66 \cdot 30 = 53,33 \frac{N}{mm^2}$$

Donde β_j es un coeficiente que puede tomarse igual a $2/3$ si el mortero de nivelación tiene una resistencia al menos igual a $0,2 f_{ck}$ y un espesor no mayor a $0,2$ veces la menor dimensión de la placa.

Se ha de cumplir que:

$$f_{jd} \leq 3,3 \cdot f_{cd} = 3,3 \cdot \frac{30}{1,5} = 66 \frac{N}{mm^2},$$

por lo que $f_{jd} = 53,33 \frac{N}{mm^2}$ Cumple para un hormigón de f_{ck} de 30 MPa.

Análisis de solicitaciones

$$e = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = 1,14 \text{ m}$$

$e > a/6 = 100 \text{ mm}$, lo que se corresponde con un modelo triangular de tensiones.

Además, al ser $e > 0,75 \cdot a = 450 \text{ mm}$ se puede emplear el modelo simplificado para gran excentricidad.

Modelo simplificado para gran excentricidad

Adoptamos una distancia del perno al borde de la base igual al 10 % de dimensión longitudinal de la placa. En este caso se adopta una distancia de 50 mm del borde cumpliendo así con las restricciones anteriormente expuestas.

$$\sigma_b = \frac{4 \cdot [M + N \cdot (0,5 \cdot a - d)]}{a \cdot b \cdot (0,875 \cdot a - d)} = 2,59 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$T = -N + \frac{M + N \cdot (0,5 \cdot a - d)}{0,875 \cdot a - d} = 88066,65 \text{ N}$$

Comprobación del espesor de la placa

$$M_{Ed} = \frac{\sigma_b \cdot a}{4} \cdot \left(\frac{3 \cdot a}{8} - \frac{h}{2} \right) = 48712,58 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_{p,Rd} = \frac{e^2 \cdot f_{yd}}{4} = 58950 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Como $M_{p,Rd} > M_{Ed}$ se colocarán cartelas de rigidez.

La placa de diámetro 600 mm cumple.

▪ Cálculo de los pernos de anclaje

En principio se intenta colocar seis pernos de anclaje alrededor de la placa. Por ello, se predimensiona con el valor de la tracción obtenido con la cuantía geométrica mínima, considerando las dimensiones de la placa como las de una viga, y los pernos como la armadura de ésta.

El diámetro de los pernos será:

$$\phi \geq \sqrt{\frac{4 \cdot T}{n \cdot \pi \cdot f_{yd}}} = 11,35 \text{ mm}$$

Por cuantía geométrica mínima, el área de los pernos debe ser el 2,8 ‰ de la sección total del hormigón (acero B500S), por tanto:

$$A_s \geq \frac{2,8}{1000} \cdot \pi \cdot \left(\frac{b}{2} \right)^2 = 791,68 \text{ mm}^2$$

Atendiendo a ambos valores se adoptan 6 pernos de diámetro 20 mm cuya área es de 1884,95 mm². Debemos poner una cantidad par para que se distribuyan de manera eficiente las tensiones.

Comprobación a tracción y cortante

Suponiendo que se emplea mortero de nivelación, $C_{f,d} = 0,3$.

La resistencia de cálculo por rozamiento entre la placa base y el mortero de nivelación es:

$$F_{f,Rd} = C_{f,d} \cdot N_{c,Sd} = 0,3 \cdot 62,64 \cdot 1000 = 18792 \text{ N}$$

La resistencia a cortante de un perno de anclaje será menor de los valores siguientes:

$$A_s = \frac{\pi \cdot 20^2}{4} = 314,16 \text{ mm}^2$$

$$F_{vb,Rd} = n \cdot \frac{0,5 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}}$$

El valor:

$$F_{vb,Rd} = \frac{\alpha \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,29 \cdot 550 \cdot 314,16}{1,25} = 40087 \text{ N}$$

$$\alpha = 0,44 - 0,0003 \cdot f_{yb} = 0,29$$

Por tanto es este último valor es la resistencia a cortante.

La resistencia de cálculo a cortante de los pernos es:

$$F_{v,Rd} = F_{f,Rd} + n \cdot F_{vb,Rd} = 259,312 \text{ KN}$$

Se calcula la resistencia a tracción de los seis pernos de anclaje:

$$F_{t,Rd} = \frac{6 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 829,380 \text{ KN}$$

La comprobación a tracción y cortante combinados es:

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

$$0,33 \leq 1$$

Cálculo de la longitud de anclaje

ANEXO 3

Para el cálculo de la longitud de anclaje nos iremos a la EHE artículo 69.5.1.2 *Anclaje de barras corrugadas*.

Para la posición I se define la longitud básica como:

$$I_{bl} = m \cdot \phi^2 \leq \frac{f_{yk}}{20} \cdot \phi$$

$$I_{b,I \phi 20} = 520 \text{ mm}$$

Donde:

ϕ es el diámetro de la barra en mm.

m es el coeficiente numérico relativo a la adherencia de las barras en el hormigón.

Resistencia característica del hormigón (N/mm ²)	m	
	B 400 S B 400 SD	B 500 S B 500 SD
25	1,2	1,5
30	1,0	1,3
35	0,9	1,2
40	0,8	1,1
45	0,7	1,0
≥ 50	0,7	1,0

Donde tenemos para una resistencia característica del hormigón de 30 N/mm² y un acero B 500 S un valor de 1,2.

$$I_{b,neto} = I_b \cdot \beta \cdot \frac{A_{s,nec}}{A_{s,real}} = 10,85 \text{ cm}$$

$$A_{s,nec} = \frac{T}{f_{yd}} = 393,57 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,real} = 6 \cdot \frac{\pi \cdot 20^2}{4} \text{ mm}^2$$

Según la EHE-08 la longitud de anclaje no puede adoptar valores inferiores a:

$10 \cdot \phi = 10 \cdot 20 = 200 \text{ mm}$	$I_{b,neto} = 200 \text{ mm}$
150 mm	
$\frac{1}{3} \cdot I_{bl} = 173,33 \text{ mm}$	

Proponemos una longitud de anclaje de 350 mm.

Calculo de las cartelas

Para un refuerzo de 100x100 mm

$$l = 100 \text{ mm}$$

$$M = \frac{\sigma_p \cdot l^2}{2} = 12990,02 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$M' = \frac{\sigma_b \cdot b}{8} \cdot (b - 4 \cdot l) = 62352,1 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Con el tamaño de cartela propuesto cumple.

$$e = \sqrt{\frac{4 \cdot M}{f_{yd}}} = 14,085 \text{ mm}$$

El espesor de la placa propondremos de 25 mm.

Como $\frac{a}{4}$ es menor que $\frac{a-c}{2}$, el valor de R viene dado por:

$$R = \frac{\sigma \cdot b \cdot a}{8}$$

El espesor de las cartelas e_1 será:

$$e_1 = \frac{2 \cdot R}{f_u \cdot (a - c)} = 2,28 \text{ mm}$$

Proponemos un espesor de 10 mm para las cartelas.

Comprobamos también para el caso de succión de viento. Teniendo en cuenta que si la excentricidad sale fuera del paramento se produce un efecto de palanca que hace trabajar traccionados a los pernos próximos, el hormigón se comprime y los pernos alejados no trabajan. El esfuerzo se determina:

Para $e > \frac{d}{2}$

$$T = N \cdot \frac{8 \cdot e + 3 \cdot b}{8 \cdot d - b}$$

$$\sigma_c = \frac{T - N}{\frac{b}{4} \cdot a}$$

Esta situación es no resulta tan desfavorable por lo que se mantiene la solución anterior.

- **Unión entre soporte rodamiento y perfil HEB**

Para la unión de estos dos elementos no utilizaremos una placa sino que directamente utilizaremos 4 tornillos fijados con tuercas. Deberemos dimensionar el diámetro de los mismos así como las distancias de los bordes.

Tendremos en cuenta las dimensiones del perfil HEB 160 y las dimensiones de la base del soporte para el rodamiento.

Análisis de solicitaciones:

$$N_{ed} = 24,65 \text{ KN}$$

$$M_{Ed} = 18,29 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$\text{Cortante} = 34,27 \text{ KN}$$

$$e = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = \frac{61,54}{45,68} = 1,34 \text{ m}$$

$$\frac{a}{6} = 75 \text{ mm}$$

Por tanto, $e > a/6$, lo que se corresponde con un modelo triangular de tensiones.

Además, al ser $e > 0,75 \cdot a$ se puede emplear el modelo simplificado para gran excentricidad.

Modelo simplificado para gran excentricidad

Adoptamos una distancia del perno al borde de la base igual a 50 mm.

$$\sigma_b = \frac{4 \cdot [M + N \cdot (0,5 \cdot a - d)]}{a \cdot b \cdot (0,875 \cdot a - d)} = 17,61 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$T = -N + \frac{M + N \cdot (0,5 \cdot a - d)}{0,875 \cdot a - d} = 26,811 \text{ KN}$$

Resistencia a tracción

Cuando un tornillo está solicitado en la dirección de su eje en los estados límites últimos por un esfuerzo de tracción $F_{t, Ed}$ en el que deben incluirse las fuerzas de palanca, éste no debe ser mayor a:

La resistencia a tracción del tornillo $F_{t, Rd}$

La resistencia a punzonamiento de la pieza bajo la tuerca o bajo la cabeza del tornillo, $B_{p, Rd}$

La resistencia a tracción de un tornillo viene dado por la expresión:

ANEXO 3

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

Para nuestra estructura deberemos calcular el tornillo que une el soporte del rodamiento con el perfil HEB. Para ello vemos las cargas que actúan en ese punto.

En principio se intenta colocar dos tornillos en cada lado de la placa.

El diámetro de los tornillos será:

$$\phi \geq \sqrt{\frac{4 \cdot T}{n \cdot \pi \cdot f_{yd}}} = 19,81 \text{ mm}$$

Utilizaremos un tornillo de diámetro 20 mm de grado 5.6.

Comprobación del punzonamiento

La resistencia a punzonamiento de una chapa de espesor t , B_p, R_d sobre la que actúa un tornillo sometido a tracción viene dada por la expresión:

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

Siendo d_m el menor diámetro medio entre los círculos circunscrito e inscrito a la tuerca o a la cabeza y f_u la resistencia a tracción del acero de la chapa. No es necesario comprobar este valor si el espesor de la chapa cumple:

$$t_{min} \geq \frac{d \cdot f_{ub}}{6 \cdot f_u}$$

	$d(mm)$		$f_{ub} = 400N/mm^2$	$f_{ub} = 500N/mm^2$	$f_{ub} = 600N/mm^2$	$f_{ub} = 800N/mm^2$	$f_{ub} = 1000N/mm^2$
M 10	10	$t_{min} >$	1,6 mm	2,0 mm	2,4 mm	3,2 mm	4,0 mm
M 12	12	$t_{min} >$	1,9 mm	2,4 mm	2,9 mm	3,9 mm	4,8 mm
M 16	16	$t_{min} >$	2,6 mm	3,2 mm	3,9 mm	5,2 mm	6,5 mm
M 20	20	$t_{min} >$	3,2 mm	4,0 mm	4,8 mm	6,5 mm	8,1 mm
M 24	24	$t_{min} >$	3,9 mm	4,8 mm	5,8 mm	7,8 mm	9,7 mm

Siendo:

$$f_{ub} = 500 \text{ N/mm}^2 \text{ y M12}$$

El espesor mínimo de chapa es de 2,4 mm por lo que cumple holgadamente para el espesor de nuestro perfil HEB.

De igual manera comprobamos el aplastamiento y vemos que cumple también para esta condición.

Comprobación a cortante

Por último comprobamos el cortante. La resistencia a cortante de los tornillos según la calidad nos la podemos encontrar en la siguiente tabla extraída de la EAE.

Resistencia a simple cortante en kN de los tornillos más usuales

Grado	Diámetro del tornillo (mm)						
	12	14	16	20	22	24	27
4.6	21,71	29,55	38,60	60,32	72,98	86,86	109,93
5.6	27,14	36,95	48,25	75,40	91,23	108,57	137,41
6.8	32,57	44,33	57,90	90,48	109,48	130,28	164,89
8.8	43,43	59,11	77,21	120,64	145,97	173,72	219,86
10.9	54,28	73,89	96,50	150,80	182,46	217,14	274,82

En nuestro caso al ser de diámetro 20 y grado 5.6 tenemos un tornillo con una resistencia a cortante de $F_{v,Rd} = 75,40$ KN.

De la misma manera la resistencia a tracción para nuestro tornillo según la siguiente tabla es de $F_{t,Rd} = 88,20$ KN

Resistencia a tracción en kN

Diámetro (mm)	A_s (mm ²)	Grado			
		4.6	5.6	8.8	10.9
12	84,3	24,28	30,35	48,56	60,70
16	157	45,22	56,52	90,43	113,04
20	245	70,56	88,20	141,12	176,40
22	303	87,26	109,08	174,53	218,16
24	353	101,66	127,08	203,33	254,16
27	456	131,33	164,16	262,66	328,30

Para la comprobación a tracción y cortante utilizaremos la siguiente fórmula:

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

$$0,654 \leq 1 \text{ Cumple}$$

Comprobamos también para la situación cuando el seguidor esta posicionado en el amanecer donde los tornillos soportan el peso de la estructura a cortante pero el momento creado por el viento es menor. En esta situación también cumple.

