

## DOCUMENTO 2: ESTRUCTURA

### 11 OBJETO

#### 11.1 ANTECEDENTES

En el CEIP Can Misses, para la sujeción de los paneles, se montará una escuadra portante metálica de aluminio triangular anclada a zapatas móviles de hormigón, para evitar así, la perforación de capas de impermeabilización y evitar, cualquier otro deterioro sobre la estructura portante/cubierta de la edificación.

Ante tal caso, es pertinente tener en cuenta dos cuestiones:

- La capacidad portante de la propia cubierta, la cual limitará la carga a instalar sobre la misma.
- La presión de succión que el viento podrá ejercer sobre las placas, generando fuerzas que inviten al levantamiento de la estructura.

Es por ello objeto de este documento fijar el número de zapatas a utilizar para garantizar la estabilidad y aguante de la estructura de placas en caso de vientos de gran velocidad.

El primer punto, queda marcado por el proyecto ejecutivo de la edificación, el cual indica la sobre carga de uso para la cual se prepara la cubierta de la edificación, objeto de la presente instalación. Según el CTE, para cubiertas transitables se establece un soporte de carga puntual de  $100 \text{ kg/m}^2$  o  $200 \text{ kg/m}^2$  si es continua.

En ningún caso se deberá ver sobrepasada por las instalaciones que se emplacen en la propia cubierta, computándose las zonas de instalación de placas como únicas afectantes a la capacidad portante en su área de emplazamiento.

#### 11.2 EMPLAZAMIENTO Y EDIFICIO

La planta fotovoltaica sobre cubierta se ubica en la edificación existente en la parcela propiedad del promotor, referenciada como CEIP Can Misses, situado en C/ Corona, 25, con código postal 07800 Eivissa.

El edificio esta constituido por una estructura de forjado unidireccional de viguetas y bovedillas que apoya en pilares de hormigón y de acero

## 12 NORMATIVA

Los principales actos normativos que afectan al dimensionamiento de la estructura y sus correspondientes contrapesos se reflejan a continuación:

Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación (BOE núm. 74, Martes 28 marzo 2006)

Ley 12/2016, de 17 de agosto, de evaluación ambiental de las Illes Balears.

Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.

### CUBIERTA

DB HS-1. Salubridad

Código Técnico de la Edificación. REAL DECRETO 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda

B.O.E.: 28-MAR-2006

### AISLAMIENTO ACÚSTICO

DB HR. Protección frente al ruido

REAL DECRETO 1371/2007, de 19 de octubre, del Ministerio de Vivienda

B.O.E.: 23-OCT-2007

Corrección de errores: B.O.E. 20-DIC-2007

Para consultar todas las modificaciones del RD 314/2006, remitirse al apartado "0.1 Normas de carácter general"

### AISLAMIENTO TÉRMICO

DB-HE-Ahorro de Energía

Código Técnico de la Edificación. REAL DECRETO 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de

Vivienda

B.O.E.: 28-MAR-2006

Para consultar todas las modificaciones del RD 314/2006, remitirse al apartado "0.1 Normas de carácter general"

### SEGURIDAD Y SALUD EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN

Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción  
REAL DECRETO 1627/1997, de 24 de octubre, del Ministerio de la Presidencia  
B.O.E.: 25-OCT-1997

**MODIFICADO POR:**

Modificación del Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura.

REAL DECRETO 2177/2004, de 12 de noviembre, por el que se modifica el Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura.

REAL DECRETO 604/2006, de 19 de mayo, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales

B.O.E.: 29-MAY-2006

Disposición final tercera del Real Decreto 1109/2007, de 24 de agosto, por el que se desarrolla la Ley 32/2006, de 18 de Octubre, reguladora de la Subcontratación en el Sector de la Construcción.

REAL DECRETO 1109/2007, de 24 de agosto, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales

B.O.E.: 25-AGO-2007

Artículo 7 de la Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio  
LEY 25/2009, de 22 de diciembre, de Jefatura del Estado

B.O.E.: 23-DIC-2009.

Modificación del Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre.

REAL DECRETO 337/2010, de 19 de marzo, del Ministerio de Trabajo e Inmigración

B.O.E.: 23-MAR-2010

**DEROGADO EL ART.18 POR:**

Modificación del Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre.

