



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ETS INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Diseño de un aparcamiento para carga de vehículos eléctricos con captación de energías renovables en el área industrial de Tarancón (Cuenca)

Presentado por

Muelas Toledo, Alejandro

Para la obtención del

Grado en Ingeniería de Obras Públicas

Curso: 2018/2019

Fecha: Septiembre 2019

Tutor: Abel Solera Solera







ÍNDICE

DOCUMENTO Nº 1: MEMORIA Y ANEJOS

01. MEMORIA
02. ANEJO 1: REPORTAJE FOTOGRÁFICO
03. ANEJO 2: DOCUMENTACIÓN COMPLEMENTARIA
04. ANEJO 3: REALIZACIÓN MODELO 3D
05. ANEJO 4: CÁLCULO ENERGÉTICO

DOCUMENTO Nº 2: PLANOS

1. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO
2. PLANO DE PLANTA ZONA DE ACTUACIÓN
3. DIMENSIONES EN PLANTA DE LA ZONA DE ACTUACIÓN
4. ESTRUCTURA SOLAR CON MARQUESINA PARA APARCAMIENTO

DOCUMENTO Nº 3: PRESUPUESTO





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ETS INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS

TRABAJO DE FIN DE GRADO

MEMORIA

Diseño de un aparcamiento para carga de vehículos eléctricos con captación de energías renovables en el área industrial de Tarancón (Cuenca)

Presentado por

Muelas Toledo, Alejandro

Para la obtención del

Grado en Ingeniería de Obras Públicas

Curso: 2018/2019

Fecha: Septiembre 2019

Tutor: Abel Solera Solera



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Alejandro Muelas Toledo, con DNI nº 04627360-J declara que todo este trabajo indicado en esta memoria ha sido realizado exclusivamente por él y es fruto de su trabajo personal. Toda la información utilizada de otros autores ha sido debidamente referenciada.

Ninguna parte de este trabajo ha sido presentada parcial o totalmente en otras asignaturas durante mi formación académica.

Valencia 2 de septiembre de 2019

A. Muelas

Fdo: Alejandro Muelas Toledo



RESUMEN

En este Trabajo Fin de Grado se realiza la construcción de un aparcamiento que permita solventar los problemas de aparcamiento que existen en el área industrial de Tarancón (Cuenca). Para ello, se pretende realizar una zona dedicada a estos aparcamientos, incluyendo carga para vehículos eléctricos.

Por otra parte, se instalará una combinación de energías renovables para abastecer el gasto eléctrico que generan dos fábricas que se encuentran colindantes a la parcela objeto de estudio. En concreto se instalarán paneles fotovoltaicos en el techo de los aparcamientos, combinados con aerogeneradores.

Se realizará el gasto total que conlleva la instalación y el tiempo de amortización de esta, indicando el gasto eléctrico y económico de la instalación.

ABSTRACT

In this Final Degree Project, the construction of a parking lot is carried out to solve the parking problems that exist in the industrial area of Tarancón (Cuenca). For this, it is intended to make an area dedicated to these car parks, including charging for electric vehicles.

On the other hand, a combination of renewable energies will be installed to supply the electricity expenditure generated by two factories that are adjacent to the plot under study. Specifically, photovoltaic panels will be installed on the roof of the car parks, combined with wind turbines.

The total cost of the installation and the amortization time of this will be carried out, indicating the electrical and economic cost of the installation.

RESUM

En aquest Treball Fi de Grau es realitza la construcció d'un aparcament que permetia solucionar els problemes d'aparcament que existeixen en l'àrea industrial de Tarancón (Cuenca). Per a això, es pretén realitzar una zona dedicada a aquests aparcaments, incloent càrrega per a vehicles elèctrics.

D'altra banda, s'instal·larà una combinació d'energies renovables per a proveir la despesa elèctrica que generen dues fàbriques que es troben confrontants a la parcel·la objecte d'estudi. En concret s'instal·laran panells fotovoltaics en el sostre dels aparcaments, combinats amb aerogeneradors.

Es realitzarà la despesa total que comporta la instal·lació i el temps d'amortització d'aquesta, indicant la despesa elèctrica i econòmica de la instal·lació.



Agradecimientos

Me gustaría mostrar mi agradecimiento a la gente que me ha apoyado en estos años de formación, en especial a mis padres cuyo esfuerzo me ha permitido realizar mi formación Universitaria y cuyo apoyo me ha dado fuerzas para sacar mis estudios adelante.

También me gustaría mencionar a toda persona especial en mi vida, y como no a mi hermano Imanol, que me ha apoyado en todo momento y me ha ayudado en lo que estuviese en su mano además de los ánimos.

Una mención especial también para Abel, cuya ayuda ha sido indispensable en la realización de este Trabajo Fin de Grado y siempre ha estado dispuesto a trabajar y sacar tiempo para cualquier duda.

Mencionar, por último, a mis amigos, que me aguantaron durante estos años y que aportaron no solo su amistad sino su apoyo.

Para todos ellos dedico este documento con el que pongo punto final a este periodo de formación.



ÍNDICE

Memoria

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	2
RESUMEN	4
ABSTRACT	4
1. Introducción	12
1.1. Motivación	12
1.2. Objeto de estudio.....	13
1.3. Estructura de la memoria.....	14
1.4. Energía solar fotovoltaica.....	15
1.4.1. Conceptos teóricos.....	15
1.4.2. Componentes de un sistema fotovoltaico	17
1.5. Energía eólica	19
1.5.1. Conceptos teóricos.....	19
1.5.2. Componentes de un aerogenerador	22
1.6. Autoconsumo	23
1.6.1. Definición	23
1.6.2. Estado actual	24
1.6.3. Normativa de aplicación de ámbito estatal	26
2. Antecedentes	28
3. Emplazamiento.....	29
4. Situación actual	30
5. Consumo de las plantas y generación.....	31
5.1. Demanda energética	31
5.1.1. Tarifa de acceso.....	32
5.1.2. Potencia contratada	33
5.1.3. Factura de electricidad.....	34
5.2. Autoconsumo	35
6. Estudio de alternativas.....	36
6.1. Paneles fotovoltaicos	36
6.2. Aerogeneradores.....	38
6.3. Altura estructura de aparcamiento.....	40
6.4. Posición del aparcamiento	42
6.5. Altura de los aerogeneradores.....	43

7.	Descripción de la solución adoptada	44
7.1.	Paneles fotovoltaicos	44
7.2.	Aerogeneradores.....	46
7.3.	Altura y posición de la estructura	47
7.4.	Altura de los aerogeneradores.....	49
8.	Cálculo estructural y diseño	50
8.1.	Principales características de las marquesinas	50
8.2.	Hipótesis de cargas consideradas en el diseño y cálculo	50
8.3.	Descripción de la estructura	50
8.4.	Materiales empleados.....	50
8.5.	Protección frente a corrosión	51
8.6.	Cálculo	53
8.6.1.	Acciones consideradas	54
8.6.2.	Comprobaciones de cálculo	59
8.6.3.	Cimentación	61
8.6.4.	Anclaje.....	62
8.6.5.	Uniones	63
9.	Elementos de la instalación.....	64
9.1.	Viales	64
9.2.	Zonas verdes	64
9.3.	Entradas al recinto	64
9.4.	Puntos de carga de vehículos eléctricos	65
9.5.	Plazas de aparcamiento	65
9.5.1.	Plazas destinadas a vehículos convencionales.....	66
9.5.2.	Plazas para recarga de vehículos eléctricos	66
9.5.3.	Plazas para minusválidos.....	66
9.6.	Inversor fotovoltaico	66
9.7.	Señalización.....	67
9.8.	Iluminación complementaria	67
	REFERENCIAS.....	70

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Diferentes tipos de energía solar	15
Ilustración 2. Mapa del potencial eléctrico en Europa	16
Ilustración 3. Mapa del potencial eólico en Europa.....	20
Ilustración 4. Mapa del potencial eólico en España.....	21
Ilustración 5. Partes de un aerogenerador	23
Ilustración 6. Cuadro resumen de las modalidades de autoconsumo	25
Ilustración 7. Mapa de emplazamiento	29
Ilustración 8. Mapa de emplazamiento	29
Ilustración 9. Situación del recinto.....	30
Ilustración 10. Situación del recinto.....	30
Ilustración 11. Tarifas de luz 2019.....	32
Ilustración 12. Aparcamiento con techo decreciente	42
Ilustración 13. Aparcamiento con techo creciente	42
Ilustración 14. Funcionalidad según zona y altura	43
Ilustración 15. Estructura del aparcamiento.....	48
Ilustración 16. Proceso de Electrodeposición	53
Ilustración 17. Valores de velocidad básica del viento	55
Ilustración 18. Valores del coeficiente de presión en marquesina a un agua	56
Ilustración 19. Zonas climáticas de invierno	58
Ilustración 20. Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal (kN/m ²)	58
Ilustración 21. Esquema placa de anclaje	62
Ilustración 22. Tipos de carga de vehículos eléctricos	65
Ilustración 23. Proyector Led Serie PLI7 (900 W).....	67

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Energía consumida por diferentes fábricas.....	31
Tabla 2. Comparativa paneles fotovoltaicos	38
Tabla 3. Comparativa aerogeneradores.....	40
Tabla 4. Dimensión estándar de vehículos.....	41
Tabla 5. Comparativa diferentes alturas techo.....	41
Tabla 6. Comparativa diferentes alturas aerogenerador.....	43
Tabla 7. Consumo energético Incarlopsa S.A.	45
Tabla 8. Comparativa paneles fotovoltaicos	46
Tabla 9. Comparativa aerogeneradores.....	47
Tabla 10. Comparativa diferentes alturas techo.....	47
Tabla 11. Comparativa diferentes alturas aerogenerador	49
Tabla 12. Tipos de aceros	51
Tabla 13. Valores del coeficiente de exposición	55
Tabla 14. Coeficientes parciales para las acciones (ELU)	60
Tabla 15. Coeficientes de simultaneidad para la acción de la nieve.....	60
Tabla 16. Coeficientes de simultaneidad para la acción del viento	60
Tabla 17. Coeficientes parciales para las acciones (ELS).....	61



1. Introducción

1.1. Motivación

Desde hace ya unas décadas venimos necesitando un cambio en lo que a obtención de energías se refiere, el cual esté adaptado a un desarrollo sostenible y unas mejoras significativamente eficientes con respecto a las obtenciones de energía anteriores. Por eso, se vienen instalando diferentes fuentes de energías renovables (Solar, Eólica, Hidráulica, Geotérmica, etc.) que sustituyen a fuentes que podríamos considerar obsoletas para los tiempos en los que nos encontramos (Petróleo, Carbón, Gas Natural, etc.).

Avanzamos hacia una generación de abastecimiento limpia, inagotable y de calidad, ya no a nivel local, si no a nivel nacional y a un muy concienciado nivel internacional. Con esto, debemos avanzar hacia un desarrollo comprometido con el medio ambiente, donde los combustibles fósiles no son la solución a un problema emergente que se agrava día a día.

Durante los años de carrera se van viendo diferentes asignaturas, con diferentes profesores, y su diferente visión de las cosas; lo que hace interesante que se pueda crear una idea de todo este enjambre de opiniones que nos encontramos. Esto hace que realmente te des cuenta de tu objetivo, de tu lugar, y de manera muy significativa, hacia donde quieres enfocar tu trabajo el resto de tu vida.

En este contexto se sitúa este Trabajo Fin de Grado (TFG a partir de ahora), con el que se pretende llegar a unas soluciones alternativas realmente interesantes, en un mercado que está por explotar y que está llamado a ser regenerado. Por tanto, la idea fundamental y la motivación de este TFG viene encaminada a diferentes objetivos, como son las mejoras de instalaciones para la sociedad, el replanteo de la obtención de energías para las diferentes infraestructuras y las capacidades y posibilidades que albergan las energías renovables.

Para establecer las bases de este TFG se valoraron diferentes emplazamientos y las necesidades que la población necesitaba, siempre enfocadas y relacionadas con el uso o implementación de las energías renovables, donde se pretende sacar el mayor rendimiento a las intervenciones que se van a llevar a cabo. También, no solo se quería mostrar el alcance de un TFG que se queda en el olvido y cuya única función sea la de obtención del Grado.

Por lo que la idea principal era la instalación de unos paneles fotovoltaicos en una vivienda unifamiliar, lo cual causaba en parte cierta motivación, pero tras un día fortuito donde la idea ya estaba fraguada en la cabeza, sin esperar tener ninguna otra, se llegó a un polígono en desarrollo en el área de Tarancón, cuya aparición en esa zona fue meramente la de realizar la Inspección Técnica de Vehículos (ITV), un polígono con industrias emergentes con gran potencial, con muchas necesidades y esperando de alguien que las llevase a cabo. Se podían apreciar caminos asfaltados a tramos, industrias con grandes cantidades de puestos de trabajo sin instalaciones de aparcamientos que satisficiesen las necesidades requeridas, donde se podían observar coches aparcados en rotondas (se mostraran posteriormente en diferentes imágenes).

Fue entonces cuando se llegó a la conclusión de cambiar por completo la visión de este TFG y enfocarlo hacia esta zona en concreto, hacia un trabajo que tendría tres grandes funciones una vez realizado, las cuales serían:

- Proveer de energía a dos grandes industrias instauradas en esa área
- Dar un servicio de aparcamiento a las diferentes personas que deseen acceder
- Recarga de coches eléctricos

Los principales problemas generados por el uso de los combustibles fósiles son; el calentamiento global, que se acentúa debido a los gases emitidos (dióxido de carbono en su mayoría) por la combustión de , principalmente, carbón petróleo y gas natural; la polución del aire, causada por la emisión de contaminantes como los óxidos de sulfuro y los hidrocarburos, que son generados en la combustión de los combustibles fósiles; la contaminación del agua y el suelo, causada por los derrames de agua y la extracción de los combustibles. Estos efectos podrían ser eliminados o reducidos en gran medida usando tecnologías como la fotovoltaica o la eólica.