Disposiciones constructivas

En este caso la distancia a los bordes mínima siendo el tornillo de un diámetro 20 mm es de 24 mm. Lo situaremos a una distancia del borde de 30 mm.

▪ Unión entre perfil tubular y actuador rotatorio

Para la unión de los dos elementos, se utiliza tornillería. En el ANEXO 7 podemos encontrarnos la ficha técnica del actuador rotatorio PT12 donde encontramos que se utiliza para la unión del poste con el actuador 18 tornillos de la métrica 16 y para la parte superior se utilizan 19 tornillos de la métrica 16 de modo que tendremos que tenerlo en cuenta a la hora de diseñar las piezas.

▪ Uniones soldadas

En nuestra estructura nos encontramos varias uniones soldadas. Se trata de la unión de los dos perfiles tubulares, y las uniones entre los perfiles tubulares y las placas de acero circulares. En este TFG no realizaremos la comprobación de la unión soldada. Para el cálculo de esta unión debemos irnos a la EAE artículo 64.5 *Modos de agotamiento de uniones entre perfiles huecos* donde nos cita los posibles modos por donde la estructura puede fallar. Estos modos son:

- a) Agotamiento de la cara del cordón.
- b) Agotamiento del alma o de las superficies laterales del cordón.
- c) Agotamiento del cordón por cortante
- d) Punzonamiento por cortante de la cara del cordón
- e) Agotamiento de una diagonal o montante por ancho eficaz insuficiente
- f) Agotamiento por pandeo local de una diagonal o montante o de un cordón de sección hueca, cerca de la unión.

El esfuerzo de cálculo de una diagonal o montante no debe ser superior ni a la resistencia de la propia barra ni a la menor de las resistencias de sus uniones extremas.

En el Anejo 9 de la EAE nos podemos encontrar las formulas para calcular la resistencia para los determinados modos de agotamiento.

También podemos encontrar información en el ITEA (Instituto Técnico de la Estructura en Acero) en el tomo 15, *estructuras tubulares*.

ANEXO 4: Cimentación

Las diferentes tipologías de cimentación directa son:

- Zapata aislada: Pilar aislado
- Zapata combinada: 2 ó más pilares contiguos
- Zapata corrida: Alineaciones de 3 o más pilares o muros
- Pozo de cimentación: Pilar aislado
- Emparrillado: Conjunto de pilares y muros distribuidos, en general, en retícula.
- Losa: Conjunto de pilares y muro

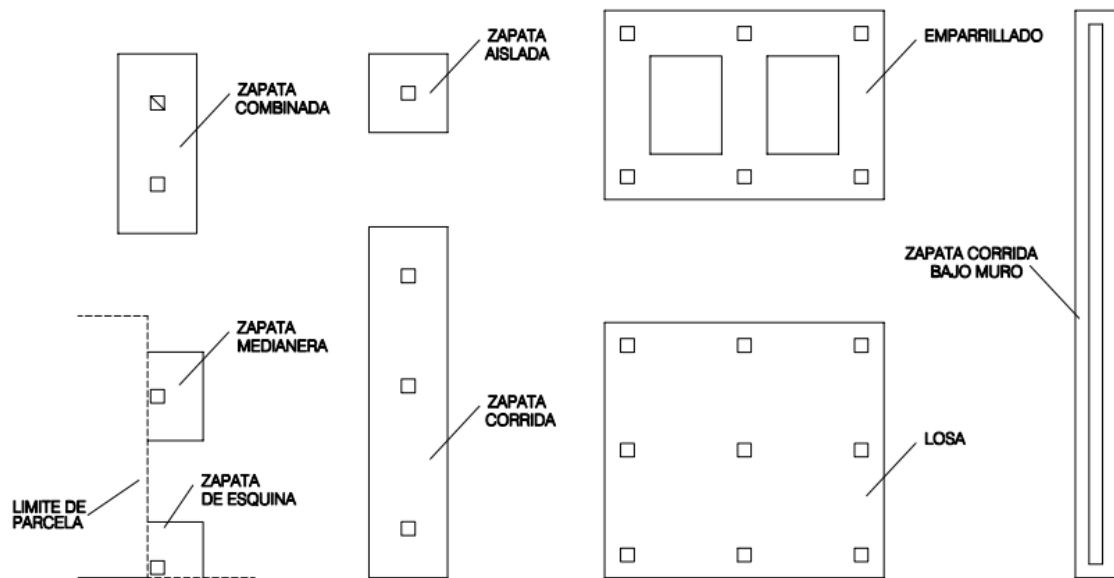


Fig. 0.1 Tipos de cimentaciones directas.

Describiremos la zapata aislada ya que es la que se adapta a nuestro proyecto.

Según el artículo 4.1.1 del CTE se utilizan las zapatas aisladas:

1. Cuando el terreno sea firme y competente, se pueda cimentar con una presión media alta y se esperen asientos pequeños o moderados, la cimentación normal de los pilares de un edificio estará basada en zapatas individuales o aisladas.

2. En general, las zapatas interiores serán de planta cuadrada, tanto por su facilidad constructiva como por la sencillez del modo estructural de trabajo. Sin embargo, podrá convenir diseñar zapatas de planta rectangular o con otra forma, entre otros, en los siguientes casos:

- a) Las separaciones entre crujías sean diferentes en dos sentidos perpendiculares;
- b) Existan momentos flectores en una dirección;
- c) Los pilares sean de sección rectangular;

- d) Se halla de cimentar dos pilares contiguos separados por una junta de dilatación;
 e) Casos especiales de difícil geometría.

3. Si los condicionantes geométricos lo permiten, las zapatas de medianería serán de planta rectangular, preferentemente con una mayor dimensión paralela a la medianería, y las de esquina de planta cuadrada.

4. Desde el punto de vista estructural se tendrán en cuenta las prescripciones de la instrucción EHE (Figura 4.3), y se considerarán estructuralmente rígidas las zapatas cuyo vuelo v , en la dirección principal de mayor vuelo, sea menor o igual que dos veces el canto h ($v \leq 2h$). Las zapatas se considerarán flexibles en caso contrario ($v > 2h$).

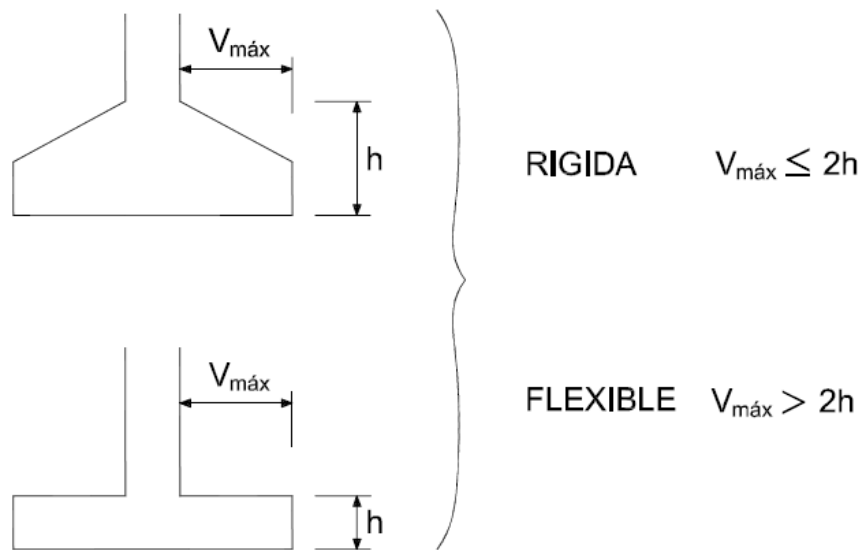


Fig. 0.2 Concepto de rigidez estructural.

En nuestro caso la cimentación directa será la más adecuada para nuestro seguidor solar.

Elegimos una zapata aislada ya que no tenemos un conjunto de cimentaciones sino solo una para el seguidor solar.

No tenemos los datos del estudio geotécnico del lugar de instalación por lo que daremos un valor de tensión admisible del terreno.

Primero se calculan las sollicitaciones debidas al peso propio, viento y nieve con los coeficientes adecuados. Las 3 combinaciones con mayores sollicitaciones son:

- Combinación 1: Peso propio + viento presión contra el suelo + nieve para 45°.
- Combinación 2: Peso propio + viento presión contra el suelo + nieve para 80°. (Fig. 0.3)
- Combinación 3: Peso propio + viento succión 45°.

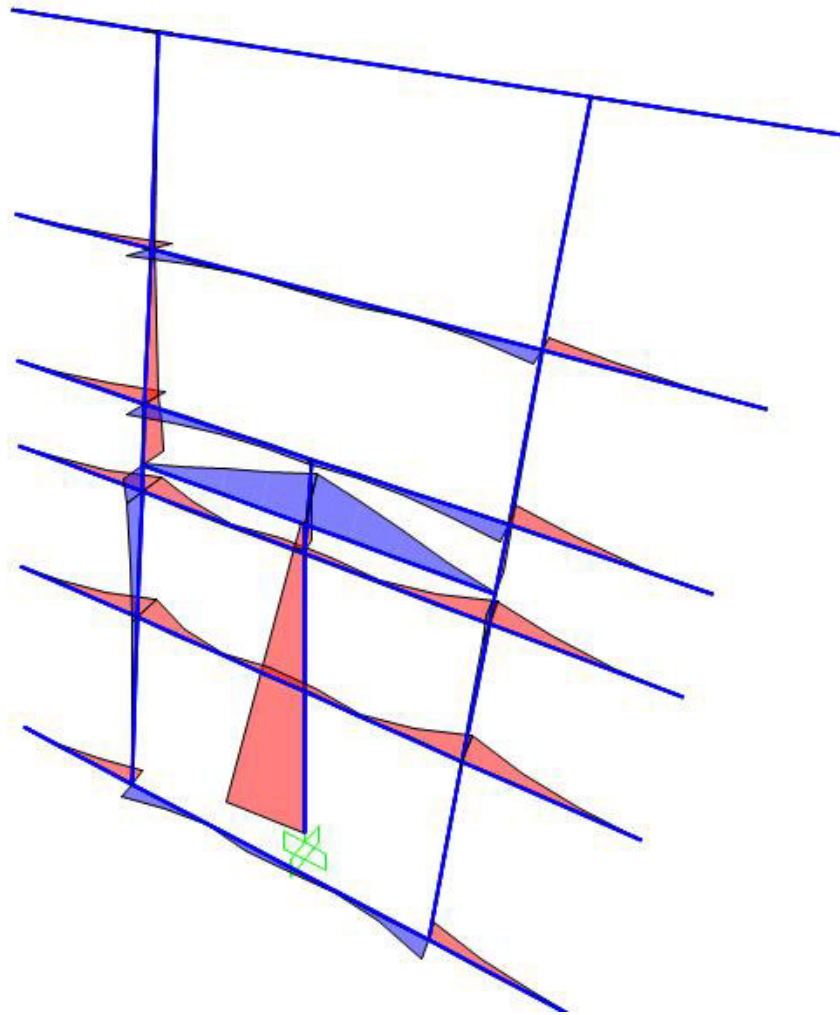


Fig. 0.3 Análisis estructural con SAP 2000 con una inclinación de 80°.

Hay que tener en cuenta que el viento puede hacer levantar la estructura por lo que comprobaremos que la estructura no se levanta debido al viento. Esa situación viene dada por la combinación 3.

Supondremos un valor bajo de tensión admisible del terreno: $\sigma_0=0,1$ MPa. Este valor es suficientemente seguro para la mayoría de terrenos, tanto sin cohesión como gravas y arenas como terrenos con cohesión, como las arcillas.

Calculamos el axil y el momento que aparece mediante las reacciones que nos da en el empotramiento el programa de cálculo de estructuras Sap 2000.

Las reacciones se resumen en la siguiente tabla:

	Combinación 1	Combinación 2	Combinación 3
N (kN)	62,64	41,64	-20,29
M (kN·m)	90,57	47,89	36,27

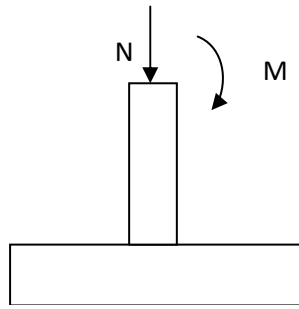


Fig. 0.4 Esquema de las fuerzas de reacción en la zapatas aislada

A partir de las reacciones en el empotramiento se dimensiona la zapata, que debe cumplir los siguientes requisitos.

- Condición 1: $V \leq 2 * h$
- Condición 2: $\sigma_0 < 0,1 \text{ MPa}$
- Condición 3: $\sigma_{\max} = 1,25 \sigma_0$
- Condición 4: $\sigma_{\min} > 0$

Se describen cada una de las condiciones.