REAL DECRETO 337/2010, de 19 de marzo, del Ministerio de Trabajo e Inmigración

B.O.E.: 23-MAR-2010

Prevención de Riesgos Laborales

LEY 31/1995, de 8 de noviembre, de la Jefatura del Estado

B.O.E.: 10-NOV-1995

**DESARROLLADA POR:**

Desarrollo del artículo 24 de la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales

REAL DECRETO 171/2004, de 30 de enero, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales  
B.O.E.: 31-ENE-2004

MODIFICADA POR:

Artículo 8 y Disposición adicional tercera de la Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio  
LEY 25/2009, de 22 de diciembre, de Jefatura del Estado  
B.O.E.: 23-DIC-2009

Reglamento de los Servicios de Prevención

REAL DECRETO 39/1997, de 17 de enero, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales  
B.O.E.: 31-ENE-1997

MODIFICADO POR:

Modificación del Reglamento de los Servicios de Prevención  
REAL DECRETO 780/1998, de 30 de abril, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales  
B.O.E.: 1-MAY-1998

Modificación del Reglamento de los Servicios de Prevención

REAL DECRETO 604/2006, de 19 de mayo, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales  
B.O.E.: 29-MAY-2006

Modificación del Reglamento de los Servicios de Prevención

REAL DECRETO 337/2010, de 19 de marzo, del Ministerio de Trabajo e Inmigración  
B.O.E.: 23-MAR-2010

DEROGADA LA DISPOSICIÓN TRANSITORIA TERCERA POR:

Modificación del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero.  
REAL DECRETO 337/2010, de 19 de marzo, del Ministerio de Trabajo e Inmigración

B.O.E.: 23-MAR-2010

DESARROLLADO POR:

Desarrollo del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, en lo referido a la acreditación de entidades especializadas como servicios de prevención, memoria de actividades preventivas y autorización para realizar la actividad de auditoría del sistema de prevención de las empresas ORDEN 2504/2010, de 20 de septiembre, del Ministerio de Trabajo e Inmigración  
B.O.E.: 28-SEP-2010  
Corrección errores: 22-OCT-2010  
Corrección errores: 18-NOV-2010

Señalización de seguridad en el trabajo

REAL DECRETO 485/1997, de 14 de abril, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales  
B.O.E.: 23-ABR-1997

Seguridad y Salud en los lugares de trabajo

REAL DECRETO 486/1997, de 14 de abril, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales  
B.O.E.: 23-ABR-1997

MODIFICADO POR:

Modificación del Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura.

REAL DECRETO 2177/2004, de 12 de noviembre, del Ministerio de la Presidencia  
B.O.E.: 13-NOV-2004

Manipulación de cargas

REAL DECRETO 487/1997, de 14 de abril, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales  
B.O.E.: 23-ABR-1997

Utilización de equipos de protección individual

REAL DECRETO 773/1997, de 30 de mayo, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales

B.O.E.: 12-JUN-1997

Corrección errores: 18-JUL-1997

Utilización de equipos de trabajo

REAL DECRETO 1215/1997, de 18 de julio, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales

B.O.E.: 7-AGO-1997

MODIFICADO POR:

Modificación del Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura.

REAL DECRETO 2177/2004, de 12 de noviembre, del Ministerio de la Presidencia  
B.O.E.: 13-NOV-2004

Regulación de la subcontratación

LEY 32/2006, de 18 de Octubre, de Jefatura del Estado

B.O.E.: 19-OCT-2006

DESARROLLADA POR:

Desarrollo de la Ley 32/2006, de 18 de Octubre, reguladora de la Subcontratación en el Sector de la Construcción

REAL DECRETO 1109/2007, de 24 de agosto, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales

B.O.E.: 25-AGO-2007

Corrección de errores: 12-SEP-2007

MODIFICADO POR:

Modificación del Real Decreto 1109/2007, de 24 de agosto

REAL DECRETO 327/2009, de 13 de marzo, del Ministerio de Trabajo e Inmigración  
B.O.E.: 14-MAR-2009

Modificación del Real Decreto 1109/2007, de 24 de agosto

REAL DECRETO 337/2010, de 19 de marzo, del Ministerio de Trabajo e Inmigración  
B.O.E.: 23-MAR-2010

MODIFICADA POR:

Artículo 16 de la Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio

LEY 25/2009, de 22 de diciembre, de Jefatura del Estado  
B.O.E.: 23-DIC-2009.

## **13 ASPECTOS RELATIVOS A LA CUBIERTA**

### **13.1 DESCRIPCIÓN DE LA CUBIERTA ACTUAL**

En la cubierta actual no se han observado deficiencias principales de impermeabilización. No obstante, dada la vida útil de la instalación que se proyecta, se recomienda que se revise su estado y vida útil a fin de garantizar que no deba procederse a trabajos de dicha índole a posteriori de la instalación de la planta fotovoltaica.