1.2. Objeto de estudio

El objeto de este proyecto es realizar el estudio del diseño de un aparcamiento para carga de vehículos eléctricos, con una instalación fotovoltaica con aerogeneradores en el área industrial de Tarancón (Cuenca) para abastecer de energía a dos fábricas que están situadas colindantes a la parcela en la que se va a llevar a cabo dicha actuación.

Al ser una instalación intencionada para abastecer las demandas de energía eléctrica, además de las necesidades de aparcamiento con carga de vehículos eléctricos, se diseñará con la intención de que la potencia generada sea lo necesario para cumplir dicha función. La instalación se conectará a la red de distribución de baja tensión de la Compañía Eléctrica. La energía producida será consumida por dos fábricas, y la sobrante (si hubiese) se inyectará a la red de la Compañía Eléctrica.

Para el diseño, se realizará un estudio para la elección del lugar más apropiado para la instalación, tanto para los aerogeneradores, como los paneles fotovoltaicos y la orientación óptima para ellas. En este estudio, se compararán las diferentes instalaciones energética y económicamente.

La inversión prevista es elevada, por lo que se realizará un plan de rentabilidad, donde podremos aproximar la TIR (Tasa Interna de Retorno) de la infraestructura. Se puede prever una rápida recuperación del capital invertido, ya que es una solución a los problemas que se encuentran de aparcamiento y al sobre coste eléctrico que desarrollan las dos fábricas existentes.

El principal objetivo de la instalación es potenciar el uso de las energías renovables y de las energías limpias, tanto en el consumo energético, con la energía fotovoltaica y eólica, como en el transporte, con los vehículos eléctricos, y así, reducir el consumo de fuentes de energía contaminantes.

1.3. Estructura de la memoria

La estructura de la memoria es la siguiente:

Capítulo 1. (Introducción): Es esta introducción. Muestra una visión general de la temática y estructura de este TFG.

Capítulo 2. (Antecedentes): Este capítulo proporciona un breve repaso a los antecedentes existentes. Básicamente, se introduce el recinto objeto de estudio, así como la diferente información de las infraestructuras cercanas.

Capítulo 3. (Emplazamiento): Se proporciona la ubicación exacta de la parcela donde se van a realizar las actuaciones pertinentes.

Capítulo 4. (Situación actual): En este capítulo se explica brevemente como están las instalaciones, tanto las del recinto objeto de estudio, como los diferentes elementos que se encuentran cercanos.

Capítulo 5. (Consumo de plantas de generación): En este apartado se analizará la energía que se demanda por las diferentes industrias que se encuentran cercanas, para así hacer una aproximación a la energía que se deben producir por las diferentes instalaciones renovables. Así como una breve explicación del método de autoconsumo que se realiza.

Capítulo 6. (Estudio de alternativas): Se puede apreciar las diferentes alternativas que podemos encontrar para la instalación de energías renovables, en lo que se refiere a posición, tipo de útiles renovables...

Capítulo 7. (Descripción de la solución adoptada): En este capítulo elegirá la mejor opción posible para las alternativas expuestas en el capítulo anterior.

Capítulo 8. (Cálculo estructural y diseño): Se realizará un cálculo detallado de las diferentes estructuras que encontramos. Las estructuras son un conjunto de perfiles IPE proporcionados por la compañía distribuidora. Los cálculos vienen dados por los datos proporcionados por dicha compañía, por lo que se exponen las bases de cálculo.

Capítulo 9. (Elementos de la instalación): Se detallan los diferentes elementos que encontramos en la instalación.

1.4. Energía solar fotovoltaica

1.4.1. Conceptos teóricos

La energía solar fotovoltaica es un tipo de energía renovable que consiste en la conversión de la radiación proveniente del sol en energía eléctrica. Esta energía se volvió muy popular a finales de la década de los 2000, debido al incremento de la demanda de energía eléctrica y a la creciente preocupación sobre los problemas de usar combustibles fósiles como fuente primaria para producir energía eléctrica.

La Radiación Solar

El sol es el responsable de prácticamente toda la energía disponible en la tierra, con excepción de las provenientes de los materiales radiactivos, las mareas lunares o el calor interno de la tierra. El sol emite una potencia por segundo de 3.86×10^{20} MW. En la atmosfera de la tierra, la energía que llega tiene un valor prácticamente constante de 1360 W/m^2 (el valor obtenido de la NASA es de $1353 \pm 21 \text{ W/m}^2$). Este valor es el denominado "constante solar".

Al atravesar la atmosfera terrestre, esta energía sufre una reducción de aproximadamente un 30% hasta su llegada a la superficie de la tierra, debido a que parte de la radiación es reflejada al espacio, y otra es esparcida aleatoriamente por la atmosfera, separándola en radiación solar directa y difusa.

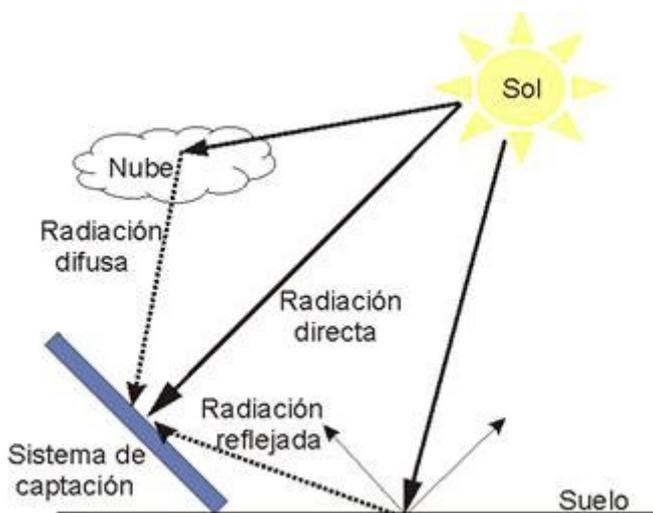


Ilustración 1. Diferentes tipos de energía solar

El valor máximo de la energía que llega a la superficie terrestre es de unos 1000 W/m^2 , que sería el valor de un día claro, a nivel del mar y siendo medio día solar. No toda la superficie es bañada con la misma cantidad de energía durante el año. La superficie con mayor intensidad es la comprendida entre las latitudes 30° Norte y 30° Sur. Esto es debido a que la cantidad de nubes, en esas latitudes, es menor. Además, se producen variaciones estacionales en la radiación que llega a la superficie terrestre causadas por el giro del eje de la tierra con respecto al sol, lo que

lleva a que la radiación que llega diariamente, en invierno, es un 80% menor que la que llega en verano, ya que el sol incide en la tierra con menor ángulo y los días son más cortos.

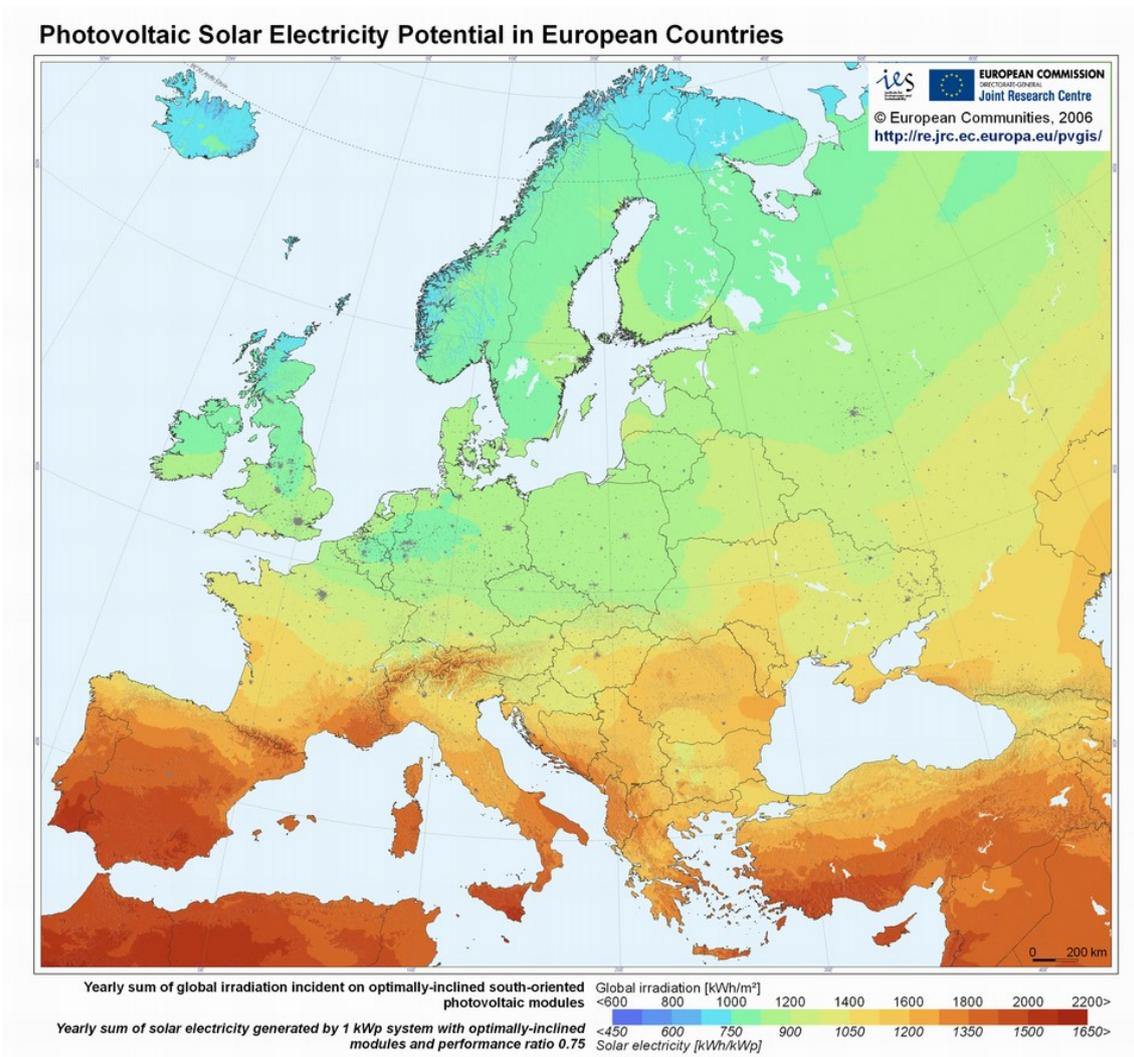


Ilustración 2. Mapa del potencial eléctrico en Europa

En la imagen podemos apreciar una escala de colores con dos valores:

En la parte superior se representa la irradiación global anual en kWh/m^2

En la parte inferior la electricidad solar generada en un sistema con inclinación óptima, en kWh/kWpico

El efecto Fotovoltaico

El fenómeno físico por el cual se convierte la luz en energía eléctrica fue observado por primera vez en 1839 por Edmund Becquerel, un físico francés, que notó la aparición de voltaje en determinados materiales cuando estos eran iluminados. Este efecto es la base del funcionamiento de las células fotovoltaicas.

Las células fotovoltaicas se construyen de materiales semiconductores, que se comportan como aislantes a baja temperaturas, y como conductores cuando hay energía o calor disponibles. La mayoría de ellas se basan en el silicio, al ser la tecnología que más tiempo lleva usándose, aunque actualmente se estén estudiando otros materiales.

El átomo de silicio posee catorce electrones colocados de tal manera que los cuatro más extremos pueden ser compartidos o dados con otro átomo. Grandes cantidades de átomos de silicio se pueden unir formando sólido, en el que cada átomo está unido mediante enlaces covalentes con otros cuatro átomos, Cada átomo de silicio está fijo a una distancia y ángulo de los cuatro átomos con los que está unido. Esta formación regular se conoce como cristal.

Cuando la luz incide en un cristal, una parte se refleja, otra lo atraviesa, y otra es absorbida. Cuando esta luz es de alta energía, al incidir con un electrón, este es liberado de su lugar en la red de silicio. La unión que ahora sólo tiene un electrón es conocida como *agujero*, adicionalmente existe un electrón que puede moverse libremente por el cristal. Estos agujeros se pueden mover también libremente por el cristal, al pasar un electrón de otro enlace al que tenía solo uno. Aunque este método no genera corriente por sí solo, necesita la existencia de una barrera interna de potencial, como puede ser la unión P-N (positivo-negativo)

Las células solares

En las células solares, los materiales utilizados generalmente para construir este "diodo" son, silicio dopado con boro para el tipo N y silicio dopado de fósforo para el tipo P, y se diseña de tal manera que se maximice la absorción de la luz.

Estos materiales se conectarán a un circuito externo, que cuando incida en él la luz se producirá una corriente eléctrica. Este fenómeno ocurre ya que, al introducirse la luz en los materiales, los electrones obtienen suficiente energía como para atravesar la barrera de potencial, produciendo así la corriente. Además, la luz provoca más pares agujero-electrón, por lo que el desequilibrio de cargas sigue existiendo y la corriente sigue generándose.

1.4.2. Componentes de un sistema fotovoltaico

Podemos clasificar las instalaciones fotovoltaicas en tres categorías, según su funcionamiento:

- Instalaciones aisladas
- Instalaciones asistidas
- Instalaciones interconectadas

En las instalaciones aisladas no existe conexión con la Red de Distribución Pública. En las instalaciones asistidas sí que existe conexión con la Red, pero nunca pueden trabajar en paralelo, una de las dos fuentes de energía será la principal y la otra será la de socorro. Por último, en las instalaciones generadoras interconectadas existe conexión con la red y normalmente están trabajando en paralelo.

Las instalaciones interconectadas pueden dividirse a tu vez en dos grupos, dependiendo del lugar de conexión, si es en la red de Baja Tensión y tiene otros circuitos conectados a la

instalación, o si es en la red de Alta Tensión, conectándose a ésta a través de un transformador elevador de tensión.