- **Condición 1**

Este requisito supone elegir cimentación rígida en vez de flexible, evitando problemas de punzonamiento.

$$V \leq 2 * h;$$

Donde:

$$V = \frac{a - \phi_{\text{soporte}}}{2}$$

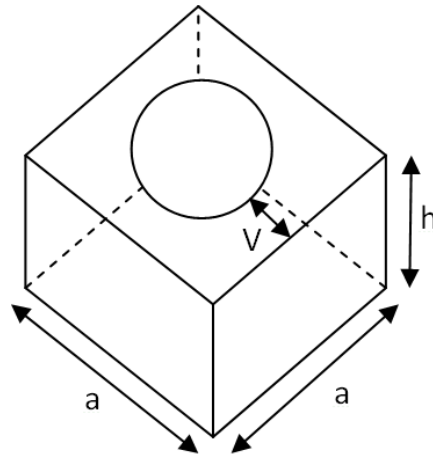


Fig. 0.1 Dimensiones de la cimentación superficial

En la figura anterior (Fig. 0.1) se describen las dimensiones a tener en cuenta. El vuelo debe ser inferior al doble del canto total de la cimentación.

- **Condición 2**

Se comprueba que la tensión promedio que produce el axil, σ_0 , no supera la resistencia del terreno, 0,1 MPa.

$$\sigma_0 = \frac{N'}{a * a} < 0,1 \text{ MPa}$$

Añadimos al axil N el peso de la propia zapata en la combinación desfavorable.

$$N' = N + a * a * h * \rho_H$$

Siendo $\rho_H = 25 \text{ kN/m}^3$ el peso específico del hormigón.

- **Condición 3**

El tercer requisito que debe cumplir la cimentación es no superar 1,25 veces la tensión admisible del terreno en ningún punto.

$$\sigma_{\max} < 1,25 * \sigma_0$$

Donde:

$$\sigma_{\max} = \frac{N'}{a^2} + \frac{M * 6}{a^3}$$

- **Condición 4**

La última comprobación a realizar es que la tensión mínima en la base de la cimentación sea nula. Es decir, que no existan tracciones.

ANEXO 4

$$\sigma_{\min} > 0$$

Donde:

$$\sigma_{\min} = \frac{N'}{a^2} - \frac{M * 6}{a^3}$$

Haciendo varios pasos iterativos para las 3 combinaciones de carga comprobamos que la solución es:

$$a = 2400 \text{ mm}; h = 1000 \text{ mm}$$

La siguiente tabla detalla las comprobaciones numéricamente para la combinación 3.

	Cálculos	Comprobación
Cond.1	$V = \frac{2,5 - 0,3}{2} = 1,1 \text{ m}$	$V \leq 2 * h$ $1 \text{ m} \leq 2 \text{ m}$ Cumple
	$2 * h = 2 \text{ m}$	
Cond.2	$N' = 62,64 + 2,5^2 * 1 * 25 = 218,89 \text{ kN}$	$\sigma_0 = \frac{N'}{a * a} < 0,1 \text{ MPa}$ $0,02 \text{ MPa} < 0,1 \text{ MPa}$
	$\sigma_0 = \frac{218,89}{2,5^2} * 10^{-3} = 0,035 \text{ MPa}$	
Cond.3	$\sigma_{\max} = \frac{218,89}{2,5^2} + \frac{90,57 * 6}{2,5^3} = 109,57 \text{ KPa}$	$\sigma_{\max} < 1,25 * \sigma_0$ $125 \text{ kPa} < 109,57 \text{ kPa}$
	$1,25 * \sigma_0 = 1,25 * 0,1 * 1000 = 125 \text{ kPa}$	
Cond.4	$\sigma_{\min} = \frac{218,89}{2,5^2} - \frac{90,57 * 6}{2,5^3} = 0,2 \text{ kPa}$	$\sigma_{\min} > 0$ $0,2 \text{ kPa} > 0$

- **Dimensionamiento de la armadura**

La cuantía geométrica mínima de armadura a tracción en la zapata viene dada por la siguiente expresión:

$$\rho = \frac{A_s}{a * h} > 0,001$$

$$A_{s,\min} = 0,001 * 2400 * 1000 = 2400 \text{ mm}^2$$

Cálculo de la armadura según la EHE-08, artículo 58.4.1.1:

$$T_d = \frac{R_{1d}}{0,85 * d} * x_1 = A_s * f_{yd}$$

Donde:

$$f_{yd} = 300000 \text{ KPa}$$

$$d = h - r_{mec} = 1 - 0,05 = 0,95 \text{ m}$$

$$l_A = \frac{a}{2} - \frac{\phi_{soporte}}{4} = \frac{2,5}{2} - \frac{0,3}{4} = 1,175 \text{ m}$$

$$\sigma_A = \sigma_{max} - \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{a} * l_A$$

$$R_{1d} = R'_{1d} + R''_{1d} = [\sigma_A * a * l_A] + \left[\frac{1}{2} * a * (\sigma_{max} - \sigma_A) * l_A \right]$$

$$x_1 = \left(R'_{1d} * \frac{l_A}{2} + R''_{1d} * \frac{2 * l_A}{3} \right) * \frac{1}{R_{1d}}$$

Despejando A_s , se obtiene, para la combinación 1 más desfavorable:

$$A_s = \dots = 235 \text{ mm}^2 < A_{s,min}$$

La armadura geométrica mínima es mayor. Entonces se toma el área de la armadura mínima 2500 mm^2 .

$$\text{Número barras} = \text{Entero} \left(\frac{2500}{\pi * \frac{12}{4}} \right) + 1 = 23 \text{ barras}$$

$$S = \frac{a - 2r}{n - 1} = \frac{2500 - 2 * 50}{23} = \dots = 10,909 \text{ cm}$$

Se colocará en cada dirección 23 barras de $\phi 12$ separadas 11 cm.

- **Comprobación a cortante**

Debemos comprobar que:

$$V_d < V_{U1}$$

$$V_d < V_{U2}$$

$$V_d = 17,9 \text{ kN}$$

$$V_{U1} = 11520,0 \text{ kN}$$

$$V_{U2} = 684,7 \text{ kN}$$

Cumple con mucho margen de seguridad. No es necesario colocar armadura a cortante.

- **Comprobación a punzonamiento y fisuración**

No es necesario comprobar numéricamente el punzonamiento y la fisuración de la cimentación por dos motivos. En primer lugar por haber elegido una zapata rígida

ANEXO 4

con un canto suficientemente grande. Y en segundo lugar porque las tracciones en la zapata son muy pequeñas y no existe apenas fisuración (la armadura colocada es por mínimos geométricos).

ANEXO 5: Durabilidad de la estructura

Para nuestra estructura el ambiente corrosivo es el entorno exterior.

Para evitar esta corrosión natural hay varios métodos:

- Galvanizado

El proceso de galvanización implica la formación de una capa de zinc sobre la superficie de un metal. El zinc tiene la capacidad natural de resistir la corrosión, por lo que protege el metal mientras este se corroe.

- Recubrimientos de polímeros

De acuerdo con la guía para la conservación de metales, el agua, el oxígeno y los electrolitos promueven la rápida corrosión. Si tomas uno de estos elementos fuera de la ecuación, un metal dado no se corroerá con la misma facilidad. Puedes aplicar materiales poliméricos a los metales en forma de hoja o en polvo para evitar que se corra. La única desventaja de este método de prevención de la corrosión es si alguna parte de la superficie del metal se mantiene cubierta, esta se puede corroer rápidamente.

- Revestimientos de conversión

Utilizando recubrimientos de conversión puedes disminuir la probabilidad de corrosión de un metal. Las reacciones químicas en este método producen capas resistentes a la corrosión generalmente de fosfato o cromato en la superficie de un metal. Los recubrimientos de conversión pueden preparar la superficie de un metal para una capa de pintura, de acuerdo con la guía de la conservación de los metales.

- Pintura

Hay un número incontable de materiales que puedes aplicar sobre la superficie de un metal para que sea más resistente a la corrosión. Las pinturas pueden evitar que los electrolitos tomen su parte necesaria en el proceso de corrosión. Muchas pinturas naturalmente la desalientan ya que a menudo contienen sales de metales pesados orgánicos.

Dentro del apartado de pintura en la normativa EAE-11 capítulo VI artículo 30 *Sistemas de protección*, nos podemos encontrar la siguiente tipología:

- Pinturas de secado al aire.
- Pinturas de curado físico.
 - Pinturas en base disolvente

- Pinturas en base agua
- Pinturas de curado químico.
 - Pinturas epoxídicas de dos componentes
 - Pinturas de poliuretano de dos componentes
 - Pinturas de curado por humedad

Los sistemas de pintura están constituidos por un conjunto de capas de imprimación y de capas de acabado de pintura con espesores nominales de película seca definidos que, aplicados sobre una superficie de acero con un grado de preparación preestablecido, conducen a una durabilidad determinada del sistema de pintura protector.

Para seleccionar el sistema correcto de pintura deberemos definir la corrosividad del medio ambiente, ver cómo es la superficie a proteger y la durabilidad requerida.

Corrosividad del medio ambiente

Al seleccionar un sistema de pintura, es fundamental averiguar las condiciones en las que la estructura o instalación debe operar. Para establecer el efecto de la corrosividad del medio ambiente, se deben tener en cuenta los siguientes factores:

- Humedad y temperatura (temperatura de servicio y gradientes de temperatura).
- La exposición a la radiación UV.
- La exposición a sustancias químicas (por ejemplo, la exposición específica en las plantas industriales).
- Daños mecánicos (impacto, abrasión etc.).

Se debe tener en cuenta que cuanto más corrosivo es el ambiente, más exhaustiva deberá ser la preparación de superficie. Los intervalos de repintado también deberán ser estrictamente observados. La parte 2 de la norma ISO 12944 da las clasificaciones de la corrosión para las condiciones atmosféricas, el suelo y el agua. Esta norma es una evaluación muy general basada en la velocidad de corrosión para el acero al carbono y acero cincado. No refleja exposiciones a la temperatura, ni exposiciones químicas ni mecánicas específicas. No obstante, la especificación estándar, en general, puede ser todavía aceptada como un buen indicador para sistemas de pintura.

Categoría de corrosión	Ejemplos de ambiente	
	Exterior	Interior
C1 Muy baja	-	Edificios con calefacción con una atmósfera limpia, tales como oficinas, tiendas, escuelas, hoteles.
C2 baja	Atmósfera contaminada en una pequeña parte, principalmente en los regiones rurales.	Edificios sin calefacción, donde se puede producir condensación, por ejemplo almacenes, salas deportivas.
C3 media	Ambientes industriales y urbanos con un nivel medio de contaminación de dióxido de azufre. Áreas industriales y áreas costeras de baja salinidad.	Espacio de producción de alta humedad y de la contaminación del aire, por ejemplo plantas de alimentos, lavanderías, fábricas de cerveza, industrias lácteas.
C4 alta	Las zonas industriales y zonas costeras de media salinidad.	Plantas químicas, piscinas, astilleros de reparación de barcos.
C5-I Muy alta (industrial)	Áreas industriales de alta humedad y ambiente agresivo.	Edificios y áreas de condensación casi constante y alta contaminación.
C5-M Muy alta (marina)	Zonas de tierra (inshore) y marítimas (offshore) de alta salinidad.	Edificios y áreas de condensación casi constante y alta contaminación.

Fig. 0.1 Categorías de corrosión atmosférica de acuerdo con la norma ISO 12944.

Como vemos en la Fig. 0.1 en nuestro caso ya que es una zona costera estimaremos un nivel C4 de categoría de corrosión con zonas costeras de media salinidad.

1. Tipo de superficie a ser protegida

La superficie de nuestra estructura es de acero ya son perfiles que no han recibido ningún tratamiento.

2. Durabilidad requerida para un sistema de pintado

Se entiende por vida de un sistema de pintado como el período de tiempo que pasa hasta que es necesario realizar el mantenimiento del sistema por primera vez después de la aplicación. La ISO 12944 ha especificado un rango de tres intervalos de tiempo para clasificar a la durabilidad:

Baja - L	2 a 5 años
Media - M	5 a 15 años
Alta - H	Más de 15 años

ANEXO 5

Optamos por una durabilidad media de entre 5 a 15 años. De esta manera realizaremos una inspección general a la mismo tiempo que mantenemos la estructura contra el óxido.

Todo proceso de pintado debe tener antes una preparación previa de la superficie. Utilizaremos el grado de limpieza Sa 2 según la norma ISO 8501-1.

Con todos estos datos ya podemos realizar la selección de la pintura más adecuada.

ANEXO 6: Cálculo cableado eléctrico

La caída de tensión en cables viene dada por las siguientes fórmulas según nos encontremos en corriente continua o en alterna:

$$\Delta U = \frac{2 * I_{mpp} * L * \rho}{S}$$

Corriente continua

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} * I_{mpp} * L * \rho}{S}$$

Corriente alterna

Siendo:

- ΔU la caída de tensión máxima permitida en el cable.
- I_{mpp} la intensidad máxima que circulará por el cable.
- L la longitud del cable.
- ρ la resistividad del material del cable. En este caso cobre, siendo $\rho = 0,01725 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$.
- S la sección del cable.