### **13.2 TRATAMIENTOS A REALIZAR**

No se propone ningún tratamiento en particular.

Durante la ejecución de la obra se adoptarán todas las medidas y precauciones necesarias a fin de no dañar la capa de impermeabilización existente.

En todo caso se observarán detenidamente todos los procedimientos de montaje, a realizar por empresa especializada, a fin de garantizar la correcta ejecución de trabajos y evitar cualquier daño sobre la cubierta o sus componentes, y dejando perfectamente niveladas las zapatas estructurales de sustento y arriostre de las propias placas.

## **14 ANÁLISIS ESTRUCTURAL Y DE SOBRE CARGAS**

## 14.1 FUERZA SOBRE LA PLACA

La disposición de los paneles fotovoltaicos se corresponderá con las siguientes características:

- Inclinação de los paneles  $\alpha=30^\circ$
- Dimensiones de los paneles: 0,99 m (ancho) x 1,68 m (largo)
- Distancia entre apoyos verticales de paneles: 1,30 metros.

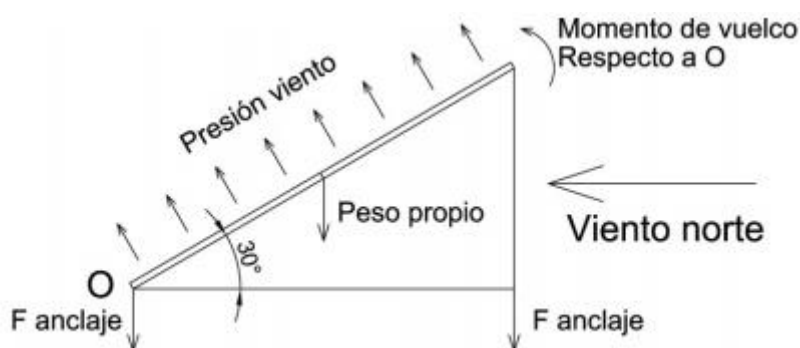


Figura 14. Representación de las fuerzas sobre el panel.

## 14.2 CARGAS DE CÁLCULO

Para calcular la acción del viento, nos basaremos en el Documento Básico de la Seguridad Estructural en Acciones en la edificación (CTE-DB-SE-AE).

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

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

siendo:

**$q_b$**  Presión dinámica del viento, en función del emplazamiento geográfico.

**$c_e$**  Coeficiente de exposición, variable con la altura.

**$c_p$**  Coeficiente eólico o de presión, dependiente de la forma y orientación.

**$q_b$ :** Presión dinámica

Puede obtenerse con la expresión que sigue:

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

Donde,

**$\delta$**  Densidad del aire 1,25 kg/m<sup>3</sup>.

**$V_b$**  Velocidad básica del viento

El valor básico de la velocidad del viento en cada localidad puede obtenerse del mapa. El de la presión dinámica es, respectivamente de 0,42 kN/m<sup>2</sup>, 0,45 kN/m<sup>2</sup> y 0,52 kN/m<sup>2</sup> para las zonas A, B y C de dicho mapa.