A continuación, se dará una breve descripción de los componentes típicos de una instalación generadora solar fotovoltaica:

Módulo Fotovoltaico

Un módulo fotovoltaico, o panel solar, es un conjunto de células eléctricas unidas, envueltas en una cápsula y montadas en un marco. Es el elemento primordial de toda instalación fotovoltaica, ya que se encarga de convertir la energía lumínica en eléctrica. En las instalaciones se conectan varios módulos en serie y paralelo para conseguir la potencia deseada.

Las características eléctricas para definir el funcionamiento del módulo que da el fabricante son la potencia máxima, intensidad y tensión de máxima potencia, tensión de circuito abierto e intensidad de cortocircuito. Soliendo dar estas especificaciones eléctricas a unas determinadas condiciones, generalmente una irradiación aproximada de 1000 W/m^2 y una temperatura de célula de 25°C , ya que, con estas condiciones, la potencia producida por el panel es la máxima. La potencia producida por el panel variara en función de la temperatura y la irradiación, disminuye al aumentar la temperatura y al disminuir la irradiación.

Los paneles se clasifican según la tecnología del fabricante de las células, fundamentalmente se encuentran dos tipos:

Silicio cristalino. Dentro de ellos pueden ser:

- Monocristalino (generalmente tienen mejor rendimiento)
- Policristalino

Silicio amorfo

Los paneles de silicio cristalino tienen mejor rendimiento (15-18%) que los de silicio amorfo (<10%), aunque también varía el precio.

Caja de conexión

En instalaciones con gran número de paneles, estos se agrupan en varias cadenas (paneles en serie), y las cadenas se conectan en cajas de conexión, para agrupar varias cadenas en un mismo cable, reduciendo el número de cables en la instalación. Además, las cajas de conexión poseen diodos de protección, que solo permite el paso de la corriente en una dirección, protegiendo los paneles.

Inversor

El inversor es el encargado de convertir la corriente continua creada por los módulos fotovoltaicos, en corriente alterna con similitud a la de la red eléctrica. Es fundamental en instalaciones conectadas a la red. La potencia del inversor determina la potencia máxima que se podrá suministrar y su rendimiento, generalmente en torno al 90%, será mayor cuanto mas cerca de la potencia nominal trabaje

Estructura

La estructura es la encargada de dar sujeción a los paneles, y de fijar estos en la superficie que se desee. La estructura puede ser fija, teniendo diferentes ángulos de inclinación, o variable, dotada de un seguidor que varía la posición de los paneles según donde se encuentre el sol. Los seguidores pueden ser de uno o dos ejes, variando la precisión que se desee para seguir el movimiento del sol. Los seguidores de dos ejes son capaces de mantener el panel perpendicular a los rayos de sol en todo momento produciendo un mayor rendimiento, pero al requerir un mecanismo más complejo, su coste es mayor.

Otros Elementos

En instalaciones solares aisladas de la red, en las horas del día en las que no haya luz procedente del sol no habrá disponibilidad de energía al no estar conectada la instalación a la red (por eso es una gran ayuda tener unos aerogeneradores que puedan mantener, en días de viento, los valores mínimos de electricidad). Se pueden usar también baterías o acumuladores, que acumulan la energía y permiten usarla durante estas horas. En este tipo de instalaciones se instala un sistema de regulación de carga entre los paneles y las baterías para evitar la descarga y sobrecarga de las baterías, y así, alargar su vida.

En instalaciones conectadas a la red en Alta Tensión se necesitará la instalación de un transformador, que elevará la tensión igualándola a la de la red.

También es necesaria la instalación de protección que siga la reglamentación vigente, con el fin de evitar condiciones peligrosas y/o averías o disminuciones de seguridad.

1.5. Energía eólica

1.5.1. Conceptos teóricos

La energía eólica es un tipo de energía renovable que consiste en el viento, una fuente de energía limpia e inagotable. Al igual que la energía solar, es una energía que se desarrolla a raíz de las demandas de energía eléctrica y a la preocupación de usar combustibles fósiles.

La energía eólica se está convirtiendo en una importante fuente de energía, a pesar de los costes directos ligeramente superiores al resto de energías convencionales. Esto no quiere decir que la energía eólica siempre sea más cara que el resto, ya que debido precisamente al mayor coste y las subvenciones que se está dando a este tipo de energías se está fomentando la experimentación en este tipo de tecnologías haciéndolas en muchos casos igual o más baratas que el resto de las convencionales si se toman en consideración el resto de externalidades.

El viento

La fuente de energía eólica, renovable e inagotable es el viento; es la energía mecánica que transporta el aire en movimiento, con el inconveniente de que es dispersa y aleatoria.

El viento se produce por la variación de presión atmosférica entre los diferentes puntos de la corteza terrestre, desplazando el aire desde las zonas de alta presión a las zonas de baja presión. Estas diferencias de presiones se producen, entre otras cosas, por efecto del calor solar sobre la Tierra. La energía que la Tierra recibe del Sol anualmente es de unos 2000 kWh por metro cuadrado, transformándose aproximadamente un 2% de esta energía en energía eólica.

La atmósfera funciona como una máquina térmica en la que la diferencia de temperatura existente entre los polos y el ecuador proporciona la energía necesaria para la circulación del aire y para determinar la dirección de los vientos se utiliza la veleta. La velocidad de los vientos se mide a 10 metros sobre el suelo con un aparato llamado anemómetro.

Para registrar la intensidad y dirección de los vientos se utiliza un diagrama denominado Rosa de los Vientos en el que se representa el porcentaje de viento que se produce en la zona con la dirección indicada y en módulo su escala de velocidad media.

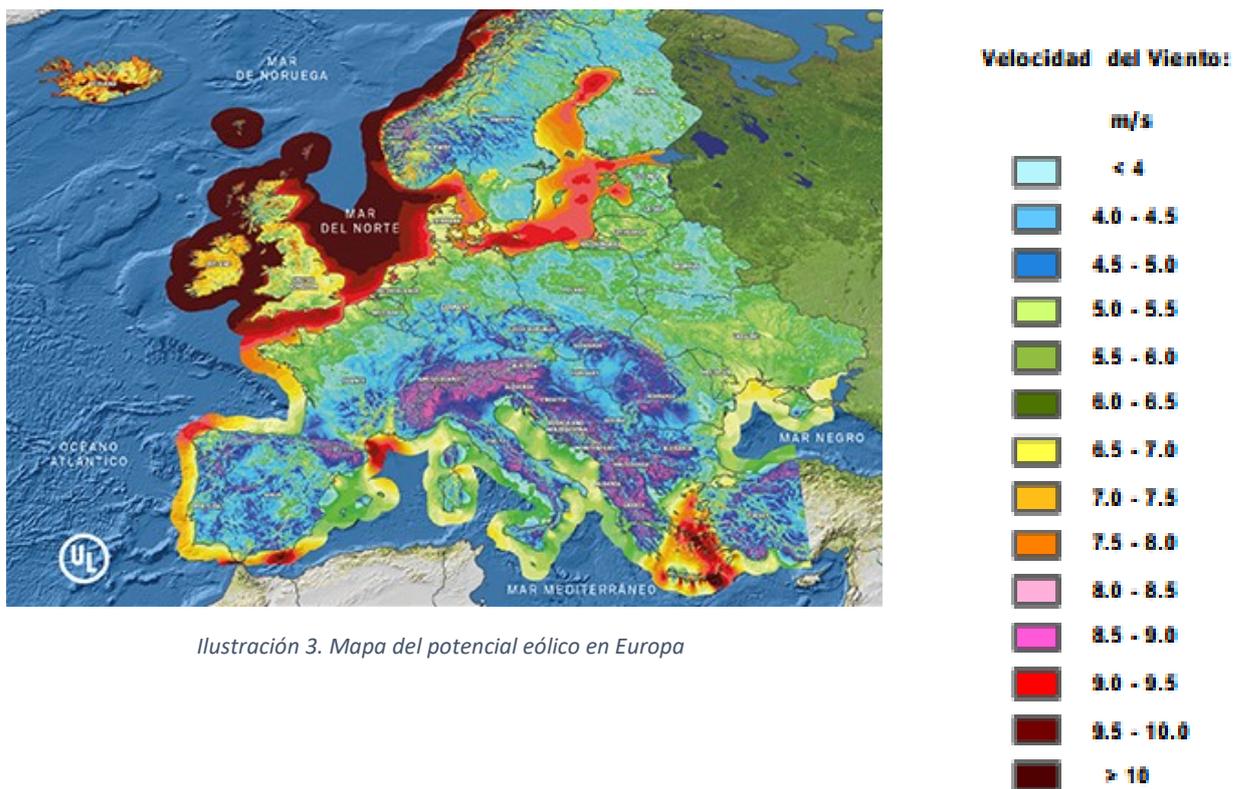


Ilustración 3. Mapa del potencial eólico en Europa



Ilustración 4. Mapa del potencial eólico en España

El aerogenerador

La velocidad idónea del viento para su aprovechamiento en producción de electricidad se sitúa en un rango entre los 5 m/s y los 12 m/s, ya que por debajo de estos valores apenas se mueven las palas de los aerogeneradores y por encima de los 15 m/s hay que pararlos para evitar que se produzcan daños en los mismos.

Se pueden encontrar dos tipos de aerogeneradores según el eje:

1. Aerogeneradores de eje horizontal

Necesitan un sistema de control de orientación al viento. Para generar electricidad se utilizan 2 o 3 palas y para trabajos mecánicos se usan hasta 24 palas. La fabricación de los lentos es más fácil que la de los rápidos especialmente por lo que se refiere a las palas del rotor, que en una rápida, requieren una construcción muy especial tanto desde el punto de vista aerodinámico como desde el punto de vista estructural.

2. Aerogeneradores de eje vertical

El tipo más conocido es el de Darrieus y su ventaja principal es que captan el viento proveniente de cualquier dirección, aunque tienen mayor fatiga mecánica que los de eje horizontal y necesitan un pequeño motor para arrancarlos.

El aerogenerador de eje horizontal con rotor tripala a barlovento es el modelo más utilizado para generar electricidad.

1.5.2. Componentes de un aerogenerador

Torre

Soporta la góndola y el rotor. Hoy en día suelen ser tubulares de acero. Las de celosía (perfiles de acero soldados) son más económicas, pero han dejado de usarse por estética y por ser más incómodas e inseguras para los trabajadores. En terrenos rugosos, las torres más altas captarán vientos de mayor velocidad.

Rotor

Conjunto formado por las palas y el buje que las une. Sirve para transformar la energía cinética del viento en energía mecánica. Cuanto mayor sea el área barrida del rotor mayor será la producción. Los rotores pueden ser de paso variable (que permiten girar sobre sí mismas a las palas) o de paso fijo (en el que no pueden girar). También puede ser de velocidad variable (cuando la velocidad de giro del rotor es variable) o constante.

Palas

Las palas de un aerogenerador son muy similares a las alas de un avión. Hoy en día, la mayoría de las turbinas cuentan con tres palas. Y suelen ser de poliéster o epoxy reforzado con fibra de vidrio.

Góndola

En su interior contiene los diferentes dispositivos que van a transformar la energía mecánica del rotor en energía eléctrica. Además, en su exterior cuentan con un anemómetro y una veleta que facilitan información continua a todo el sistema para su control.

Multiplicador

Multiplica la velocidad de giro que llega del rotor para adaptarla a las necesidades del generador. El movimiento de giro de los aerogeneradores suele ser bastante lento. El rotor de una turbina de 1.500 kW de potencia, por ejemplo, suele girar a una velocidad de entre 10 y 20 revoluciones por minuto (r.p.m.). El multiplicador aumentará esta velocidad hasta las 1.500 r.p.m.

Generador

Transforma la energía mecánica en energía eléctrica, tal y como hace la dinamo de una bicicleta, aunque generando normalmente corriente alterna. El alternador puede ser síncrono o asíncrono. El primero suministra una energía de mayor calidad, pero es más caro y complejo. Esta es la razón por la que el asíncrono es el más extendido de los dos.

Controlador electrónico

Un ordenador controla continuamente las condiciones de funcionamiento del aerogenerador mediante el análisis de las señales captadas por múltiples sensores que miden temperaturas, presiones, velocidad y dirección del viento, tensiones e intensidades eléctricas, vibraciones...

Sistemas hidráulicos

Elementos auxiliares que permiten el accionamiento del giro de las palas sobre su eje, así como el frenado del rotor o el giro y frenado de la góndola.

Sistema de orientación

Los aerogeneradores disponen de un sistema de orientación que, con ayuda de los datos recogidos por la veleta, coloca siempre el rotor de manera perpendicular al viento.