A continuación, haremos el cálculo de uno de los cableados y después se hará de igual manera para el resto de los cableados, conforme al IDAE punto 5.5.2 del PCT-C-REV - julio 2011 (Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red):

Los conductores serán de cobre y tendrán la sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos. Concretamente, para cualquier condición de trabajo, los conductores deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior del 1,5 %.

Para el cableado, entre los módulos fotovoltaicos, el procedimiento de cálculo será el siguiente.

La tensión máxima a la que estará sometido el cable será el correspondiente a dos placas solares. En este caso, el voltaje será de:

Voltaje nominal cable = 2 · voltaje máximo placa = 2·37,1 = 74,2 voltios.

La caída de tensión máxima permitida es del 1.5 %, o lo que es lo mismo:

Caída de tensión máxima = 0.015·74,2 = 1,113 voltios.

Al encontrarse las dos placas en serie, la intensidad del cable será la correspondiente a una de las placas, es decir 8,80 amperios.

Estimando un cable de 1.5 metros entre los conectores de las placas, despejando de la fórmula de corriente continúa la sección, obtenemos:

$$\Delta U = \frac{2 * I_{mpp} * L * \rho}{S} \rightarrow S = \frac{2 * I_{mpp} * L * \rho}{\Delta U} = \frac{2 * 8,23 * 1,5 * 0,01725}{1,113} = 0,47 \text{ mm}^2$$

Dentro de las secciones de cable disponibles en el mercado, la sección inmediatamente mayor a ese valor es 1.5 mm². De la misma manera calculamos la sección de cable necesaria para conectar las placas al inversor.

$$\Delta U = \frac{2 * I_{mpp} * L * \rho}{S} \rightarrow S = \frac{2 * I_{mpp} * L * \rho}{\Delta U} = \frac{2 * 105,6 * 1,5 * 0,01725}{1,113} = 4,9 \text{ mm}^2$$

La sección inmediatamente superior es de 6 mm².

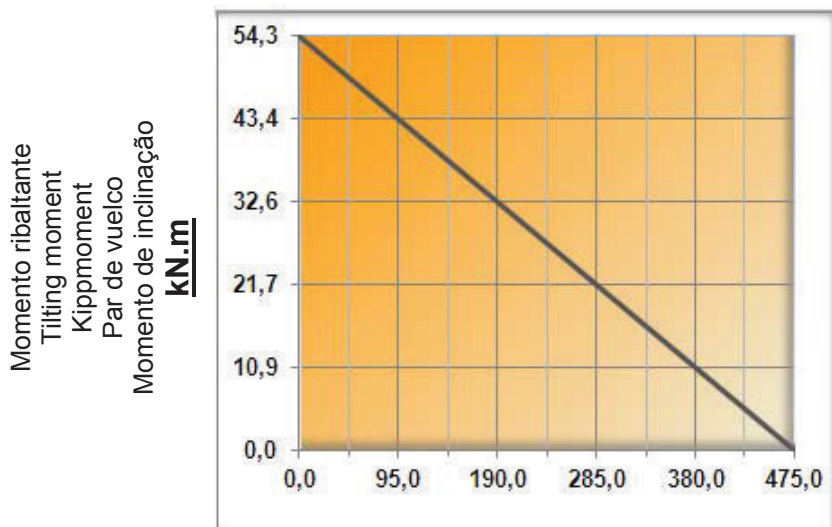
ANEXO 7: Especificaciones técnicas

En este anexo adjuntamos todas las especificaciones técnicas de todo lo que hemos utilizado en el proyecto.

ST12 - 78 - 25H - R

PT12 - 78 - 25H - R

Prestazioni / Performance / Leistung / Prestaciones / Prestações					ST12-78-25H -R	PT12-78-25H-R
Rapporto	<i>Ratio</i>	Übersetzung	Relación de reducción	<i>Redução</i>	78	
Coppia nominale	<i>Nominal torque</i>	Nenn Drehmoment	Par nominal	<i>Torque nominal</i>	7,5 kNm	
Coppia massima	<i>Max torque</i>	Max Drehmoment	Par máximo	<i>Torque máximo</i>	8,5 kNm	
Coppia di stallo	<i>Holding torque</i>	Haltemoment	Par de mantenimiento	<i>Torque de inclinação</i>	43 kNm	
Momento ribaltante max	<i>Max tilting moment</i>	Max Kippmoment	Par de vuelco máximo	<i>Pico de torque</i>	54,3 kNm	
Carico assiale dinamico max	<i>Max dynamic axial load</i>	Max dynamische Axiallast	Carga axial dinámica máxima	<i>Carga axial dinâmica máxima</i>	114 kN	
Carico radiale dinamico max	<i>Max dynamic radial load</i>	Max dynamische Radiallast	Carga radial dinámica máxima	<i>Carga radial dinâmica máxima</i>	100 kN	
Carico assiale statico	<i>Static axial load</i>	Statische Axiallast	Carga axial estática	<i>Carga axial estatica</i>	475 kN	
Carico radiale statico	<i>Static radial load</i>	Statische Radiallast	Carga radial estática	<i>Carga radial estatica</i>	190 kN	
Rendimento	<i>Efficiency</i>	Wirkungsgrad	Rendimiento	<i>Rendimento</i>	40%	
Gioco angolare	<i>Backlash</i>	Spiel	Juego angular	<i>Jogo angular</i>	≤ 0,17°	≤ 0,03°



kN
 Carico assiale statico / Static axial Load / Statische Axiallast
 Carga axial estática / Carga axial estática

Curva del momento ribaltante
Tilting moment chart
 Diagramm Kippmoment
 Curva del momento de vuelco
Curva do momento de inclinação

Assicurarsi di rimanere al di sotto della curva

Please be sure to remain under this curve

Achten Sie darauf, unterhalb dieser Kurve zu bleiben

Asegurarse de estar bajo esta curva

Assegurar-se de restar abaixo da curva



Dimensioni

Dimensions

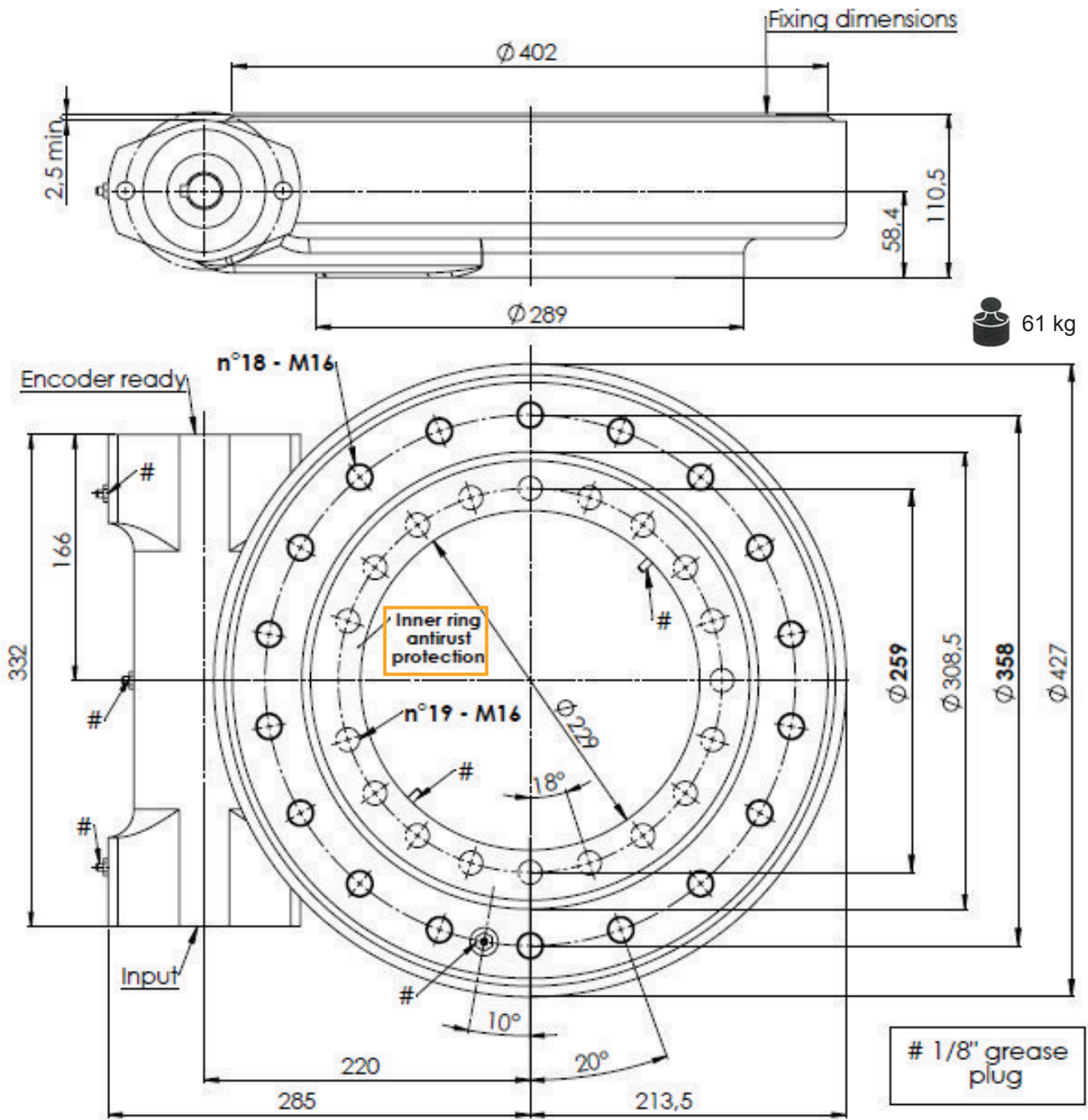
Größe

Dimensiones

Dimensões

ST12 - 78 - 25H - R

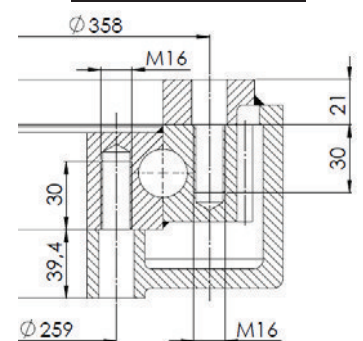
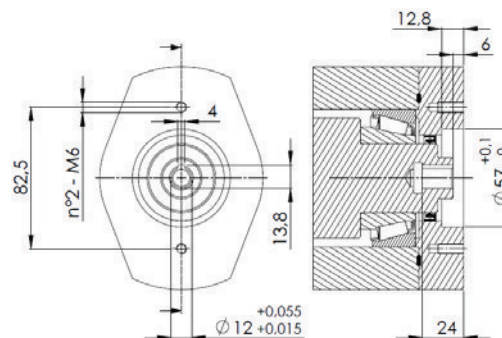
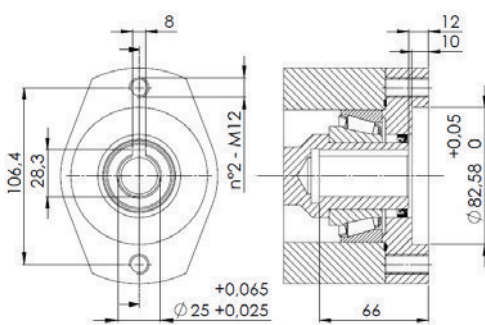
PT12 - 78 - 25H - R



Input dimensions

Encoder Ready

Fixing dimensions



PANELES FOTOVOLTAICOS

SERVICIO MÓVIL

TENSIÓN 1,8 kV DC - 0,6 / 1 kV AC

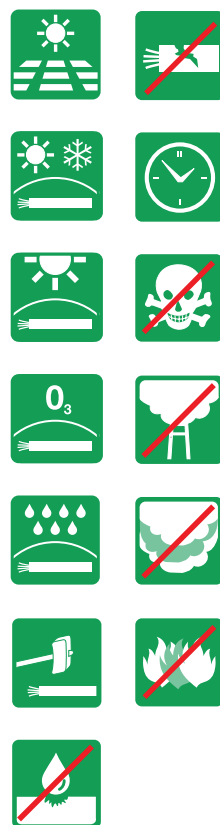


EXZHELLENT SOLAR ZZ-F (AS) 1,8 kV DC - 0,6/1 kV AC

Conductor: Cobre estañado clase 5 para servicio móvil (-F)
 Aislamiento: Elastómero termoestable libre de halógenos (Z)
 Cubierta: Elastómero termoestable libre de halógenos (Z)
 Norma: TÜV 2 Pfg 1169/08.2007