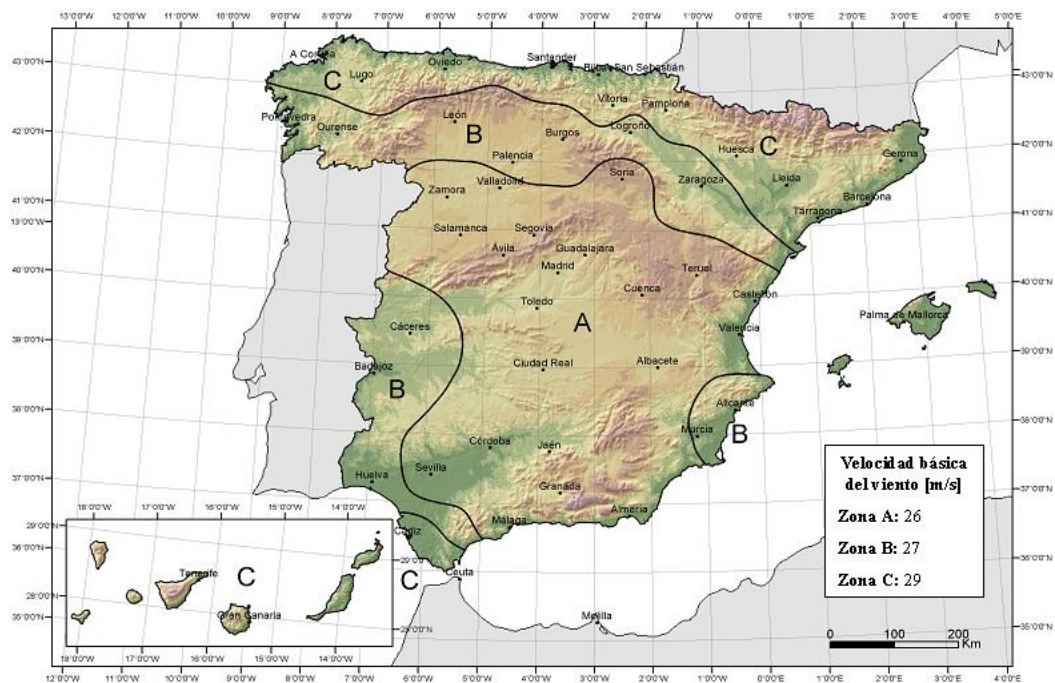


Figura 15. Mapa de zonas de diferentes velocidades de viento. [CTE]



En las Baleares corresponde una zona C, con una velocidad básica:

$$V_b = 29 \text{ m/s}$$

$$q_b = 0,5 \cdot 1,25 \cdot 29^2 = 0,631 \text{ kN/m}^2$$

$c_e$ : Coeficiente de exposición

El coeficiente de exposición, para alturas sobre el terreno,  $z$ , no mayores de 200 m, puede determinarse con la expresión:

$$c_e = F \cdot (F + 7 \cdot k)$$

Siendo,

$$F = k \cdot \ln (\text{máx. } (z, Z) / L)$$

$k$ ,  $L$ ,  $Z$  són parámetros característicos de cada tipo de entorno, según la tabla D.2 del DB consultado.

Tabla D.2 Coeficientes para tipo de entorno

Grado de aspereza del entorno		Parámetro		
		k	L(m)	Z(m)
I	Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	0,156	0,003	1,0
II	Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	0,17	0,01	1,0
III	Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	0,19	0,05	2,0
● IV	Zona urbana en general, industrial o forestal	0,22	0,3	5,0
V	Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	0,24	1,0	10,0

El entorno del proyecto se describe en el apartado IV, sustituyendo los valores en la ecuaciones anteriores se obtiene como resultado el coeficiente de exposición específico.

$$F = 0,22 \cdot \ln \left( \frac{\text{máx.}(7,5)}{0,3} \right) = 0,69$$

$$c_e = F \cdot (F + 7 \cdot k) = 0,69 \cdot (0,69 + 7 \cdot 0,22) = 1,54$$

### C<sub>p</sub>: Coeficiente de presión

Se asimilan los paneles inclinados a la tipología de construcción de “marquesina a un agua”, con una inclinación de 30°.

$$c_p = -1,5$$

### Presión estática

$$q_e = 0,631 \cdot 1,54 \cdot (-1,5) = -1,46 \text{ kN/m}^2 \text{ (SUCCIÓN)}$$

La presión estática representa la presión frontal que haría el viento si los módulos estuviesen en posición perpendicular al viento.

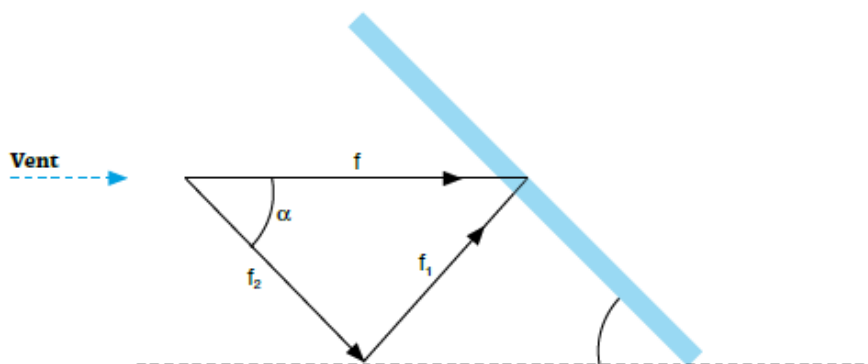


Figura 16. Descomposición fuerzas del viento [ICAEN]