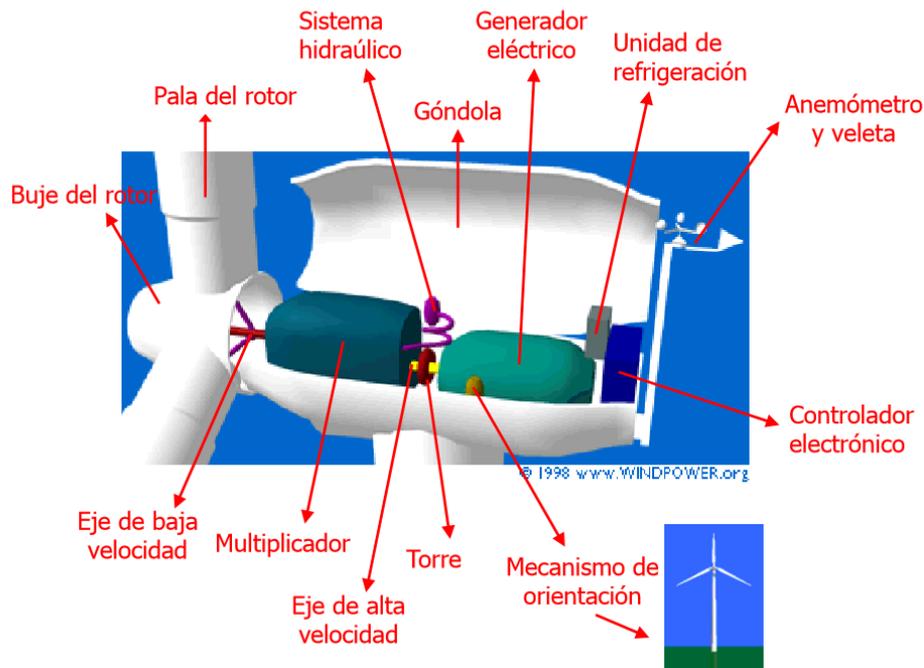


Ilustración 5. Partes de un aerogenerador

1.6. Autoconsumo

1.6.1. Definición

El cuidado del medioambiente se ha convertido en una prioridad y dos de sus pilares básicos son el ahorro energético y el uso de energías renovables. En relación con todo lo anterior surgen conceptos como el autoconsumo eléctrico como una forma de autoabastecimiento, protección del medioambiente y ahorro, por lo que vamos a analizar en qué consiste.

El autoconsumo eléctrico se puede definir como la producción de energía eléctrica a través de paneles solares u otros dispositivos para satisfacer la necesidad de energía. Se puede hablar de dos tipos de autoconsumo eléctrico:

El que se conecta a la red. En este caso la infraestructura obtiene parte de la energía eléctrica de forma autónoma, a través de paneles solares u otros dispositivos, y, otra parte, mediante la red de distribución.

El que no se conecta a la red. En este supuesto la vivienda se autoabastece totalmente desde un punto de vista eléctrico. La ventaja de la desconexión es evidente, puesto que no se paga la factura de la electricidad ni ningún importe a las compañías distribuidoras.

La desventaja es el alto coste que requiere la instalación de los paneles y las baterías necesarias. No obstante, el coste de la instalación se amortiza a lo largo del tiempo, con el ahorro que supone el no estar conectado a la red.

1.6.2. Estado actual

El Real Decreto 244/2019 por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica establece las condiciones administrativas, técnicas y económicas para las modalidades de autoconsumo de energía eléctrica definidas en el artículo 9 de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.

Lo dispuesto en este Real Decreto resulta de aplicación a las instalaciones y sujetos acogidos a cualquiera de las modalidades de autoconsumo de energía eléctrica definidas en el artículo 9 de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.

Así, las instalaciones de autoconsumo deberán pertenecer a una de las siguientes modalidades:

1. Autoconsumo SIN excedentes

Instalaciones de autoconsumo conectadas a la red de distribución o transporte que disponen de un sistema antivertido tal que impida la inyección de energía eléctrica excedentaria a la red de transporte o de distribución.

2. Autoconsumo CON excedentes

Instalaciones que además de suministrar energía eléctrica para autoconsumo, pueden inyectar energía excedentaria en las redes de transporte y distribución. A este grupo pertenecerán las instalaciones de producción próximas y asociadas a las de consumo (tanto en red interior como las que utilicen la red de distribución o transporte).

Dentro de este grupo las instalaciones con excedentes podrán ser:

2.a) Autoconsumo CON excedentes ACOGIDA A COMPENSACIÓN

Instalaciones de autoconsumo con excedentes en los que productor y consumidor optan por acogerse al sistema de compensación de excedentes.

El consumidor utiliza la energía procedente de la instalación de autoconsumo cuando la necesita; pudiendo comprar energía de la red en los momentos en que esta energía no sea suficiente.

Cuando no se consume la totalidad de la energía procedente de la instalación de autoconsumo, ésta puede inyectarse a la red y, en cada periodo de facturación, la factura emitida por la comercializadora compensará el coste de la energía comprada a la red con la energía excedentaria valorada al precio medio del mercado horario (para consumidores PVPC) o al precio acordado con la comercializadora, aplicándose posteriormente los peajes e impuestos que procedan. En ningún caso el resultado podrá ser negativo.

Para ello es necesario que se cumplan todas las condiciones siguientes:

- i. La fuente de energía primaria sea de origen renovable.
- ii. La potencia total de las instalaciones de producción asociadas no sea superior a 100 kW.
- iii. En su caso, el consumidor haya suscrito un único contrato de suministro para el consumo asociado y para los consumos auxiliares con una empresa comercializadora.
- iv. El consumidor y productor asociado hayan suscrito un contrato de compensación de excedentes de autoconsumo definido en el artículo 14 del real decreto
- v. La instalación de producción no esté sujeta a la percepción de un régimen retributivo adicional o específico.

2.b) Autoconsumo CON excedentes NO ACOGIDA A COMPENSACIÓN

Pertenerán a esta modalidad, todos los autoconsumos con excedentes que no cumplan con alguno de los requisitos para pertenecer a la modalidad anterior o que voluntariamente opten por no acogerse a ella. En este caso, los excedentes se venderán en el mercado eléctrico.

Dentro de cada modalidad de autoconsumo, el autoconsumo podrá clasificarse en individual, si solo existe un consumidor asociado a la instalación de producción o colectivo, si se trata de varios consumidores asociados a las instalaciones de producción próximas.

Autoconsumo INDIVIDUAL Un consumidor asociado ○ Autoconsumo COLECTIVO Varios consumidores asociados	Instalación PRÓXIMA en RED INTERIOR Conexión Red interior	SIN excedentes Existen mecanismos anti-vertido CON excedentes ACOGIDA a compensación Fuente renovable Potencia de producción ≤ 100kW Contrato único consumo-auxiliares Contrato de compensación No hay otro régimen retributivo
	Instalación PRÓXIMA a TRAVÉS DE RED Conexión a red BT del mismo centro de transformación. Distancia entre contadores generación-consumo < 500m. Misma referencia catastral (14dígitos)	CON excedentes NO ACOGIDA a compensación Resto de instalaciones con excedentes CON excedentes NO ACOGIDA a compensación Instalaciones con excedentes

Ilustración 6. Cuadro resumen de las modalidades de autoconsumo

En cualquiera de las dos modalidades de autoconsumo descritas (sin excedentes o con excedentes), el consumidor y el propietario de la instalación generadora (o instalaciones generadoras, de una o varias tecnologías) pueden ser personas físicas o jurídicas diferentes.

Podrán instalarse elementos de almacenamiento en todas las modalidades de autoconsumo.

Para acogerse a cualquier modalidad de autoconsumo, es necesario que el consumidor o consumidores asociados dispongan de un contrato de suministro.

Los consumidores que no dispongan de un contrato de acceso para sus instalaciones de consumo, deberán suscribir un contrato de acceso con la empresa distribuidora directamente o a través de la empresa comercializadora.

Debe tenerse en cuenta que un consumidor sólo podrá estar asociado a una modalidad de autoconsumo a la vez. Sin embargo, en las instalaciones de autoconsumo colectivo, podrán participar instalaciones de generación conectadas en la red interior de los consumidores e instalaciones de generación conectadas a través de red, siempre que éstas últimas cumplan con los criterios que se exigen a las instalaciones próximas a través de red.

1.6.3. Normativa de aplicación de ámbito estatal

Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico (texto consolidado). BOE nº 310 de 27 de diciembre de 2013.

Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores. BOE nº 242 de 6 de octubre de 2018.

Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo. BOE nº 423 de 10 de octubre de 2015.

Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica. BOE nº 83 de 6 de abril de 2019

Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica (texto consolidado). BOE nº 310 de 27 de diciembre de 2000.

Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia. BOE nº 3295 de 8 de diciembre de 2011.

Real Decreto 222/2008, de 15 de febrero, por el que se establece el régimen retributivo de la actividad de distribución de energía eléctrica. BOE nº 67 de 18 de marzo de 2008.

Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión (texto consolidado). BOE nº 224 de 18 de septiembre de 2002.



Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23. BOE nº 139 de 9 de junio de 2014.

Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico (texto consolidado). BOE nº 224 de 18 de septiembre de 2007.

Real Decreto Legislativo 2/2004 de 5 de marzo por el que se aprueba el texto refundido de la Ley Reguladora de las Haciendas Locales. BOE nº 59 de 9 de marzo de 2004.

Ley 49/1960 de 21 de julio sobre propiedad horizontal (texto consolidado). BOE nº 176 de 23 de julio de 1960.

2. Antecedentes

El ámbito objeto de estudio, abarca un término del área industrial de Tarancón, siendo ésta una zona donde las infraestructuras que encontramos colindantes al recinto fueron construidas en el año 2004, con ampliación en 2011. Lo que trajo con ellas el asfaltado de las calles de acceso a las mismas y, por tanto, de comunicación con el resto del polígono.

Tarancón es el segundo municipio más poblado de la provincia, tras Cuenca, con una población, según el INE en 2018, de 14.990 habitantes y una superficie total de 106,84 km². Este municipio ha obtenido un incremento considerable de la población en los últimos años, puesto que aumentaron los puestos de trabajo, principalmente gracias al grupo Incarlopsa (suministrador de carne del grupo Mercadona S.A.) quien con su imparable ampliación ha conseguido crear diferentes fábricas, las cuales han requerido una demanda importante de empleo. Esto se traduce en una mayor habitabilidad y, por tanto, un incremento del servicio para los ciudadanos.

La construcción de infraestructuras en esta zona trae consigo la comunicación de dicha zona industrial, estando ésta en vías de desarrollo, donde las demandas requeridas (tráfico, aparcamiento, electricidad...) han sido muy elevadas, no estando preparado para ello. Por eso, desde un punto de vista medioambiental y ético se está acomodando la zona industrial para dar un mayor servicio a la población.

El mayor problema que viene teniendo años atrás es las plazas de aparcamiento, donde se puede observar donde los diferentes vehículos vienen aparcando en zonas no aptas para ello, incluso en bordes externos de rotondas.

La parcela, según en SIGPAC (con información vigente a fecha 03/01/2019) ha sido destinada a tierras arables, puesto que con anterioridad hablábamos de una zona de campo donde no se encontraba urbanizada. En la actualidad se puede observar un tramo totalmente accesible y una calle en vías de desarrollo.

El recinto que encontramos dentro del área industrial de Tarancón no posee las mismas características que años atrás, donde en esta zona se puede observar la predominancia de campos para labores agrarias y, poco a poco se ha ido mermando el terreno para estas labores, dando paso a una zona totalmente industrializada.

3. Emplazamiento

El término objeto de estudio, podemos encontrarlo en el área industrial de la localidad de Tarancón (Cuenca), perteneciente a la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha, muy cercano a la antigua carretera N-III, conocida como "Carretera Madrid-Valencia" y que interseca con la N-400.

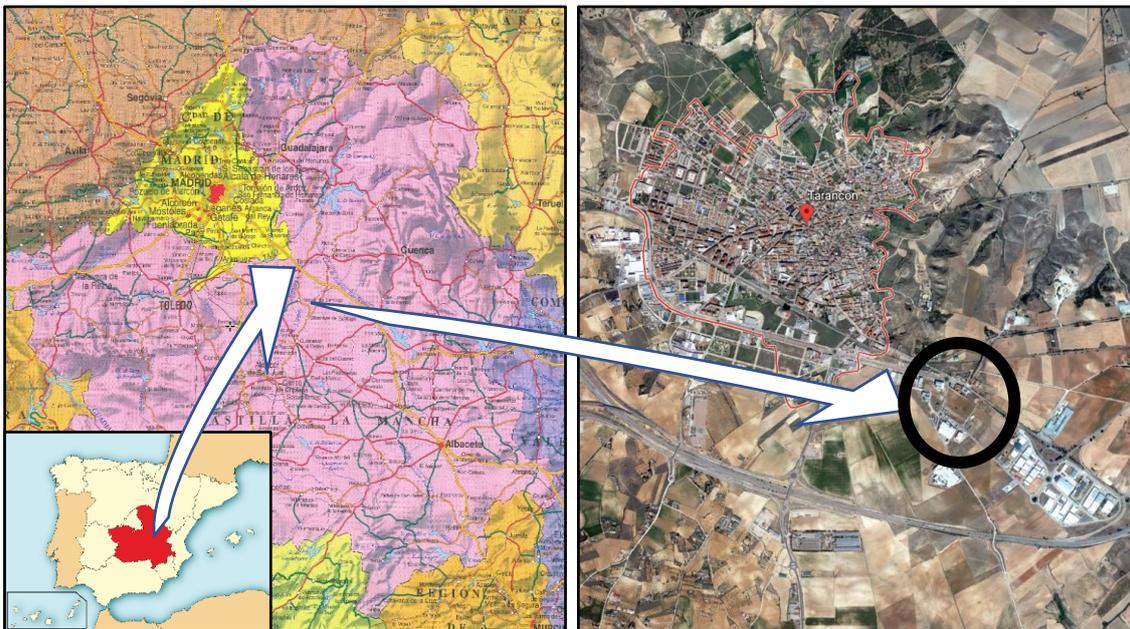


Ilustración 7. Mapa de emplazamiento

El área urbana se divide del área industrial mediante la carretera CM-200, entre Tarancón y Horcajo de Santiago. Dicha carretera se encuentra al Oeste del emplazamiento y, por tanto, se puede observar cómo dicho emplazamiento se sitúa en la parte más cercana al área urbana.



Ilustración 8. Mapa de emplazamiento

4. Situación actual

El recinto, en la actualidad, se encuentra sin ningún uso, puesto que pertenece a un polígono industrial desde hace escasos años. Este terreno está a expensas de replanteo debido al cambio sufrido en esta área. Las calles que se encuentran cercanas han sido construidas recientemente o incluso quedando zonas sin asfaltar.

EL tráfico es elevado y la demanda de aparcamiento excede a lo establecido, por lo que la circulación es complicada y en las horas donde se produce cambios de turno se producen marcados colapsos. En las siguientes imágenes se puede apreciar la gran afluencia de vehículos (hablamos no solo de vehículos ligeros, si no de vehículos pesados).