Ecológico



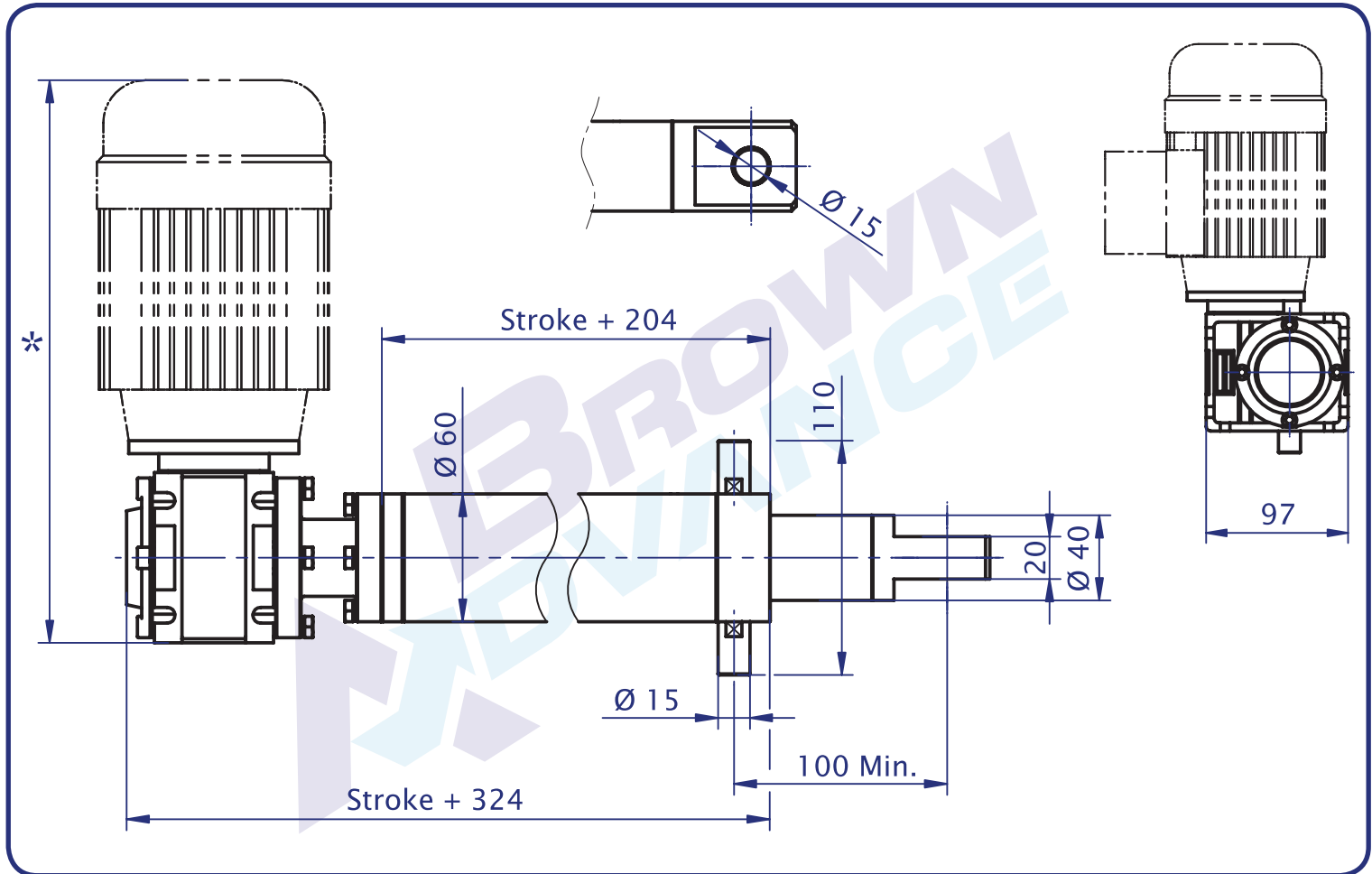
Código	Sección	Color (*)	Diámetro exterior	Peso	Radio Mín. Curvatura	Resist. Máx. del conductor a 20 °C	Intensidad al Aire (1)	Caída de tensión en DC
	mm ²		mm ²	kg/km	mm ²	Ω/km	A	V/A.km
1614106	1x1,5	■ ■	4,3	35	18	13,7	30	38,17
1614107	1x2,5	■ ■	5,0	50	20	8,21	41	22,87
1614108	1x4	■ ■	5,6	65	23	5,09	55	14,18
1614109	1x6	■ ■	6,3	85	26	3,39	70	9,445
1614110	1x10	■ ■	7,9	140	32	1,95	96	5,433
1614111	1x16	■ ■	8,8	200	35	1,24	132	3,455
1614112	1x25	■ ■	10,5	295	42	0,795	176	2,215
1614113	1x35	■ ■	11,8	395	47	0,565	218	1,574

Disponibilidad bajo pedido hasta 1x300 mm²

(*) Posibilidad de suministrar con cubierta ■

(1) Al aire, a 60 °C Según norma TÜV 2 Pfg 1169/08.2007

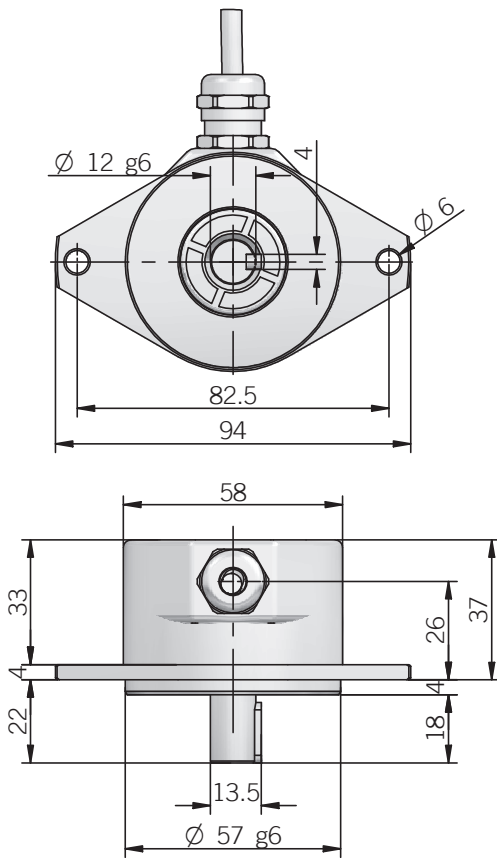
LINEAR ACTUATOR BWR 20.4



Motor type	Lead screw	Speed mm/s.	Dynamic load KN	Gearbox ratio	Rated current A	Efficiency
DC 24V	20x4	1,9	6	50	2,2	0,26
DC 24V		2,42	6	40	3,3	0,28
AC 230/400V		1,9	6	50	0,2 (400V)	0,26
AC 230/400V		2,42	6	40	0,4 (400V)	0,28

- AC or DC electric motors.
- Lead screw made in Steel C45.
- Static load 10KN.
- Self locking.
- Other linear speeds according to customer requirements.
- Other strokes according to customer requirements.
- External and internal tubes are made in steel ST52.
- External tube could be painted or zinc plated, the ram is treated with chrome.
- Linear actuator is sealed at the ram.
- Optional limit switch.
- Optional encoder.

EMI 58



Electrical specifications

Resolution	up to 2048 ppr
Power supply	5 V DC \pm 10% 5 ... 28 V DC \pm 5% 8 ... 24 V DC \pm 5% (reverse polarity protection)
Current consumption without load	100 mA max
Max load current	15 mA for channel
Electronic interface	push-pull line driver HTL / RS422
Max output frequency	205 kHz
Accuracy	\pm 0.35° max
Counting direction	A leads B clockwise (shaft view)
Electromagnetic compatibility	IEC 61000-6-2 IEC 61000-6-4

Mechanical specifications

Shaft diameter	ϕ 12 mm with key
Enclosure rating	IP 66 (IEC 60529)
Max rotation speed	3000 rpm
Shock	50 G, 11 ms (IEC 60068-2-27)
Vibration	10 G, 10 ... 2000 Hz (IEC 60068-2-6)
Body material	anodized aluminum
Shaft material	1.4305 / AISI 303 stainless steel
Housing material	EN-AW 2011 aluminum
Bearings	2 ball bearings
Bearing lifetime	10 ⁹ revolutions
Operating temperature	-25° ... +100°C
Storage temperature	-25° ... +85°C
Weight	250 g

Connections and standard colours

Function	Push pull / Npn / Npn open collector	Line driver
+V DC	red	red
0 V	black	black
Ch. A	green	green
Ch. A-	/	brown
Ch. B	yellow	yellow
Ch. B-	/	orange
Ch. Z	blue	blue
Ch. Z-	/	white
\equiv	shield	shield

Inversor/Cargador Híbrido Serie XW; modelos de 230 V CA/50 Hz

Especificaciones eléctricas			
	XW6048-230-50	XW4548-230-50	XW4024-230-50
Potencia de salida continua	6.000 W	4.500 W	4.000 W
Sobretensión transitoria	12.000 W	9.000 W	8.000 W
Intensidad de sobretensión	53 A eficaces	40 A eficaces	35 A eficaces
Forma de onda	Onda senoidal verdadera	Onda senoidal verdadera	Onda senoidal verdadera
Eficacia máxima	95,4 %	95,6 %	94,0 %
Consumo en modo inactivo o de búsqueda	< 7 W	< 7 W	< 7 W
Conexiones CA	AC1 (red), AC2 (generador)	AC1 (red), AC2 (generador)	AC1 (red), AC2 (generador)
Intervalo de tensión entrada CA (modo derivación/carga)	156 a 280 V CA (230 V nominales)	156 a 280 V CA (230 V nominales)	156 a 280 V CA (230 V nominales)
Intervalo de frecuencia entrada CA (modo derivación/carga)	40 a 68 Hz (50 Hz nominales)	40 a 68 Hz (50 Hz nominales)	40 a 68 Hz (50 Hz nominales)
Tensión de salida CA	230 V CA +/- 3%	230 V CA +/- 3%	230 V CA +/- 3%
Intensidad de transferencia máx. CA	56 A	56 A	56 A
Intensidad de salida continua CA	26,1 A	19,6 A	17,4 A
Frecuencia de salida CA	50 Hz +/- 0,1 Hz	50 Hz +/- 0,1 Hz	50 Hz +/- 0,1 Hz
Distorsión armónica total	< 5% a potencia nominal	< 5% a potencia nominal	< 5% a potencia nominal
Tiempo de transferencia típico	8 ms	8 ms	8 ms
Intensidad CC a potencia nominal	131 A	96 A	178 A
Interacción con empresa de suministro	Desactivada (por defecto), intervalo de tensión de 198 a 253 V CA, intervalo de frecuencia de CA de 49,1 a 50,9 Hz		
Intervalo de tensión entrada CC	44 a 64 V	44 a 64 V	22 a 32 V
Corriente de carga nominal	100 A	85 A	150 A
Carga con corrección de factor de potencia	FP (0,98)	FP (0,98)	FP (0,98)

Especificaciones mecánicas			
Montaje	En pared, con placa posterior incluida		
Dimensiones del inversor (A x A x F)	580 x 410 x 230 mm (23 x 16 x 9")		
Peso del inversor	57 kg (125 libras)	52 kg (115 libras)	52 kg (115 libras)
Dimensiones del embalaje	711 x 565 x 267 mm (28 x 22,25 x 10,5")		
Peso con embalaje	60 kg (132 libras)	55 kg (122 libras)	55 kg (122 libras)
Tipos de batería compatibles	Flooded, Gel, AGM, Custom (personalizada).		
Tamaño del grupo de baterías	de 100 a 10.000 Ah		
Sensor de temperatura de baterías	Incluido	Incluido	Incluido
Memoria no volátil	Sí	Sí	Sí
Indicación del panel	LED de estado que indican el estado de la entrada CA, fallos/avisos, modo de equalización, activación/desactivación y nivel de batería en el botón de equalización. Pantalla de tres caracteres que indican la alimentación de salida o la intensidad de carga.		
Configuración con múltiples unidades	Monofásica: hasta tres unidades en paralelo. Trifásica: 1 unidad por fase		
Sistema de comunicación	Xanbus™	Xanbus™	Xanbus™
Garantía	cinco años		
N.º de referencia	865-1035	865-1040	865-1045

Especificaciones medioambientales			
Tipo de carcasa	IP 20 (componentes eléctricos sensibles en el interior)		
Intervalo de temperatura de funcionamiento	-25 a 70 °C	-25 a 70 °C	-25 a 70 °C

Accesorios	
Pantalla remota	El panel de control del sistema XW opcional monitoriza y configura todos los dispositivos conectados a la red Xanbus™
Funciones para generadores	El módulo de arranque automático de generadores XW opcional se conecta a la red Xanbus™. Activa automáticamente el generador para recargar los grupos de baterías agotados o ayudar al inversor en caso de cargas pesadas.
Caja de conexiones	La caja de conexiones XW opcional cubre la parte inferior del inversor y protege el cableado. Incluye orificios para conducciones de 20 mm (3/4"), 25 mm (1"), 32 mm (1,25"), 60 mm (2,25") y 65 mm (2,5").
Controlador de carga solar	Controlador de Carga Solar XW opcional con seguimiento del punto de potencia máxima para almacenar toda la energía disponible del campo FV en las baterías

Normativas aprobadas	
Marcaje CE conforme a las siguientes directivas y normas de la UE: Directiva EMC: EN61000-6-1, EN61000-6-3, EN61000-3-2, EN61000-3-3; Directiva de baja tensión: EN50178	

Especificaciones sujetas a cambios sin previo aviso.