La succión representa el caso en que la sujeción de los paneles es más vulnerable y viene dado por la incidencia del viento por la parte posterior de las placas (norte). En la descomposición de esta fuerza se ve que la que es paralela no afecta y es la perpendicular representada como  $F_1$  la que efectúa la fuerza de tracción que se tiene que compensar.

$$q_{e,y} = -1,46 \cdot (\text{sen } 30^\circ)^2 = -0,37 \text{ kN/m}^2$$

Al estar considerando presiones, se tendrá en cuenta el área de una placa unitaria, de forma que se pueda imputar el global una vez se distribuyan en filas los paneles:

$$\text{Área panel} = 1,68 \cdot 0,99 = 1,66 \text{ m}^2$$

$$F_q = 0,37 \cdot 1,66 = 0,61 \text{ kN}$$

Si a esta fuerza se le resta el efecto del propio peso del panel (no tendremos en cuenta el peso de la estructura que es de aluminio), queda la fuerza a contrarrestar en masa de hormigón.

$$P = 22,8 \cdot 9,81 = 0,22 \text{ kN}$$

$$F_{q,h} = 0,61 - 0,22 = 0,39 \text{ kN} \approx 40 \text{ kg/módulo}$$

Cada módulo, irá arriostrado mediante los enseres adecuados, a dos bloques, instalándose n+1 bloques de 37 kg, siendo “n” el número de bloques a efectos de asegurar la estabilidad del conjunto. De esta manera se contrarresta el efecto del viento calculado.

En caso de llevarse a cabo cualquier variación en la masa de los contrapesos (zapatas), deberá justificarse de forma expresa para garantizar la estabilidad de la estructura.

A continuación, se exponen los casos específicos seleccionados para cada área de la planta que se pretende instalar.

Las zonas donde se pretenden ubicar los módulos, no presentan desniveles acusados. Si bien, se tomarán las debidas precauciones para nivelar adecuadamente la estructura y que ningún momento pueda desestabilizar a la misma.

La composición de la planta fotovoltaica, se puede ver reflejada en los planos adjuntos.

## 14.3 CÁLCULO SOBRE ESTRUCTURA

Calculando la masa mínima de los contrapesos necesarios para contrarrestar la fuerza que pueda ejercerse sobre las placas:

$$\text{Contrapeso} = 14 \text{ módulos} \cdot 40 \text{ kg/módulo} = 560 \text{ kg}$$

A continuación, se presenta el cómputo de pesos con el propio de las placas, así como las zapatas a emplear como propia estructura:

$$14 \text{ módulos} \cdot 22,8 \text{ kg/módulo} = 319,2 \text{ kg}$$

$$15 \text{ bloques} \cdot 37 \text{ kg/bloque} = 555 \text{ kg}$$

La combinación de módulos y estructura propia con zapatas supondrá 874 kg.

La carga total sobre la estructura será de 874 kg. Dicha masa se distribuirá en 15 apoyos puntuales, distribuidos a cada 1,3 m, suponiendo:

$$\text{Carga} = \frac{\text{Peso total}}{\text{Puntos de apoyo}} = \frac{874}{15} = 58 \text{ kg/apoyo}$$

Dicha carga es inferior a la capacidad de cubierta transitable.

## 14.4 CONCLUSIONES ESTRUCTURA

### 14.4.1 DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

Las soluciones adoptadas se componen a partir de las consideraciones de cargas de succión.

Se utilizarán bloques prefabricados.

Se arriostrarán los paneles mediante cable de acero de 6 mm a peto y 3 mm entre ellos.

### 14.4.2 VALORACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

La capacidad de la cubierta en ningún caso se verá superada por la instalación de los módulos fotovoltaicos, las estructuras de las propias placas ni por el uso de pesos para asegurar que los esfuerzos de succión puedan moverlas.

Ante ello, se seguirán las premisas marcadas por el presente documento a fin de ejecutar las correspondientes estructuras para sustentación de las placas a la inclinación de 30º determinada en el documento I del presente proyecto.

Igualmente, será preciso llevar a cabo las recomendaciones de realizar pruebas previamente a la instalación de las estructuras, como llevar a cabo refuerzos en puntos con mayor incidencia, no cubiertos por edificaciones, a fin de garantizar que ninguna acción del viento pueda desestabilizar la estructura en cuestión.

Ibiza, 20 de febrero 2020

**FDO. JUAN TUR TORRES**

**Colegiado núm. 776 COEIB**

**FDO. AITOR LÓPEZ VIÑAS**

**Colegiado núm. 825 COEIB**