Ilustración 9. Situación del recinto

**(Como dato relevante, se puede apreciar en la entrada a planta un vendedor de loterías y apuestas del estado, lo que viene a decir que la afluencia de gente es elevada)*



Ilustración 10. Situación del recinto

5. Consumo de las plantas y generación

5.1. Demanda energética

Se ha obtenido el consumo, de los diferentes meses, que tiene las plantas a las cuales el diseño de este aparcamiento va a abastecer.

La energía consumida por dichas plantas durante el año 2018 es la siguiente (expresada en kWh):

		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Corte y envasado	Electricidad	668.613	607.095	607.264	609.729	630.656	672.165
Corte y envasado	Gas Natural	162.377	147.437	158.823	140.238	138.144	143.812
Elaborados	Electricidad	1.334.912	1.159.635	1.300.639	1.344.477	1.414.501	1.442.005
Elaborados	Gas Natural	3.370.683	2.782.106	3.069.513	3.104.187	3.289.068	3.059.906

		Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Corte envasado	Electricidad	698.288	758.334	667.163	667.771	677.323	789.985
Corte envasado	Gas Natural	139.658	151.667	142.742	154.801	164.493	201.446
Elaborados	Electricidad	1.391.676	1.543.037	1.424.882	1.345.531	1.381.413	1.344.536
Elaborados	Gas Natural	3.134.575	3.175.166	2.972.510	3.362.419	3.510.195	3.272.751

Tabla 1. Energía consumida por diferentes fábricas

Mediante este proyecto se podrá ejecutar las diferentes instalaciones para abastecer esta energía requerida.

En el consumo de luz de cualquier infraestructura no se consume siempre la potencia contratada, por lo que hay veces que existe un incremento de consumo o una disminución de este.

Como más adelante se podrá apreciar con más detalle la interpretación de la factura de luz, para avanzar con el cálculo del aparcamiento solar, tomaremos como dato el proporcionado por las empresas que se abastecerán de la generación.

5.1.1. Tarifa de acceso

Se distinguen varias tarifas según la potencia contratada y la energía consumida. En esta infraestructura, tomando los datos proporcionados por la misma empresa, nos encontramos en un consumo mensual bastante elevado

Aquí se muestra las diferentes tarifas que se pueden encontrar:

APLICACIÓN DE TARIFAS DE ACCESO														
TARIFA	2.0A	2.0DHA	2.0DHS	2.1A	2.1DHA	2.1DHS	3.0A	3.1A	6.1A	6.2	6.2	6.3	6.4	6.5
TENSIÓN	<1kV	<1kV	<1kV	<1kV	<1kV	<1kV	<1kV	≥1kV y <36kV	≥1kV y <30kV	≥30kV y <36kV	≥36kV y <72.5kV	≥72.5kV y <145kV	≥145kV	Conexiones internacionales
POTENCIA	≤10kW	≤10kW	≤10kW	>10kW y ≤15kW	>10kW y ≤15kW	>10kW y ≤15kW	>15kW	≤450kW	>450kW en algún periodo	>450kW en algún periodo	S/R	S/R	S/R	S/R
PERIODOS	1	2	3	1	2	3	3							6

Ilustración 11. Tarifas de luz 2019

En esta instalación el tipo de tarifa que existe es la **3.1A**, ya que la potencia contratada excede de los 15 kW, mientras que en ningún caso excede los 450 kW.

La tarifa 3.1 A ofrece una potencia igual o inferior a 450 kW y una red conectada a un suministro de 36 kV, constituyéndose como una tarifa de media y alta tensión. Otra de sus características más relevantes es que está dividida en tres períodos horarios.

En otras palabras y para aclarar dudas: esta tarifa aporta 1 kV y 36 kV de energía y una potencia igual o inferior a los 450 kW.

Asimismo, estos períodos horarios se constituyen en término de energía y de potencia. Este hecho permite que los clientes y usuarios puedan contratar el valor y la cantidad de energía necesaria en cada período, en función de sus necesidades energéticas.

No obstante, y en términos legales, esta contratación debe establecer que la potencia del último período, el denominado P3, sea igual o superior a la del segundo período o P2. Ésta, además, debe ser mayor o igual a la del primer período o P1. Ninguno de ellos puede superar los 450 kW de potencia.

Los tres períodos de la discriminación horaria en la tarifa 3.1 A son:

- Periodo Punta: abarca 6 horas al día y su coste es el más elevado de todos.
- Periodo Llano: con un precio medio, en comparación con los otros dos, este período dura 10 horas.
- Periodo Valle: este período acoge 8 horas nocturnas, las cuales son las más económicas

El término de potencia es el importe fijo en la factura, independientemente del consumo energético que haga el cliente. Este término se rige por la potencia eléctrica contratada y no varía nunca, a no ser que la compañía informe de ello por distintos motivos de mercado. Se muestra en la factura mediante los kW.

El precio del término de consumo es el que varía dentro de la factura de eléctrica. En el caso de esta tarifa, es diferente dependiendo del periodo en el que se encuentre. Ya que cada periodo tiene un precio diferente, esta es la ventaja de la discriminación horaria o tarifa nocturna como se llamaba anteriormente. Se muestra en la factura mediante los kWh.

La tarifa 3.1 A también posee, como cualquier otra tarifa energética, un valor de coste y un valor de acceso:

- Tarifa de coste: esta tarifa incluye el coste de la electricidad en el mercado, algo que puede variar en función de las oscilaciones del mismo, y el tanto por ciento de beneficio que la comercializadora desea adquirir.
- Tarifa de acceso: cantidad que cubre los gastos del sistema variables y fijos, es decir, el valor que tiene el transporte de la energía hasta los puntos de suministro desde los cuales la comercializadora adquiere la electricidad.

5.1.2. Potencia contratada

Como se explicó anteriormente, en la tarifa 3.1A, se observan tres periodos horarios en los que se consume energía y por tanto se debe contratar una potencia fija para cada discriminación horaria.

Para poder acercarse a lo contratado se debe tener en cuenta que las industrias realizan labores continuas e ininterrumpidas, por lo que el consumo será muy parecido en las diferentes franjas horarias.

Aquí se puede apreciar la potencia contratada en cada periodo:

- Periodo Punta: 450 kW
- Período Llano: 450 kW
- Período Valle: 450 kW

Bien es cierto que en la factura de luz no solo se abona la cantidad relativa a la energía consumida, ya que esto es una pequeña parte de lo que realmente se paga en una factura.

Es importante saber que es cada término, en el caso de la potencia contratada explicado por la compañía eléctrica es ``importe de un término fijo que se calcula multiplicando la potencia contratada (kW) por el número de días del periodo de facturación y por el precio del kW``; mientras que el consumo facturado o energía facturada es ``importe del consumo que has realizado durante el período facturado. Se calcula multiplicando el consumo de dicho periodo (kWh) por el precio del kWh``.

5.1.3. Factura de electricidad

Se puede hacer un desglose de una factura estándar que tienen las industrias objeto de estudio, calculada a partir de los datos proporcionados por la empresa, además de los obtenidos en la tabla de peajes eléctricos de 2019 (se puede encontrar en el "Anejo II: Documentación complementaria")

ENERGÍA

Potencia facturada	PP 450 kW x 4,931122 €/kW	2.219,01 €
	PLL 450 kW x 3,040891 €/kW	1.368,40 €
	PV 450 kW x 0,697311 €/kW	313,79 €
Total importe de potencias		3.901,20 €
Energía facturada	P 2708 kWh x 0,115118 €/kWh	311,74 €
	LL 2708 kWh x 0,012754 €/kWh	262,82 €
	V 2708 kWh x 0,007805 €/kWh	181,29 €
Total Energía 8.125 kWh		755,85 €
Energía reactiva	P1 828,77 kVArh x 0,042554	35,27 €
Total energía reactiva		35,27 €
Impuesto sobre electricidad	5,11269632% s/4657,04 €	238,10 €
TOTAL ENERGÍA		4.930,41 €

SERVICIOS Y OTROS CONCEPTOS

Alquiler equipos medida	30 días x 2,780542 €/día	83,42 €
TOTAL SERVICIOS Y OTROS CONCEPTOS		83,42 €

IMPORTE TOTAL

IVA 21% s/5.013,83

TOTAL IMPORTE FACTURA

5.2. Autoconsumo

Esta instalación se acogerá a autoconsumo con excedentes sin acogida a compensación, puesto que la producción supera los 100 kW. Dicho excedente será inyectado a la red con opción a poder sufragar futuras ampliaciones de las fábricas a las que va a suministrar de energía, pudiendo realizar un abastecimiento a las diferentes infraestructuras que se encuentran cercanas al recinto en el que se va a realizar la actuación.

Dentro de cada modalidad de autoconsumo, el autoconsumo podrá clasificarse en individual, si solo existe un consumidor asociado a la instalación de producción o colectivo, si se trata de varios consumidores asociados a las instalaciones de producción próximas.

Como en principio la instalación será diseñada para realizar el abastecimiento de dos fábricas, las cuales comparten el mismo consumidor asociado, podremos catalogarla de como un autoconsumo individual.

No se deberá diseñar para abastecer solamente las necesidades energéticas de las industrias, sino que para ello tendremos en cuenta los siguientes factores:

- Consumo energético medio
- Consumo energético pico
- Posibles ampliaciones

La instalación que se va a llevar a cabo no puede pertenecer a otro modo de consumo puesto que la potencia excede de manera considerable lo mínimo para ser remunerada.

Pueden existir mecanismos anti-vertido que no dejen el paso de la energía sobrante a la Red Eléctrica, pero estos equipos requieren de mayor inversión y no es necesario el uso de ellos, ya que el excedente energético se inyectará a la Red para que se pueda comercializar con ella.

6. Estudio de alternativas

6.1. Paneles fotovoltaicos

Se pueden encontrar infinidad de paneles solares con distintas características, aquí se presentan los diferentes modelos que según varios estudios realizados en el año 2019 marcan como los mejores paneles del mercado, Para ilustrar todo esto, nos hemos basado en el "DNVGL" y el "PV+Test" realizado por la prestigiosa certificadora alemana TÜV Rheinland y en la lista de los paneles solares más eficientes en 2018.

Se realizará una comparativa para ver cuáles de estos paneles solares se acoplan mejor a la demanda que se precisa, lo que nos dará una aproximación hacia el diseño del aparcamiento con captación de energías renovables objeto de estudio.

SunPower SPR-X22370

El panel SunPower SPR-X22-360 es probablemente el módulo con mejor estética y rendimiento que existe. Su eficiencia y su potencia en tan solo 1,63m² de superficie lo hacen perfecto como placa solar para viviendas, donde el espacio en el tejado es reducido, y también para proyectos de mayor tamaño que necesitan máximo rendimiento para mejor rentabilidad.

- Eficiencia mínima: 22,7%
- Potencia Unitaria: 370 W
- Tamaño: 1.559 x 1.046 m
- Número de células: 96 células
- Silicio: Monocristalino
- Peso: 18,6 kg
- Garantía de producto: 25 años
- Garantía de rendimiento: 25 años
- Precio: 413,00 €/panel



LG LG360Q1C-A5

El LG NeON[®] R (LG360Q1C-A5) es el nuevo proveedor de alto rendimiento de la casa LG. Gracias a la nueva e innovadora estructura de células sin electrodos en la parte frontal, se maximiza el aprovechamiento de la luz y, con ello, se mejoran el rendimiento y la fiabilidad, también demuestra los beneficios ampliados para el cliente más allá del factor de la eficiencia.

- Eficiencia mínima: 20,8%
- Potencia Unitaria: 360 W
- Tamaño: 1.700 x 1.016 m
- Número de células: 60 células
- Silicio: Monocristalino
- Peso: 18, kg
- Garantía de producto: 25 años
- Garantía de rendimiento: 25 años
- Precio: 320,00 €/panel



AUO SunForte PM096B00

El módulo fotovoltaico de alta eficiencia SunForte PM096B00, está equipado con la tecnología Back-Contact y ofrece la máxima eficiencia.

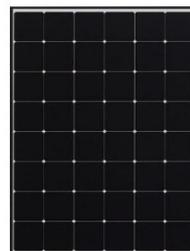
- Eficiencia mínima: 20,6%
- Potencia Unitaria: 335 W
- Tamaño: 1.559 x 1.046 m
- Número de células: 96 células
- Silicio: Monocristalino
- Peso: 18,6 kg
- Garantía de producto: 25 años
- Garantía de rendimiento: 25 años
- Precio: 255,00 €/panel



SHARP NQ-R256A

La solución de innovación (Back Contact) con conversión más eficiente de la radiación solar mediante la inclusión de contactos en la parte posterior de la célula.

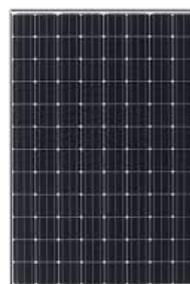
- Eficiencia mínima: 19,8%
- Potencia Unitaria: 256 W
- Tamaño: 1.318 x 980 m
- Número de células: 48 células
- Silicio: Monocristalino
- Peso: 17 kg
- Garantía de producto: 10 años
- Garantía de rendimiento: 25 años
- Precio: 185,00 €/panel



Panasonic VBHN330SJ53

Tecnología exclusiva HIT (silicio monocristalino + amorfo) con mayor eficiencia y mucho mejor comportamiento a altas temperaturas que la tecnología convencional. Además, incorpora esquineras con sistema de drenaje para evitar acumulación de suciedad.