Ficha Técnica

HEMUDUR 18500

18500 : BASE 18509 : CURING AGENT 97710

Descripción	Recubrimiento base agua de dos componentes curado con poliamida que contiene pigmentos inhibidores de la corrosión. Cura formando una película dura y tenaz. Clasificado como grupo j, según la Directiva 2004/42/CE.
Uso recomendado:	Como imprimación de uso general sobre superficies de acero en ambientes de corrosividad moderada a suave (Ver OBSERVACIONES al dorso.).
Temperatura de servicio:	Máximo, exposición en seco: 140°C
Certificados:	Cumple con la Directiva EU 2004/42/EC subcategoría j.
Disponibilidad	Parte del Surtido del Grupo. Disponibilidad local sujeta a confirmación

DATOS TÉCNICOS:

Colores	12170* / Gris.
Acabado	semi mate
Volumen de sólidos, %:	50 ± 1
Rendimiento teórico:	6.7 m ² /l [268.7 sq.ft./US gallon] - 75 micras
Punto de inflamación	99 °C [210.2 °F]
Peso específico	1.4 kg/ltr [11.4 lb/gal EE. UU.]
Secado superficial	2 hora(s) aprox. 20°C
Secado al tacto	4 hora(s) aprox. 20°C
Curado completo	7 día(s) 20°C
Contenido en COV:	22 g/l [0.2 lb/gal EE. UU.]

* otros colores según carta.

Los valores de las constantes físicas aquí expresados son valores nominales de acuerdo con las fórmulas del grupo Hempel.

DETALLES DE APLICACIÓN:

Versión, producto mezclado:	18500
Proporción de mezcla:	BASE 18509 : CURING AGENT 97710 2 : 3 en volumen
Método de aplicación:	Pistola airless / Brocha
Diluyente (vol. máx.):	Agua fresca (5%) / Agua fresca (5%)
Vida de la mezcla:	1 hora(s) 20°C 30 minutos (15°C/59°F) Ver OBSERVACIONES al dorso.
Boquilla:	0.015 - 0.019 " Ver OBSERVACIONES al dorso.
Presión:	>150 bar [>2175 psi] (Los datos de pistola airless son indicativos y sujetos a ajustes)
Limpieza de utensilios:	Agua fresca Ver OBSERVACIONES al dorso.
Espesor recomendado, seco:	75 micras [3 mils] Ver OBSERVACIONES al dorso.
Espesor recomendado, húmedo:	150 micras [6 mils]
Intervalo de repintado, min	Ver OBSERVACIONES al dorso.
Intervalo de repintado, max.	Ver OBSERVACIONES al dorso.
Seguridad:	Manipular con cuidado. Observar las etiquetas de seguridad en los envases antes y durante el uso. Consultar las Fichas de Datos de Seguridad HEMPEL y seguir las regulaciones locales o nacionales.

HEMPEL

Hoja de características del
producto



HEMUTHANE ENAMEL 58510

58510: BASE 58519: CURING AGENT 97760

Descripción	HEMUTHANE ENAMEL 58510 esmalte de poliuretano de dos componentes base agua, con excelente retención del brillo y del color. Fácil de limpiar.
Uso recomendado:	Como acabado duradero en sistemas epoxi base agua.
Temperatura de servicio:	Máximo, exposición en seco: 120°C Ver OBSERVACIONES al dorso.
Disponibilidad	Disponibilidad sujeta a acuerdo especial.
DATOS TÉCNICOS:	
Colores	10000*/ Blanco.
Acabado	Brillante
Volumen de sólidos, %:	48 ± 1
Rendimiento teórico:	12 m ² /l [481.2 sq.ft./US gallon] - 40 micras
Punto de inflamación	186 °C [366.8 °F]
Peso específico	1.4 kg/ltr [11.6 lb/gal EE. UU.]
Secado al tacto	5 hora(s) aprox. 20°C
Curado completo	7 día(s) , 20°C
Contenido en COV:	52 g/l [0.4 lb/gal EE. UU.] * otros colores según carta.

Los valores de las constantes físicas aquí expresados son valores nominales de acuerdo con las fórmulas del grupo Hempel.

DETALLES DE APLICACIÓN:

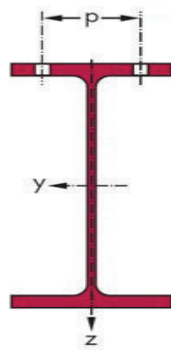
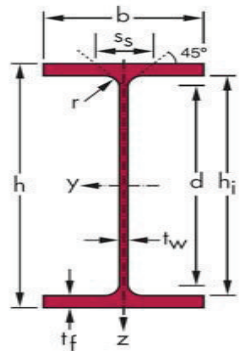
Versión, producto mezclado:	58510
Proporción de mezcla:	BASE 58519: CURING AGENT 97760 8.5:1.5 en volumen Una vez mezclada con cuidado mediante agitación mecánica, diluya entre un 5 y un 15% por volumen con agua dulce.
Método de aplicación:	Pistola airless / Mezcla de aire
Diluyente (vol. máx.):	Agua fresca (5-15%) / Agua fresca (5-15%)
Vida de la mezcla:	2 hora(s) aprox. 20°C
Boquilla:	0.011 - 0.015 "
Presión:	150 bar [2175 psi] (mínimo) (Datos de aplicación a pistola indicativos y sujetos a ajustes)
Limpieza de utensilios:	Agua fresca Ver OBSERVACIONES al dorso.
Espesor recomendado, seco:	40 micras [1.6 mils] Ver OBSERVACIONES al dorso.
Espesor recomendado, húmedo:	75 micras [3 mils] Después de la dilución (15%): 100 micras.
Intervalo de repintado, min	De acuerdo con la especificación.
Intervalo de repintado, max.	De acuerdo con la especificación.
Seguridad:	Manipular con cuidado. Observar las etiquetas de seguridad en los envases antes y durante el uso. Consultar las Fichas de Datos de Seguridad HEMPEL y seguir las regulaciones locales o nacionales.

Diámetro exterior	Espesor	Masa por unidad de longitud	Área de la sección transversal	Momento de inercia de flexión	Radio de giro	Módulo de flexión elástico	Módulo de flexión plástico	Momento de inercia de torsión	Módulo de torsión	Área superficial por metro lineal	Longitud nominal por tonelada
D	T	M	A	I	i	W_{el}	W_{pl}	I_t	C_t	A_s	m
mm	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm	cm ³	cm ³	cm ⁴	cm ³	m ² /m	
139.7	3.0	10.1	12.9	301	4.83	43.1	56.1	602	86.2	0.439	98.9
	4.0	13.4	17.1	393	4.80	56.2	73.7	786	112		74.7
	5.0	16.6	21.2	481	4.77	68.8	90.8	961	138		60.2
	6.0	19.8	25.2	564	4.73	80.8	107	1129	162		50.5
	6.3	20.7	26.4	589	4.72	84.3	112	1177	169		48.2
	8.0	26.0	33.1	720	4.66	103	139	1441	206		38.5
	10.0	32.0	40.7	862	4.60	123	169	1724	247		31.3
168.3	3.0	12.2	15.6	532	5.85	63.3	82.0	1065	127	0.529	81.8
	4.0	16.2	20.6	697	5.81	82.8	108	1394	166		61.7
	5.0	20.1	25.7	856	5.78	102	133	1712	203		49.7
	6.0	24.0	30.6	1009	5.74	120	158	2017	240		41.6
	6.3	25.2	32.1	1053	5.73	125	165	2107	250		39.7
	8.0	31.6	40.3	1297	5.67	154	206	2595	308		31.6
	10.0	39.0	49.7	1564	5.61	186	251	3128	372		25.6
177.8	4.0	17.1	21.8	825	6.15	92.8	121	1650	186	0.559	58.3
	5.0	21.3	27.1	1014	6.11	114	149	2028	228		46.9
	6.0	25.4	32.4	1196	6.08	135	177	2392	269		39.3
	6.3	26.6	33.9	1250	6.07	141	185	2499	281		37.5
	8.0	33.5	42.7	1541	6.01	173	231	3083	347		29.9
	10.0	41.4	52.7	1862	5.94	209	282	3724	419		24.2
	12.0	49.1	62.5	2159	5.88	243	330	4318	486		20.4
	12.5	51.0	64.9	2230	5.86	251	342	4460	502		19.6
193.7	4.0	18.7	23.8	1073	6.71	111	144	2146	222	0.609	53.4
	5.0	23.3	29.6	1320	6.67	136	178	2640	273		43.0
	6.0	27.8	35.4	1560	6.64	161	211	3119	322		36.0
	6.3	29.1	37.1	1630	6.63	168	221	3260	337		34.3
	8.0	36.6	46.7	2016	6.57	208	276	4031	416		27.3
	10.0	45.3	57.7	2442	6.50	252	338	4883	504		22.1
	12.0	53.8	68.5	2839	6.44	293	397	5678	586		18.6
	12.5	55.9	71.2	2934	6.42	303	411	5869	606		17.9
219.1	4.0	21.2	27.0	1564	7.61	143	185	3128	286	0.688	47.1
	5.0	26.4	33.6	1928	7.57	176	229	3856	352		37.9
	6.0	31.5	40.2	2282	7.54	208	273	4564	417		31.7
	6.3	33.1	42.1	2386	7.53	218	285	4772	436		30.2
	8.0	41.6	53.1	2960	7.47	270	357	5919	540		24.0
	10.0	51.6	65.7	3598	7.40	328	438	7197	657		19.4
	12.0	61.3	78.1	4200	7.33	383	515	8400	767		16.3
	12.5	63.7	81.1	4345	7.32	397	534	8689	793		15.7
244.5	5.0	29.5	37.6	2699	8.47	221	287	5397	441	0.768	33.9
	6.0	35.3	45.0	3199	8.43	262	341	6397	523		28.3
	6.3	37.0	47.1	3346	8.42	274	358	6692	547		27.0
	8.0	46.7	59.4	4160	8.37	340	448	8321	681		21.4
	10.0	57.8	73.7	5073	8.30	415	550	10146	830		17.3
	12.0	68.8	87.7	5938	8.23	486	649	11877	972		14.5
	12.5	71.5	91.1	6147	8.21	503	673	12295	1006		14.0
273.0	5.0	33.0	42.1	3781	9.48	277	359	7562	554	0.858	30.3
	6.0	39.5	50.3	4487	9.44	329	428	8974	657		25.3
	6.3	41.4	52.8	4696	9.43	344	448	9392	688		24.1
	8.0	52.3	66.6	5852	9.37	429	562	11703	857		19.1
	10.0	64.9	82.6	7154	9.31	524	692	14308	1048		15.4
	12.0	77.2	98.4	8396	9.24	615	818	16792	1230		12.9
	12.5	80.3	102	8697	9.22	637	849	17395	1274		12.5
323.9	5.0	39.3	50.1	6369	11.3	393	509	12739	787	1.02	25.4
	6.0	47.0	59.9	7572	11.2	468	606	15145	935		21.3
	6.3	49.3	62.9	7929	11.2	490	636	15858	979		20.3
	8.0	62.3	79.4	9910	11.2	612	799	19820	1224		16.0
	10.0	77.4	98.6	12158	11.1	751	986	24317	1501		12.9
	12.0	92.3	118	14320	11.0	884	1168	28639	1768		10.8
	12.5	96.0	122	14847	11.0	917	1213	29693	1833		10.4