- Eficiencia mínima: 19,7%
- Potencia Unitaria: 330 W
- Tamaño: 1.590 x 1.053 m
- Número de células: 48 células
- Silicio: Monocristalino
- Peso: 18,5 kg
- Garantía de producto: 25 años
- Garantía de rendimiento: 25 años
- Precio: 222,00 €/panel



**(El precio es aproximado, ya que no se aplican ofertas por comprar gran cantidad)*

Marca Panel	Modelo	Eficiencia mínima	Potencia Unitaria	Tamaño (mm)	Valoración PV+Test
SunPower	SPR-X22-370	22,7 %	370 W	1.559 x 1.046	9,23
LG	LG360Q1C-A5	20,8 %	360 W	1.700 x 1.016	9,12
AUO	PM096B00	20,6 %	335 W	1.559 x 1.046	8,88
SHARP	NQ-R256A	19,8 %	256 W	1.318 x 980	9,07
Panasonic	VBHN330SJ53	19,7 %	330 W	1.590 x 1.053	9,01

Tabla 2. Comparativa paneles fotovoltaicos

6.2. Aerogeneradores

Se pueden encontrar infinidad de aerogeneradores con distintas características, aquí se presentan los diferentes modelos que nos ofrece una firma de minieólica, como es ENAIR, pionera en implantar molinos en viviendas y diversas industrias.

Se realizará una comparativa para ver cuáles de estos aerogeneradores se acoplan mejor a la demanda que se precisa, lo que nos dará una aproximación hacia el diseño del aparcamiento con captación de energías renovables.

Enair E30 PRO

Está diseñado para cubrir la demanda energética de cualquier vivienda habitual, incluso con viento bajo. Su eficiencia de generación y diseño nos permite generar energía con muy bajo viento y a su vez soportar de forma eficiente la generación de fuertes vientos. Su producción se sitúa en más de 30kWh/día, con un viento entre 8 y 12m/s de media.

- Posee 3 palas fabricadas con fibra de vidrio con resinas y núcleo de poliuretano.
- Diámetro giro de las palas: 3,8 m
- Peso: 125 kg
- Longitud lateral: 3,4 m
- Potencia: 3.000 W
- Potencia nominal: 1.900 W
- Área de barrido: 11,34 m²
- Viento de arranque: 2 m/s
- Velocidad nominal: 11 m/s
- Rango de generación eficiente: De 2 a 60 m/s



Enair E70 PRO

Está diseñado para cubrir las demandas energéticas de cualquier vivienda habitual, gasolinera, granja o pequeño comercio. Su alta eficiencia nos permite generar energía con muy bajo viento y a su vez soportar de forma eficiente en generación fuertes vientos. La producción se sitúa en más de 80kWh/día, con unos vientos de entre de 8 y 12m/s de media, siendo así uno de los mejores aerogeneradores del mercado en su categoría.

- Posee 3 palas fabricadas con fibra de vidrio con resinas y núcleo de poliuretano.
- Diámetro giro de las palas: 4,3 m
- Peso: 165 kg
- Longitud lateral: 3,4 m
- Potencia: 5.500 W
- Potencia nominal: 4.000 W
- Área de barrido: 14,5 m²
- Viento de arranque: 2 m/s
- Velocidad nominal: 11 m/s
- Rango de generación eficiente: De 2 a 60 m/s



Enair E200 L

Está diseñado para cubrir las demandas energéticas de pequeñas industrias tales como granjas, invernaderos, bodegas, etc. Su eficiencia de generación y diseño nos permite abastecer instalaciones trifásicas de gran potencia con un alto rendimiento. Su producción está en más de 150-200kWh/día con medias de 9m/s. Este modelo dispone de una patente específica que emula la tecnología de la gran eólica, pero adaptada a pequeños aerogeneradores.

- Posee 3 palas fabricadas con fibra de vidrio con resina flex con poliuretano
- Diámetro giro de las palas: 9,8 m
- Peso: 1.000 kg
- Longitud lateral: 2,3 m
- Potencia: 20 W
- Potencia nominal: 10 kW, limitada por software
- Área de barrido: 75,4 m²
- Viento de arranque: 2 m/s
- Velocidad nominal: 11 m/s
- Rango de generación eficiente: De 1.85 a 30 m/s



Enair E200

Está diseñado para cubrir las demandas energéticas de pequeñas industrias tales como granjas, invernaderos, bodegas, etc. Su eficiencia de generación y diseño nos permite abastecer instalaciones trifásicas de gran potencia con un alto rendimiento. Su producción está en más de 200kWh/día con medias de 8 a 11m/s. Este modelo dispone de una patente específica que emula la tecnología de la gran eólica, pero adaptada a pequeños aerogeneradores.

- Posee 3 palas fabricadas con fibra de vidrio con resina flex con poliuretano
- Diámetro giro de las palas: 9,8 m
- Peso: 1.000 kg
- Longitud lateral: 2,3 m
- Potencia: 20 kW
- Potencia nominal: 18 kW
- Área de barrido: 75,4 m²
- Viento de arranque: 2 m/s
- Velocidad nominal: 11 m/s
- Rango de generación eficiente: De 1.85 a 30 m/s



Enair E800

Está diseñado para cubrir las demandas energéticas de pequeñas industrias tales como granjas, invernaderos, bodegas, etc. Su eficiencia de generación y diseño nos permite abastecer instalaciones trifásicas de gran potencia con un alto rendimiento. Su producción está en más de 800kWh/día con medias de 7 a 11m/s. Este modelo dispone de una patente específica que emula la tecnología de la gran eólica, pero adaptada a pequeños aerogeneradores

- Posee 3 palas fabricadas con fibra de vidrio con resina flex con esqueleto interior de fibra de carbono
- Diámetro giro de las palas: 15,9 m
- Peso: 4.900 kg
- Longitud lateral: 4,0 m
- Potencia: 70 kW
- Potencia nominal: 60 kW
- Área de barrido: 180 m²
- Viento de arranque: 2 m/s
- Velocidad nominal: 11 m/s
- Rango de generación eficiente: De 1.85 a 20 m/s



Se puede apreciar una tabla comparativa de los valores de cada aerogenerador, la cual permite identificar la opción más indicada para este diseño:

Modelo	Potencia (kW)	Potencia nominal (kW)	Diámetro (m)	Área de barrido	
E30 PRO	3,0	1,9	3,8	11,34	9.500
E70 PRO	5,5	4,0	4,3	14,5	13.800
E200 L	20	10	9,8	75,4	40.450
E200	20	18	9,8	75,4	58.750
E800	70	60	15,9	180	200.000

Tabla 3. Comparativa aerogeneradores

*(El precio de la Tabla 3 viene dado con una torre de aproximadamente 23 m)

6.3. Altura estructura de aparcamiento

La altura la podremos definir dependiendo del espacio que se requiera para la generación de energía eléctrica que consiga abastecer la demanda de energía, además de si el aparcamiento irá destinado, no solamente a vehículos ligeros, sino a vehículos pesados. Para ello, se realiza el estudio de las diferentes dimensiones de vehículos proporcionadas por la "Norma 3.1-IC Trazado", donde con la siguiente tabla se puede apreciar las medidas de los vehículos patrón expresadas en metros y proponer diferentes alturas para la estructura:

CARACTERÍSTICA	TURISMO	FURGÓN	AUTOBÚS RÍGIDO ⁴⁴	AUTOBÚS ARTICULADO	CAMIÓN LIGERO ⁴⁵	CAMIÓN ARTICULADO		TREN DE CARRETERA		
						TRACTORA	SEMIRRE-MOLQUE ⁴⁶	CAMIÓN	REMOLQUE ⁴⁷	
Anchura	1,80	2,05	2,55		2,45 / 2,55 ⁴⁸	2,44	2,55	2,45	2,55	
Longitud	Unidad	4,80	6,35	15,00	18,75	10,55	6,30	13,60	10,50	7,25
	Total						16,50		18,75	
Altura		2,76	3,27	3,21	2,79 / 4,04	2,79	4,04	2,79 / 4,04	4,04	
Voladizo delantero	1,00	0,95	2,65	2,75	1,40	1,40		1,40		
Distancia entre ejes	Nº 1	2,80	4,00	7,45	6,15	6,25	3,90		5,00	
	Nº 2			1,40	7,20			5,65	1,40	
	Nº 3							1,30	6,70	
	Nº 4							1,30	1,30	
Voladizo trasero	1,00	1,40	3,50	2,65	2,90		2,95		2,95	
Posición del pivote ⁴⁹				2,00 / 5,20			3,20 / 0,70		1,40 / 5,30	

⁴⁴ El de tres ejes resulta más restrictivo.

⁴⁵ Se especifica la dimensión de la cabina y de la caja.

⁴⁶ El semirremolque tiene tres ejes y puede circular con el más adelantado izado.

⁴⁷ Los ejes de los remolques adoptan diversas configuraciones. El seleccionado tiene dos ejes centrados en la caja; pero los ejes se pueden situar también en los extremos de la caja. También puede tener tres ejes y un pivote de giro.

⁴⁸ La primera cifra representa la dimensión de la cabina, la segunda la de la caja.

⁴⁹ La primera cifra corresponde a la distancia del pivote al eje que está delante de él y la segunda al eje que está detrás. Por lo tanto, la suma de las dos cifras es la distancia entre esos dos ejes, entre los que está situado el pivote.

Tabla 4. Dimensión estándar de vehículos

El servicio viene dado por diferentes estudios realizados en la zona para el paso de vehículos, como es la intensidad media diaria (IMD) obteniendo los siguientes porcentajes:

Turismos: 86,76 %

Furgones: 10,04 %

Autobuses: 0,21 %

Camiones: 2,99 %

- Si tenemos una altura de **2,5 m** solo se podrán aparcar vehículos ligeros (turismos), lo que supondrá un servicio del 86,76 %

- Si tenemos una altura de **3 m** se podrán aparcar vehículos ligeros, abarcando tanto turismos, como furgones. Supondría un servicio del 96,80 %

- Si tenemos una altura de **3,5 m** se podrán aparcar vehículos ligeros y algunos vehículos pesados (consultar Tabla 3), lo que supondría un servicio del 97,01 %

**(La altura viene dada en la parte media del pórtico, por ejemplo, si tenemos un pórtico de 2m hasta el techo en la parte sur y 4m hasta el techo en la parte norte, la altura será 3m)*

Altura (m)	Vehículos que entran	Altura máxima que ocupan (m)	Servicio (%)
2,5	Turismo	1,96	86,76%
3	Turismo	1,96	96,80%
	Furgón	2,76	
	Camión (Cabeza tractora)	2,79	
3,5	Turismo	1,96	97,01%
	Furgón	2,76	
	Autobús	3,27	
	Camión (Cabeza tractora)	2,79	

Tabla 5. Comparativa diferentes alturas techo

6.4. Posición del aparcamiento

La posición del techo del aparcamiento se podrá diseñar dependiendo de la altura a la que se ubique esta. Ya que de ello dependerá el aparcamiento de diferentes vehículos, puesto que debido a la pendiente del techo tendremos una mayor o menor amplitud.

- La primera opción que se contempla es la de inclinación decreciente desde el centro de la estructura hacia el exterior (como se puede apreciar en la Ilustración 11)



Ilustración 12. Aparcamiento con techo decreciente

- La segunda opción que se contempla es la de inclinación creciente desde el centro de la estructura hacia el exterior (como se puede apreciar en la Figura 12)



Ilustración 13. Aparcamiento con techo creciente

La ubicación en cualquiera de las dos posiciones nos dará aproximadamente la misma eficiencia energética, ya que la inclinación será la misma, por tanto, no influirá en la toma de decisión de la ubicación de estas.

En cualquier caso, si se deberá tener en cuenta la orientación con respecto al sol para tener un rendimiento máximo de los paneles elegidos.

6.5. Altura de los aerogeneradores

En teoría un aerogenerador funciona mejor cuantos menos obstáculos se encuentren en la dirección en la que fluye el viento, aunque a suficiente distancia, los edificios, árboles y demás obstáculos casi no influyen en el rendimiento del aerogenerador.

Un aerogenerador debe situarse al doble de altura que los obstáculos muy cercanos a él y a una altura superior a los que se encuentran entre 10 y 20 m de la torre

La altura de la torre puede variar considerablemente dependiendo del tipo de aerogenerador y del viento del emplazamiento. Generalmente, las torres de los aerogeneradores de pequeña potencia oscilan entre 10 y 25 m. Cuanta mayor altura tenga la torre más viento tendremos disponible y más constante será este.

Además, para determinar la altura total del sistema hay que tener en cuenta el diámetro de los aerogeneradores, el cual suele oscilar entre 1.5 y 10 m.

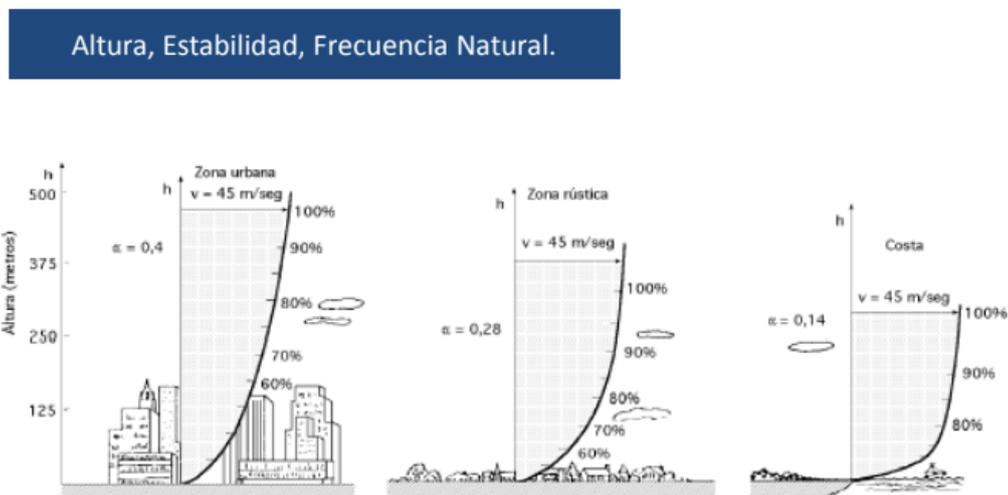


Ilustración 14. Funcionalidad según zona y altura

Se deberá tener en cuenta la altura a la que situaremos el aparcamiento, además de que nos encontramos en una zona rústica o tierra de cultivo a campo abierto.