Calidades: S 275 JOH y S 355 J2H

Diámetro exterior	Espesor	Masa por unidad de longitud	Área de la sección transversal	Momento de inercia de flexión	Radio de giro	Módulo de flexión elástico	Módulo de flexión plástico	Momento de inercia de torsión	Módulo de torsión	Área superficial por metro lineal	Longitud nominal por tonelada
D	T	M	A	I	i	W _{el}	W _{pl}	I _t	C _t	A _s	m
mm	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm	cm ³	cm ³	cm ⁴	cm ³	m ² /m	m
355.6	5.0	43.2	55.1	8464	12.4	476	615	16927	952	1.12	23.1
	6.0	51.7	65.9	10071	12.4	566	733	20141	1133		19.3
	6.3	54.3	69.1	10547	12.4	593	769	21094	1186		18.4
	8.0	68.6	87.4	13201	12.3	742	967	26403	1485		14.6
	10.0	85.2	109	16223	12.2	912	1195	32447	1825		11.7
	12.0	102	130	19139	12.2	1076	1417	38279	2153		9.83
	12.5	106	135	19852	12.1	1117	1472	39704	2233		9.45
	16.0	134	171	24663	12.0	1387	1847	49326	2774		7.46
20.0	166	211	29792	11.9	1676	2255	59583	3351	6.04		
406.4	6.0	59.2	75.5	15128	14.2	745	962	30257	1489	1.28	16.9
	6.3	62.2	79.2	15849	14.1	780	1009	31699	1560		16.1
	8.0	78.6	100	19874	14.1	978	1270	39748	1956		12.7
	10.0	97.8	125	24476	14.0	1205	1572	48952	2409		10.2
	12.0	117	149	28937	14.0	1424	1867	57874	2848		8.57
	12.5	121	155	30031	13.9	1478	1940	60061	2956		8.24
	16.0	154	196	37449	13.8	1843	2440	74898	3686		6.49
	20.0	191	243	45432	13.7	2236	2989	90864	4472		5.25
25.0	235	300	54702	13.5	2692	3642	109404	5384	4.25		
457.0	6.0	66.7	85.0	21618	15.9	946	1220	43236	1892	1.44	15.0
	6.3	70.0	89.2	22654	15.9	991	1280	45308	1983		14.3
	8.0	88.6	113	28446	15.9	1245	1613	56893	2490		11.3
	10.0	110	140	35091	15.8	1536	1998	70183	3071		9.07
	12.0	132	168	41556	15.7	1819	2377	83113	3637		7.59
	12.5	137	175	43145	15.7	1888	2470	86290	3776		7.30
	16.0	174	222	53959	15.6	2361	3113	107919	4723		5.75
	20.0	216	275	65681	15.5	2874	3822	131363	5749		4.64
25.0	266	339	79415	15.3	3475	4671	158830	6951	3.75		
30.0	316	402	92173	15.1	4034	5479	184346	8068	3.17		
508.0	6.0	74.3	94.6	29812	17.7	1174	1512	59623	2347	1.60	13.5
	6.3	77.9	99.3	31246	17.7	1230	1586	62493	2460		12.8
	8.0	98.6	126	39280	17.7	1546	2000	78560	3093		10.1
	10.0	123	156	48520	17.6	1910	2480	97040	3820		8.14
	12.0	147	187	57536	17.5	2265	2953	115072	4530		6.81
	12.5	153	195	59755	17.5	2353	3070	119511	4705		6.55
	16.0	194	247	74909	17.4	2949	3874	149818	5898		5.15
	20.0	241	307	91428	17.3	3600	4766	182856	7199		4.15
25.0	298	379	110918	17.1	4367	5837	221837	8734	3.36		
30.0	354	451	129173	16.9	5086	6864	258346	10171	2.83		
610.0	6.0	89.4	114	51924	21.4	1702	2189	103847	3405	1.92	11.2
	6.3	93.8	119	54439	21.3	1785	2296	108878	3570		10.7
	8.0	119	151	68551	21.3	2248	2899	137103	4495		8.42
	10.0	148	188	84847	21.2	2782	3600	169693	5564		6.76
	12.0	177	225	100814	21.1	3305	4292	201627	6611		5.65
	12.5	184	235	104755	21.1	3435	4463	209509	6869		5.43
	16.0	234	299	131781	21.0	4321	5647	263563	8611		4.27
	20.0	291	371	161490	20.9	5295	6965	322979	10589		3.44
25.0	361	459	196906	20.7	6456	8516	393813	12912	2.77		
30.0	429	547	230476	20.5	7557	10101	460952	15113	2.33		
711.0	6.0	104	133	82568	24.9	2323	2982	165135	4645	2.23	9.59
	6.3	109	139	86586	24.9	2436	3129	173172	4871		9.13
	8.0	139	177	109162	24.9	3071	3954	218324	6141		7.21
	10.0	173	220	135301	24.8	3806	4914	270603	7612		5.78
	12.0	207	264	160991	24.7	4529	5864	321981	9057		4.83
	12.5	215	274	167343	24.7	4707	6099	334686	9415		4.64
	16.0	274	349	211040	24.6	5936	7730	422080	11873		3.65
	20.0	341	434	259351	24.4	7295	9552	518702	14519		2.93
25.0	423	539	317357	24.3	8927	11770	634715	17854	2.36		
30.0	504	642	372790	24.1	10486	13922	745580	20973	1.98		

Calidades: S 275 JOH y S 355 J2H

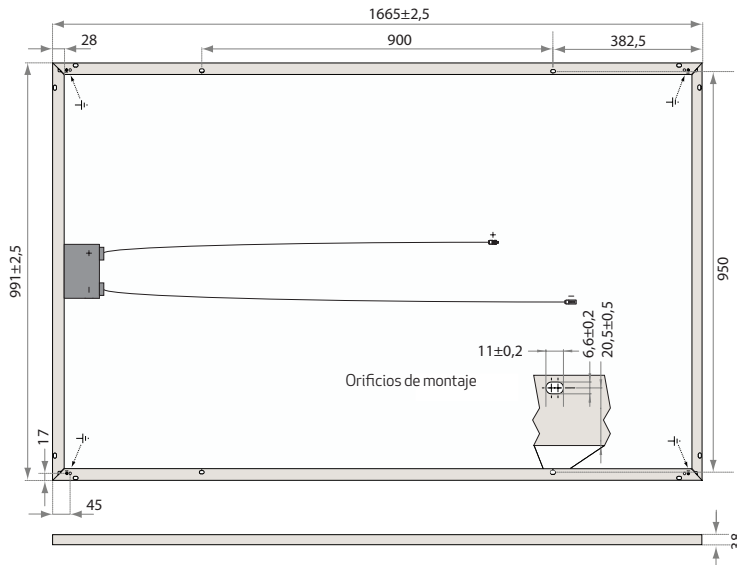


I_y → momento de inercia en el plano fuerte y-y.
 I_z → momento de inercia en el plano débil z-z.
 $W_{el,y}$ → módulo resistente elástico en el plano fuerte y-y.
 $W_{el,z}$ → módulo resistente elástico en el plano débil z-z.
 $W_{pl,y}$ → módulo resistente plástico en el plano fuerte y-y.
 (igual al doble del momento estático de media sección).
 $W_{pl,z}$ → módulo resistente plástico en el plano débil z-z.
 i_y → radio de giro en el plano fuerte y-y.
 i_z → radio de giro en el plano débil z-z.
 A_{vz} → área de cortante.
 I_t → momento de inercia de torsión.
 I_w → momento de inercia de alabeo.
 S_s → longitud de entrega.

Perfil	Peso G (kg/m)	Dimensiones					Área A (mm ²)	Área de la sección		Propiedades de la sección											
		h (mm)	b (mm)	t _w (mm)	t _f (mm)	r (mm)		A _L (m ² /m)	A _G (m ² /t)	eje fuerte y-y					eje débil z-z						
										I _y *10 ⁴ (mm ⁴)	W _{el,y} *10 ³ (mm ³)	W _{pl,y} *10 ³ (mm ³)	i _y (mm)	A _{vz} *10 ² (mm ²)	I _z *10 ⁴ (mm ⁴)	W _{el,z} *10 ³ (mm ³)	W _{pl,z} *10 ³ (mm ³)	i _z (mm)	S _s (mm)	I _t *10 ⁴ (mm ⁴)	I _w *10 ⁹ (mm ⁶)
HE 100 B	20,4	100	100	6	10	12	2.603,84	0,57	27,76	449,54	89,91	104,21	41,55	903,84	167,27	33,45	51,42	25,35	40,06	9,25	3,38
HE 120 B	26,7	120	120	6,5	11	12	3.400,84	0,69	25,71	864,37	144,06	165,21	50,41	1.096,34	317,52	52,92	80,97	30,56	42,56	13,84	9,41
HE 140 B	33,7	140	140	7	12	12	4.295,84	0,81	23,88	1.509,23	215,60	245,43	59,27	1.307,84	549,67	78,52	119,78	35,77	45,06	20,06	22,48
HE 160 B	42,6	160	160	8	13	15	5.425,50	0,92	21,56	2.492,00	311,50	353,97	67,77	1.759,50	889,23	111,15	169,96	40,48	51,57	31,24	47,94
HE 180 B	51,2	180	180	8,5	14	15	6.525,50	1,04	20,25	3.831,13	425,68	481,45	76,62	2.024,50	1.362,85	151,43	231,01	45,70	54,07	42,16	93,75
HE 200 B	61,3	200	200	9	15	18	7.808,64	1,15	18,78	5.696,17	569,62	642,55	85,41	2.483,64	2.003,37	200,34	305,81	50,65	60,09	59,28	171,13
HE 220 B	71,5	220	220	9,5	16	18	9.104,64	1,27	17,77	8.090,96	735,54	827,05	94,27	2.792,64	2.843,26	258,48	393,88	55,88	62,59	76,57	295,42
HE 240 B	83,2	240	240	10	17	21	10.599,26	1,38	16,63	11.259,29	938,27	1.053,15	103,07	3.323,26	3.922,66	326,89	498,42	60,83	68,60	102,69	486,95
HE 260 B	93	260	260	10	17,5	24	11.845,36	1,50	16,12	14.919,41	1.147,65	1.282,91	112,23	3.760,36	5.134,51	394,96	602,25	65,84	73,12	123,78	753,65
HE 280 B	103	280	280	10,5	18	24	13.137,36	1,62	15,69	19.270,25	1.376,45	1.534,43	121,11	4.110,36	6.594,52	471,04	717,57	70,85	74,62	143,72	1.130,15
HE 300 B	117	300	300	11	19	27	14.908,94	1,73	14,80	25.165,65	1.677,71	1.868,67	129,92	4.743,94	8.562,82	570,85	870,14	75,79	80,63	185,05	1.687,79
HE 320 B	127	320	300	11,5	20,5	27	16.135,44	1,77	13,98	30.823,51	1.926,47	2.149,24	138,21	5.178,19	9.238,82	615,92	939,10	75,67	84,13	225,07	2.068,71
HE 340 B	134	340	300	12	21,5	27	17.090,94	1,81	13,49	36.656,36	2.156,26	2.408,11	146,45	5.609,94	9.689,93	646,00	985,72	75,30	86,63	257,20	2.453,63
HE 360 B	142	360	300	12,5	22,5	27	18.064,44	1,85	13,04	43.193,42	2.399,63	2.682,99	154,63	6.060,69	10.141,16	676,08	1.032,49	74,93	89,13	292,45	2.883,25
HE 400 B	155	400	300	13,5	24	27	19.778,94	1,93	12,41	57.680,48	2.884,02	3.231,74	170,77	6.998,94	10.819,03	721,27	1.104,04	73,96	93,13	355,75	3.817,15
HE 450 B	171	450	300	14	26	27	21.798,94	2,03	11,84	79.887,52	3.550,56	3.982,37	191,44	7.966,94	11.721,32	781,42	1.197,66	73,33	97,63	440,48	5.258,45
HE 500 B	187	500	300	14,5	28	27	23.864,94	2,12	11,34	107.175,73	4.287,03	4.814,57	211,92	8.982,94	12.623,91	841,59	1.291,65	72,73	102,13	538,44	7.017,70
HE 550 B	199	550	300	15	29	27	25.406,94	2,22	11,15	136.690,81	4.970,57	5.590,61	231,95	10.007,94	13.076,89	871,79	1.341,14	71,74	104,63	600,33	8.855,76
HE 600 B	212	600	300	15,5	30	27	26.996,94	2,32	10,96	171.041,04	5.701,37	6.425,14	251,71	11.081,94	13.530,24	902,02	1.391,06	70,79	107,13	667,18	10.965,38