Altura (m)	Velocidad del viento (m/s)	Incremento de precio	
		Aerog. pequeño	Aerog. grande
15	4,45	- €	- €
19	4,75	760,00 €	3.200,00 €
23	4,97	1.600,00 €	6.500,00 €
27	5,20	2.850,00 €	10.000,00 €

Tabla 6. Comparativa diferentes alturas aerogenerador

7. Descripción de la solución adoptada

7.1. Paneles fotovoltaicos

Para elegir los paneles fotovoltaicos tendremos en cuenta:

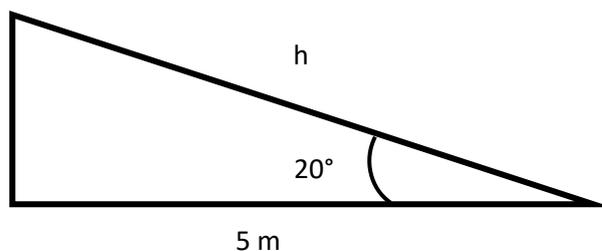
- Eficiencia
- Tamaño
- Dimensiones del aparcamiento
- Energía requerida
- Precio
- Garantía

Eficiencia

Con respecto a la eficiencia, tenemos que la mayor eficiencia con respecto de los demás es el panel **SPR-X22-370** de **SunPower**.

Tamaño y dimensiones del aparcamiento

Con respecto al tamaño y las dimensiones del aparcamiento, se debe buscar un panel que se acople bien y que deje el menor espacio sin ocupar en el techo del aparcamiento, sin comprometer la estabilidad de la estructura. Esta estructura será de 5m de largo a cada lado, dando un total de 10m, con un ángulo de inclinación de 20°, indiferentemente de si realiza con el techo creciente o decreciente. Por lo que el largo total será:



$$\cos 20^\circ = \frac{\text{cateto contiguo}}{\text{hipotenusa}} = \frac{5}{h}$$

$$h = 5,32 \text{ m}$$

Se debe dejar un espacio de unos 10 cm entre paneles, además de otros 10 cm en los bordes, estas dimensiones son necesarias para la estructura que sostiene a los paneles solares, por tanto, se pondrán 3 líneas de paneles solares, lo que se traduce en tener 4,92 m disponibles para paneles solares.

$$h_t = 5,32 - 0,20 - 0,20 = 4,92 \text{ m}$$

- | | | |
|-----------------------------------|---|-----------------------|
| - Panel SunPower ocuparía 4,68 m | ✓ | Espacio libre: 0,24 m |
| - Panel LG ocuparía 5,10 m | ✗ | Espacio libre: - |
| - Panel AUO ocuparía 4,68 m | ✓ | Espacio libre: 0,24 m |
| - Panel SHARP ocuparía 3,95 m | ✗ | Espacio libre: 0,97 m |
| - Panel Panasonic ocuparía 4,77 m | ✓ | Espacio libre: 0,15 m |

El panel que mejor se acopla es el de **Panasonic**, seguido del de **SunPower** y **AUO**. Los demás paneles no serían viables puesto que ocuparían demasiado espacio o dejarían espacio sin ocupar.

Energía

La energía requerida viene dada por la energía media y la energía pico:

		Media (kWh)	Pico (kWh)
Corte y envasado	Electricidad	671.199	789.985
Elaborados	Electricidad	1.368.937	1.543.037

Tabla 7. Consumo energético Incarlopsa S.A.

Dependiendo del panel que se elija se necesitará mayor o menos superficie. Este dato hace que dependiendo del panel elegido se pueda calcular la superficie en base a la potencia y medidas.

Por tanto, este es un factor que no influye demasiado en la elección del tipo de panel fotovoltaico, pero si en la cantidad que se deben instalar.

Precio

En cuanto al precio, descartados para nuestra instalación los paneles de LG y SHARP, vemos como existe una diferencia considerable entre distintos paneles, donde los paneles de Panasonic están en el orden de aproximadamente la mitad de precio que los de Sunpower.

Conclusión

Analizando todos los factores anteriores se tiene que la opción más coherente para este proyecto sería la de utilizar paneles **Panasonic VBHN330SJ53**, ya que será el que mejor se adapte al conjunto techo aparcamiento-superficie paneles.

Adicionalmente, Panasonic ofrece una garantía de 25 años, tanto para el producto, como para el rendimiento, lo que lo hace más fiable que otros que solo tienen 10 años.

Cabe destacar, por último, el precio tan competitivo que nos ofrece el panel **Panasonic VBHN330SJ53**, siendo bastante más económico que otros paneles de características relativamente similares.

**(En el anejo 2 se incluirá el panel fotovoltaico seleccionado con las diferentes características que aporta la compañía)*

Marca Panel	Modelo	Eficiencia mínima	Potencia Unitaria	Tamaño (mm)	Valoración PV+Test
SunPower	SPR-X22-370	22,7 %	370 W	1.559 x 1.046	9,23
LG	LG360Q1C-A5	20,8 %	360 W	1.700 x 1.016	9,12
AUO	PM096B00	20,6 %	335 W	1.559 x 1.046	8,88
SHARP	NQ-R256A	19,8 %	256 W	1.318 x 980	9,07
Panasonic	VBHN330SJ53	19,7 %	330 W	1.590 x 1.053	9,01

Tabla 8. Comparativa paneles fotovoltaicos

7.2. Aerogeneradores

El modelo de aerogenerador se elegirá en base a la potencia requerida por la instalación, teniendo en cuenta que, en todo momento, serán complementarios a los paneles solares y su principal objetivo será el de mantener la producción de energía sobre todo en los meses invernales. Los paneles no captarán la misma radiación solar durante estos meses, por lo que se instalará una potencia con aerogeneradores que supla este déficit en los meses menos solares. Como se explicó en el apartado "5.1. Demanda", la potencia total contratada se explicará de forma precisa más adelante.

La potencia total contratada será del entorno de 1040 kW, por lo que buscaremos unos aerogeneradores que abastezcan una pequeña parte de esta potencia para dicho servicio.

Esto asegurará a la instalación una combinación de diferentes energías renovables para poder tener una producción relativamente constante durante todo el año.

La mejor solución para solventar esta producción de energía es instalar **6 aerogeneradores ENAIR 70 PRO**.

Con estos aerogeneradores, además de ser innovadores y funcionar a bajos niveles de viento (entre 2 y 60 m/s), nos proporcionan una potencia de 5,5 kW, por lo que instalando 6 de estos aerogeneradores tenemos los 33 kW que requeríamos para esta instalación.

Se puede considerar la opción de instalar aerogeneradores más grandes, pero se opta por estos 6 aerogeneradores teniendo en cuenta:

1. Completan los kWh que se requieren en la instalación.
2. Necesitan de menos área de barrido que aerogeneradores más grandes.
3. La instalación es más económica.
4. Funcionamiento a menor velocidad del viento (al ser más pequeño, necesita de menos velocidad de viento para ponerse en marcha).
5. Como el diámetro de las palas es de 4,30 m, no necesitará tanta altura como otros aerogeneradores de mayor amplitud.

Modelo	Potencia (kW)	Potencia nominal (kW)	Diámetro (m)	Área de barrido	
E30 PRO	3,0	1,9	3,8	11,34	9.500
E70 PRO	5,5	4,0	4,3	14,5	13.800
E200 L	20	10	9,8	75,4	40.450
E200	20	18	9,8	75,4	58.750
E800	70	60	15,9	180	200.000

Tabla 9. Comparativa aerogeneradores

*(En el anejo 2 se incluirá el aerogenerador seleccionado con las diferentes características que aporta la compañía)

7.3. Altura y posición de la estructura

Una vez estudiada la intensidad de vehículos que circulan adyacentes al recinto donde se va a llevar a cabo la actuación, la altura más idónea para ubicar el techo de la estructura es de **3 m**, puesto que con esta altura satisfacemos el 96,80%.

Además, la estructura se colocará con la ubicación de **techo creciente**, puesto que no afectará al rendimiento ni a la captación solar de los paneles fotovoltaicos; proporcionando así una amplitud idónea para el aparcamiento sencillo de vehículos de mayor volumen, como es el caso de los furgones.

Altura (m)	Vehículos que entran	Altura máxima que ocupan (m)	Servicio (%)
2,5	Turismo	1,96	86,76%
3	Turismo	1,96	96,80%
	Furgón	2,76	
	Camión (Cabeza tractora)	2,79	
3,5	Turismo	1,96	97,01%
	Furgón	2,76	
	Autobús	3,27	
	Camión (Cabeza tractora)	2,79	

Tabla 10. Comparativa diferentes alturas techo

A continuación, mediante una simulación y vista en 3D, se puede apreciar con mayor detalle la solución adoptada.

En esta simulación se han tomado tamaños reales del aparcamiento, considerando los paneles fotovoltaicos y las diferentes distancias y separaciones.

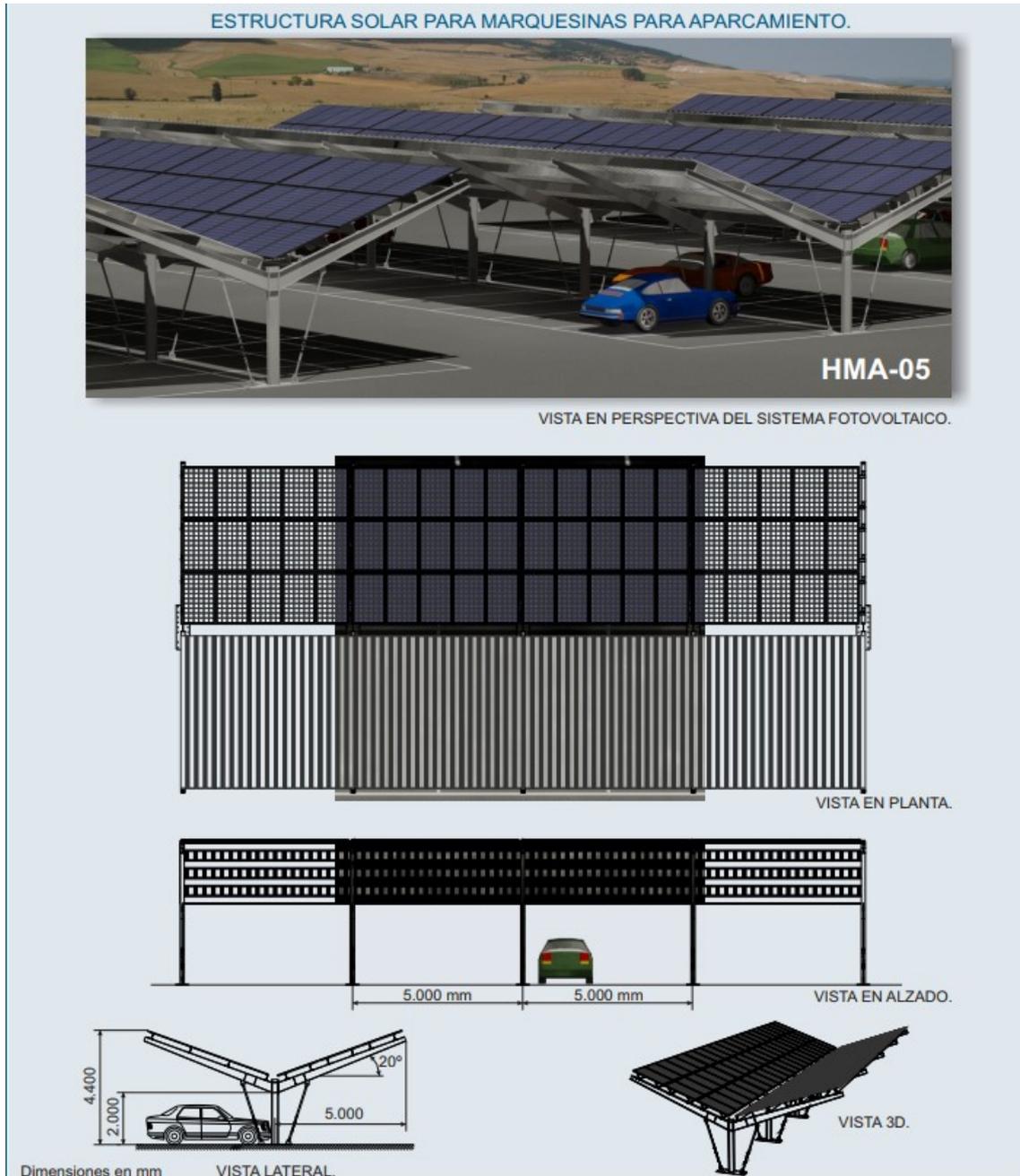


Ilustración 15. Estructura del aparcamiento

7.4. Altura de los aerogeneradores

La altura de las diferentes infraestructuras que nos encontramos viene dada por una zona rústica, donde los edificios que encontramos son de "mediana altura", teniendo una máxima altura de 12 m.

Por tanto, lo más coherente sería instalar unos aerogeneradores a una distancia que no impida la llegada del máximo viento posible, por lo que se busca que estén ubicados aproximadamente al doble de altura de los edificios cercanos.

Se elige una altura, por tanto, de **23 m de torre**, lo que hará posible que el viento llegue de manera ininterrumpida y pueda darse el mejor servicio para las condiciones de viento explicadas en apartados anteriores.