Clases de secciones						Resistencia de las secciones												Perfil
Compresión			Flexión simple yy/zz			Compresión ($N_{r,Rd} \leq N_{pl,Rd}$) (kN)			Flexión plástica ($M_{ypI,Rd}$) o elástica ($M_{yel,Rd}$) eje y-y (kNm)			Flexión plástica ($M_{ypI,Rd}$) o elástica ($M_{yel,Rd}$) eje z-z (kNm)			Cortante ($V_{pl,Rd}$) eje y-y (kN)			
S 235	S 275	S 355	S 235	S 275	S 355	S 235	S 275	S 355	S 235	S 275	S 355	S 235	S 275	S 355	S 235	S 275	S 355	
1	1	1	1	1	1	582,76	681,96	880,35	23,32	27,29	35,23	11,51	13,47	17,39	116,79	136,67	176,43	HE 100 B
1	1	1	1	1	1	761,14	890,70	1.149,81	36,98	43,27	55,86	18,12	21,21	27,37	141,67	165,78	214,00	HE 120 B
1	1	1	1	1	1	961,45	1.125,10	1.452,40	54,93	64,28	82,98	26,81	31,37	40,50	168,99	197,76	255,29	HE 140 B
1	1	1	1	1	1	1.214,28	1.420,96	1.834,34	79,22	92,71	119,67	38,04	44,51	57,46	227,36	266,06	343,45	HE 160 B
1	1	1	1	1	1	1.460,47	1.709,06	2.206,24	107,75	126,09	162,78	51,70	60,50	78,10	261,60	306,13	395,18	HE 180 B
1	1	1	1	1	1	1.747,65	2.045,12	2.640,06	143,81	168,29	217,24	68,44	80,09	103,39	320,93	375,55	484,80	HE 200 B
1	1	1	1	1	1	2.037,71	2.384,55	3.078,24	185,10	216,61	279,62	88,15	103,16	133,17	360,86	422,28	545,12	HE 220 B
1	1	1	1	1	1	2.372,22	2.776,00	3.583,56	235,70	275,82	356,06	111,55	130,54	168,51	429,42	502,51	648,70	HE 240 B
1	1	1	1	1	1	2.651,10	3.102,36	4.004,86	287,13	336,00	433,75	134,79	157,73	203,62	485,90	568,61	734,02	HE 260 B
1	1	1	1	1	1	2.940,27	3.440,74	4.441,68	343,42	401,88	518,78	160,60	187,94	242,61	531,13	621,53	802,34	HE 280 B
1	1	1	1	1	1	3.336,76	3.904,72	5.040,64	418,23	489,41	631,79	194,75	227,89	294,19	613,00	717,33	926,01	HE 300 B
1	1	1	1	1	1	3.611,27	4.225,95	5.455,32	481,02	562,90	726,65	210,18	245,95	317,50	669,11	783,00	1.010,78	HE 320 B
1	1	1	1	1	1	3.825,12	4.476,20	5.778,37	538,96	630,69	814,17	220,61	258,16	333,27	724,90	848,28	1.095,06	HE 340 B
1	1	1	1	1	1	4.042,99	4.731,16	6.107,50	600,48	702,69	907,11	231,08	270,41	349,08	783,14	916,44	1.183,04	HE 360 B
1	1	1	1	1	1	4.426,72	5.180,20	6.687,17	723,29	846,41	1.092,64	247,09	289,15	373,27	904,38	1.058,32	1.366,19	HE 400 B
1	1	2	1	1	1	4.878,81	5.709,25	7.370,12	891,29	1.043,00	1.346,42	268,05	313,67	404,92	1.029,46	1.204,69	1.555,14	HE 450 B
1	2	2	1	1	1	5.341,20	6.250,34	8.068,62	1.077,55	1.260,96	1.627,78	289,08	338,29	436,70	1.160,74	1.358,32	1.753,46	HE 500 B
1	2	3	1	1	1	5.686,32	6.654,20	8.589,97	1.251,23	1.464,21	1.890,16	300,16	351,25	453,43	1.293,19	1.513,31	1.953,54	HE 550 B
2	2	4	1	1	1	6.042,17	7.070,63	-	1.438,01	1.682,77	2.172,31	311,33	364,32	470,31	1.431,97	1.675,71	2.163,19	HE 600 B

REC PEAK ENERGY SERIES



Dimensiones del módulo en mm.

PARÁMETROS ELÉCTRICOS @ STC

	REC235PE	REC240PE	REC245PE	REC250PE	REC255PE	REC260PE
Potencia nominal - P_{MPP} (Wp)	235	240	245	250	255	260
Clasificación de la clase de potencia - (W)	0/+5	0/+5	0/+5	0/+5	0/+5	0/+5
Tensión nominal - V_{MPP} (V)	29,5	29,7	30,1	30,2	30,5	30,7
Corriente nominal - I_{MPP} (A)	8,06	8,17	8,23	8,30	8,42	8,50
Tensión a circuito abierto - V_{OC} (V)	36,6	36,8	37,1	37,4	37,6	37,8
Corriente corto circuito - I_{SC} (A)	8,66	8,75	8,80	8,86	8,95	9,01
Eficiencia del módulo (%)	14,2	14,5	14,8	15,1	15,5	15,8

Los datos analizados demuestran que el 99,7% de los módulos tienen una tolerancia de corriente y tensión del $\pm 3\%$ respecto al valor nominal. Valores en condiciones estándares de medida STC (masa de aire AM1,5, irradiancia 1000 W/m², temperatura de la célula 25°C). En bajas radiaciones de 200 W/m² y condiciones STC (1,5 AM y Temperatura de célula de 25°C) es posible obtener, al menos el 97% de la eficiencia.

PARÁMETROS ELÉCTRICOS @ NOCT

	REC235PE	REC240PE	REC245PE	REC250PE	REC255PE	REC260PE
Potencia nominal - P_{MPP} (Wp)	179	183	187	189	193	197
Tensión nominal - V_{MPP} (V)	27,5	27,7	28,1	28,3	28,5	29,0
Corriente nominal - I_{MPP} (A)	6,51	6,58	6,64	6,68	6,77	6,81
Tensión a circuito abierto - V_{OC} (V)	34,2	34,4	34,7	35,0	35,3	35,7
Corriente de corto circuito - I_{SC} (A)	6,96	7,03	7,08	7,12	7,21	7,24

Temperatura nominal de la célula (NOCT) 800 W/m², AM1,5, velocidad del viento 1m/s, temperatura ambiente 20°C.

CERTIFICADOS



IEC 61215 y IEC 61730, IEC 62716 (resistencia al amoníaco) & IEC 61701 (corrosión en presencia de niebla salina - nivel 6).



Miembro del PV Cycle

GARANTÍA

10 años de garantía de producto
25 años de garantía de la potencia nominal lineal
(máxima degradación de rendimiento del 0.7% p.a.)

15,8% EFICIENCIA

10 AÑOS DE GARANTÍA DE PRODUCTO

25 AÑOS DE GARANTÍA DE LA POTENCIA NOMINAL LINEAL

PARÁMETROS TÉRMICOS

Temp. de operación nominal de la célula (NOCT)	45,7°C ($\pm 2^\circ\text{C}$)
Coefficiente de temperatura para P_{MPP}	-0,40%/°C
Coefficiente de temperatura V_{OC}	-0,27%/°C
Coefficiente de temperatura I_{SC}	0,024%/°C

DATOS GENERALES

Tipo de célula:	60 células policristalinas REC PE 3 cadenas de 20 células con diodos de derivación
Cristal:	Vidrio solar de 3,2 mm con tratamiento antirreflectante
Lámina posterior:	Doble capa de poliéster de alta resistencia
Marco:	Aluminio anodizado
Caja de conexiones:	IP 67 Cable solar 4mm ² , 0,90 m + 1.20 m
Conectores:	MC4 (4 mm ²) Conexión MC4 (4 mm ²) Radox de cierre por torsión (4 mm ²)

LÍMITES OPERATIVOS

Margen de temperatura del módulo:	-40 ... +80°C
Voltaje máximo del sistema:	1000V
Máxima carga de nieve:	550 kg/m ² (5400 Pa)
Máxima carga de viento:	244 kg/m ² (2400 Pa)
Capacidad máxima del fusible:	25A
Máxima Corriente Inversa:	25A

DATOS MECÁNICOS

Dimensiones:	1665 x 991 x 38 mm
Área:	1,65 m ²
Peso:	18 kg

¡Atención! Las especificaciones están sujetas a cambios sin notificación previa.

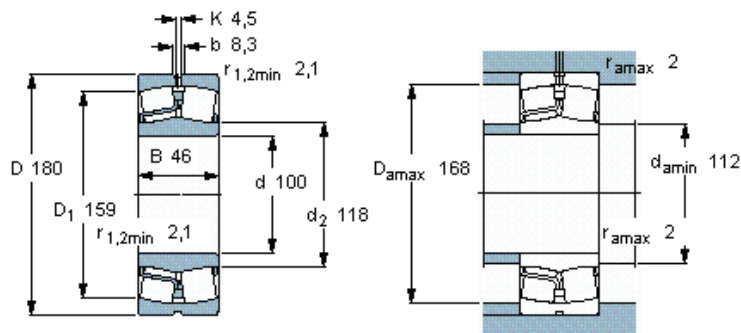
REC es una empresa líder global que suministra soluciones de electricidad solar. Con casi dos décadas de experiencia, ofrecemos productos renovables de alto rendimiento, servicios y oportunidades de inversión para empresas electrónicas y solares. Junto a nuestros socios creamos valor ofreciendo soluciones que mejor se ajustan a las crecientes necesidades globales de electricidad. Nuestros 2.300 empleados en todo el mundo generaron ingresos por más de 7 mil millones de coronas noruegas en 2012, aproximadamente 1000 millones de Euros o 1.300 mil millones de dólares.



www.recgroup.com

Rodamientos de rodillos a rótula, agujero cilíndrico y cónico

Dimensiones principales			Capacidades de carga básica		Velocidades nominales		Designación
d	D	B	dinámica	estática	Velocidad de referencia	Límite de velocidad	
			C	C0			* rodamiento SKF Explorer
mm			kN		rpm		-
100	180	46	425	490	3400	4500	22220 E *

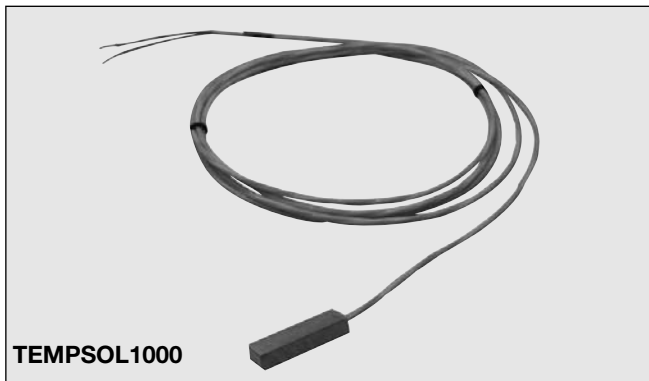


Factores de cálculo

e 0,24
 Y_1 2,8
 Y_2 4,2
 Y_0 2,8

Sonda de temperatura para panel fotovoltaico TEMPSOL

CARLO GAVAZZI



- Sonda autoadhesiva
- Tipo: sensor Pt100 o Pt1000
- Encapsulada, cuerpo de aluminio

Descripción del Producto

Sonda de temperatura con sensor Pt100 o Pt1000. Encapsulada en cuerpo de aluminio. Fácil de instalar, autoadhesiva.

Especialmente diseñada para medir la temperatura en superficies planas (como por ejemplo una placa solar).

Código de Pedido

TEMPSOL 1000

Modelo _____
 Tipo de sensor 1000 = Pt1000
 0100 = Pt100
 Opciones _____

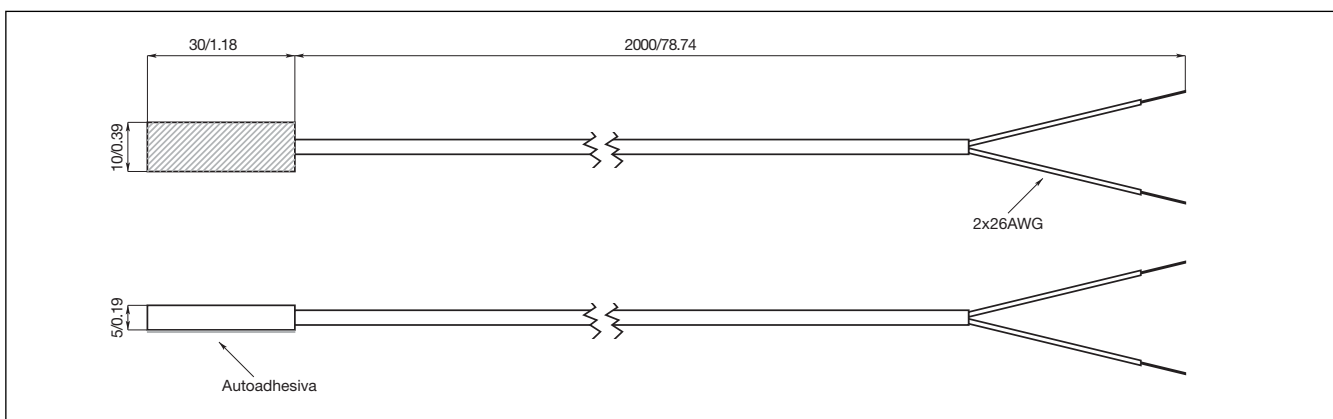
Especificaciones Generales

Sensor Pt100 y Pt1000	-30°C...+150°C (200°C máx.) -22°F...+302°F (392°F máx.)
Tolerancia	0°C ±0.3°C 32°F ±0.3°F
Precisión	Clase B, según EN60751/DIN43760

Especificaciones mecánicas

Tipo de sensor	Termorresistencia Pt100 ro Pt1000
Montaje	Autoadhesivo 30x10mm
Caja	Encapsulada en aluminio
Dimensiones (AnxLxAI) (mm/pulgadas)	10x30x5 / 0.39x1.18x0.19"
Conexión	2 hilos
Tipo	26AWG
Diámetro	2m / 6.56 pies
Longitud	Hilo de teflón blanco trenzado
Material aislante	

Dimensiones (mm/pulgadas)





Monitorización de la instalación

Anemómetro

Instrucciones de instalación



7 Datos técnicos

Valores mecánicos

Altura	160 mm
Diámetro del zócalo	50 mm
Diámetro de las aspas	134 mm
Peso	300 g

Valores de medición

Frecuencia proporcional para la velocidad del viento	100 Hz para 40 m/s
Exactitud	$\pm 0,5 \%$
Rango de medición*	de 0,8 m/s hasta 40 m/s
Resolución**	0,4 m
Frecuencia proporcional para la velocidad del viento	100 Hz para 40 m/s

* A corto plazo, también son posibles 60 m/s

** Recorrido del viento

Condiciones medioambientales durante el funcionamiento*

Temperatura ambiente	de - 25 °C hasta + 60 °C
Lugar de montaje	Exteriores

* En ausencia de heladas