Altura (m)	Velocidad del viento (m/s)	Incremento de precio	
		Aerog. pequeño	Aerog. grande
15	4,45	- €	- €
19	4,75	760,00 €	3.200,00 €
23	4,97	1.600,00 €	6.500,00 €
27	5,20	2.850,00 €	10.000,00 €

Tabla 11. Comparativa diferentes alturas aerogenerador

8. Cálculo estructural y diseño

8.1. Principales características de las marquesinas

- Todos los elementos que conforman las marquesinas se suministran en acero de calidad S235, S275JR o S355JR.
- En estas estructuras las uniones entre todos los elementos son atornilladas, no existiendo soldaduras posteriores al proceso de acabado.
- Todos los elementos estructurales, así como la tornillería, son galvanizados en caliente por inmersión según UNE-EN ISO 1461.
- Los elementos galvanizados presentan una durabilidad conforme a lo establecido en la norma UNE-EN ISO 14.713, en función del tipo de ambiente al que se encuentran expuestos.
- Son perfectamente adaptables a diferentes dimensiones de aparcamiento, siendo las dimensiones básicas de 10 m x 5 m (cuatro plazas de aparcamiento estándar).
- Son adaptables a cualquier dimensión de panel solar fotovoltaico, y se pueden instalar tanto en vertical como en horizontal.

8.2. Hipótesis de cargas consideradas en el diseño y cálculo

- Carga de Peso Propio (Paneles + estructura).
- Carga de Nieve (Según norma de cálculo en función de las necesidades y ubicación de la obra).
- Carga de Viento considerada (Según norma de cálculo en función de las necesidades y ubicación de la obra).

8.3. Descripción de la estructura

La estructura objeto de estudio se diseñará según las especificaciones de la empresa:

- Capacidad para abastecer la demanda eléctrica de los vehículos.
- Capacidad para abastecer la demanda eléctrica de las fábricas.
- Diseño sencillo con coste mínimo.
- Estructura resistente a la corrosión y a los agentes medioambientales.

8.4. Materiales empleados

Para esta estructura se utilizará acero laminado S275-JR para toda la estructura, de acuerdo con la norma UNE EN 1005. Se elige un acero 275 ya que, aunque un aumento en la calidad equivale a una mayor resistencia del material, dado que un incremento en la calidad no significa

que dicho perfil aumente su capacidad a deformación, por lo que sale más viable económicamente hablando, el incremento de las dimensiones del perfil de una calidad inferior.

Tipo	Espesor nominal t (mm)			
	t ≤ 40		40 < t ≤ 80	
	f_y	f_u	f_y	f_u
S 235	235	360 < f_u < 510	215	360 < f_u < 510
S 275	275	430 < f_u < 580	255	410 < f_u < 560
S 355	355	490 < f_u < 680	335	470 < f_u < 630

Tabla 12. Tipos de aceros

Las siguientes características son comunes en todos los aceros:

- 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) = $1,2 \times 10^{-5}$ (°C)⁻¹
- Densidad (ρ) = 7.850 Kg/m³

El material empleado en la cimentación es hormigón H25 – hormigones para pavimentos y acero B400, puesto que es la combinación de materiales más económico cumpliendo así con la normativa de dimensiones mínimas superior a las reacciones de la estructura de este TFG. A continuación, se detallan las características del hormigón empleado:

- Resistencia característica mínima: 250 Kg/cm²
- Cemento puzolánico
- Contenido mínimo de cemento: 380 Kg/cm³
- Razón agua – cemento máximo: 0,45
- Asentamiento: 7cm
- Tamaño máximo del agregado grueso: 32 mm

8.5. Protección frente a corrosión

Todo metal puede ser dañado por la corrosión, sólo por el hecho de estar expuesto al medio que lo rodea se origina una reacción fisicoquímica que puede debilitar el material o puede llegar al punto de destruirlo, se estima que el promedio de vida útil de un metal que no está protegido contra está es de dos años, un tiempo de vida corto a la hora de hablar de utilidades y más si este puede ser prevenido.

Luego de haber analizado la corrosión y sus formas, se presentarán algunos métodos que se tienen hoy en día para prevenirla, como los son recubrimientos metálicos, inorgánicos y orgánicos, que se aplican a los metales para prevenir o reducir la corrosión.

Recubrimientos metálicos

Uno de los procedimientos más empleados contra la oxidación y corrosión es el recubrir la superficie que se desea proteger con una capa de metal auto protector lo más compacta y adherente posible.

Si el metal protegido es menos electronegativo (catódico) que el protector (anódico), la protección tiene lugar aun en el caso de agrietamiento o descascarillado de la capa protectora, como ejemplo de este caso tenemos el acero recubierto de Zn. Lo contrario sucede si el recubrimiento es catódico, requiriéndose en este caso un recubrimiento perfecto, sin porosidad, para este caso tenemos acero al recubierto de Sn. La elección del metal empleado en el recubrimiento se hace de acuerdo con el metal que se ha de proteger, del objeto de que se trata y del espesor que se proyecta dar a la capa protectora. Los recubrimientos metálicos pueden aplicarse por varios procedimientos: por electrólisis, por inmersión en el baño del metal protector, por metalización, por cementación y por chapado.

Preparación de la superficie: Cualquiera que sea el recubrimiento que se adopte, debe desengrasarse previamente la pieza con un disolvente apropiado, como, tricloroetileno, sosa cáustica, benceno, etc. Después se elimina el óxido y cascarilla de la superficie del metal sometiéndolo a un decapado que consiste en la eliminación de la capa de laminación y del óxido en la superficie de las piezas de acero, es absolutamente necesaria antes de aplicar un recubrimiento de cualquier clase y puede efectuarse por procedimientos mecánicos, químicos y electrolíticos.

En este capítulo se tratarán los recubrimientos metálicos, estos se obtienen por diversos procedimientos, el principio de protección frente a la corrosión es diferente según la naturaleza del metal de recubrimiento, en este artículo sólo nos enfocaremos en dos tipos de procesos: recubrimiento metálico por inmersión y recubrimiento metálico por electrodeposición.

Electrodeposición

La electrodeposición es un procedimiento electroquímico mediante el cual se logra cubrir una pieza con una fina capa de determinado metal. Para lograrlo se sumerge la pieza a cubrir en una solución electrolítica que contiene los iones del metal que formará la capa.

La pieza se pondrá en contacto con una fuente de corriente continua y con un electrodo que cumplirá la función de ánodo, cediendo electrones para que los iones metálicos en solución se reduzcan y se depositen sobre la pieza, que cumple la función de cátodo. De esta manera se obtiene el recubrimiento metálico en la pieza.

Hay que el ánodo de este sistema estará hecho del metal con que se quiere recubrir la pieza, para que pueda disolverse, oxidarse, cediendo electrones y aportando iones a la solución, a medida que los iones que estaban presentes en la solución, se reducen y se depositan sobre la pieza a recubrir, que funciona como cátodo en el sistema. Todo este proceso es posible gracias a la corriente continua que permite la movilización de electrones.

Otro punto para destacar es que las propiedades que tendrá la capa que recubre la pieza, depende directamente de la corriente que se haya aplicado. La adherencia de la capa, su calidad, la velocidad de deposición, dependen del voltaje y de otros factores relacionados con la corriente aplicada.

También hay que tener en cuenta que, si el objeto a recubrir tiene una superficie intrincada, la capa formada será más gruesa en algunos puntos y más fina en otros. De todos modos, existen maneras de eludir este inconveniente, por ejemplo, utilizando un ánodo con forma similar a la de la pieza a recubrir.

Este procedimiento es utilizado para brindarle resistencia a la corrosión a una determinada pieza, también para que aumente su resistencia a la abrasión, para mejorar su estética, entre otras funciones.

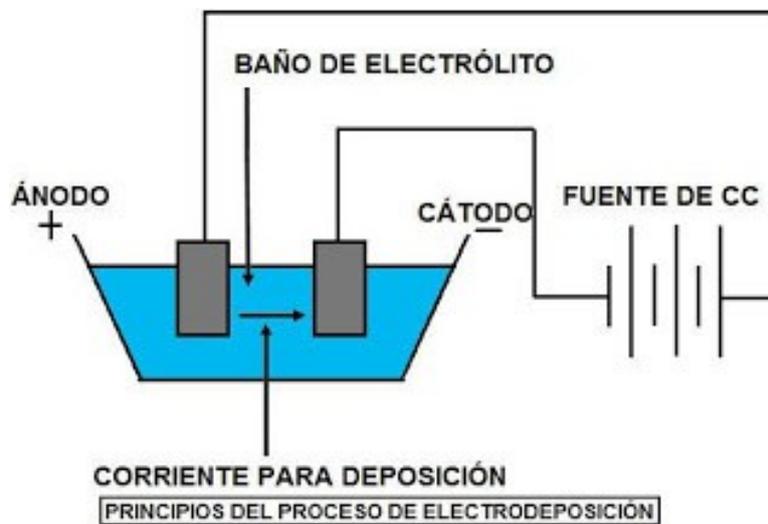


Ilustración 16. Proceso de Electrodeposición

8.6. Cálculo

Partiendo de conocimientos previos sobre marquesinas y (conforme a los estudios de optimización de la radiación solar) y requisitos mencionados anteriormente, se realiza un prediseño de la estructura. Una vez obtenido el prediseño se procede al cálculo de acciones que va a tener que resistir la estructura para así partir de un predimensionado de las vigas. Se repartirán los cálculos para marquesinas más pequeñas antes de realizar el conjunto.

Para el cálculo de la estructura se introducen los siguientes datos:

- Definición de la geometría de la estructura
- Establecimiento de los tipos de apoyos, empotramientos en este caso.
- Establecimiento de las cargas que se aplicaran y a que viga se aplicaran cada carga
- Propiedades de los materiales
- Combinaciones que se deben tener en cuenta

8.6.1. Acciones consideradas

Para el cálculo de esta estructura se tienen en cuenta:

- Peso propio
- Viento
- Nieve

Se descarta la hipótesis de sobrecarga de uso, ya que no se espera que sea necesaria en esta estructura en concreto.

Peso propio

Conociendo el peso tanto de las diferentes vigas utilizadas para el cálculo, como del tejado y sus diferentes elementos, además de los paneles fotovoltaicos. Podemos tener el peso propio de la estructura y las propiedades del material.

Debemos obtener el peso propio de los paneles, que se calculará de la siguiente manera:

$$\frac{\text{Peso de un panel}}{\text{Dimensiones de un panel}} * \text{ámbito} = \frac{18,5 * 9,81 \text{ N}}{(1,590 * 1,053) \text{ m}^2} * 1,01 \text{ m} = 0,1353 \text{ N/m}$$

Viento

Se considera la acción más desfavorable a lo que a cálculo se refiere. Según el CTE DB AE, "la acción del viento es una fuerza perpendicular a la superficie de cada punto expuesto o presión estática" y puede expresarse como:

$$q_e = q_b * C_e * C_p$$

Donde:

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

Presión dinámica de viento (q_b)

El valor se obtiene de la siguiente expresión D.1 del anejo D, del CTE DB AE.

$$q_b = 0,5 * \beta * v_b^2 = 422,5 \text{ N/m}^2$$

Donde:

- β : Densidad del aire ($1,25 \text{ kg/m}^3$)
- v_b : Velocidad básica del viento (se aprecia en la Fig. 17)



Ilustración 17. Valores de velocidad básica del viento

Para la marquesina de este trabajo se tiene un valor de zona A = 26 m/s, puesto que se ubicará en la localidad de Tarancón (Cuenca), municipio cercano a Madrid.

Coefficiente de exposición (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.”

Se determina conforme a la Tabla 3.4. del punto 3.3.3 Coeficiente de exposición de la norma (CTE DB AE).

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

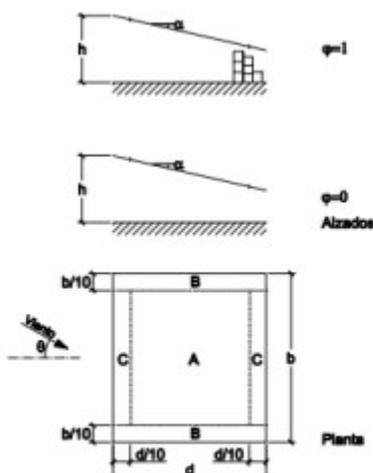
Tabla 13. Valores del coeficiente de exposición

El emplazamiento se encuentra en una zona IV de aspereza, zona urbana en general, industrial o forestal y una altura aproximada de 3,0m. Por lo que se toma el valor $C_e = 1,3$.

Coefficiente eólico o de presión (C_p)

“Dependiente de la forma y orientación de la superficie respecto al viento”. Dicho coeficiente se obtiene del Anejo D del CTE DB AE, Tabla D.10 Marquesinas a un agua.

Se tomará un valor positivo, presión y un valor negativo el cual indica succión. Ambos teniendo en cuenta la inclinación de la estructura de 20° y el grado de obstrucción de 0.



Coeficientes de presión exterior					
$C_{p,10}$					
Pendiente de la cubierta α	Efecto del viento hacia	Factor de obstrucción φ	Zona (según figura)		
			A	B	C
0°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	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

Ilustración 18. Valores del coeficiente de presión en marquesina a un agua

Mediante interpolación se puede obtener los coeficientes de cada zona:

Zona A

$$C_p = 1,7$$

$$C_s = -2,2$$

Zona B

$$C_p = 2,9$$

$$C_s = -2,8$$

Zona C

$$C_p = 2,1$$

$$C_s = -2,9$$

Como resultado final en base a todos los coeficientes mencionados anteriormente, se obtiene una presión estática del viento de:

Zona A

$$q_{ep} = 422,5 \cdot 1,3 \cdot 1,7 = 933,73 \text{ N/m}^2$$

$$q_{es} = 422,5 \cdot 1,3 \cdot -2,2 = -1208,35 \text{ N/m}^2$$

Zona B

$$q_{ep} = 422,5 \cdot 1,3 \cdot 2,9 = 1592,83 \text{ N/m}^2$$

$$q_{es} = 422,5 \cdot 1,3 \cdot -2,8 = -1537,90 \text{ N/m}^2$$

Zona C

$$q_{ep} = 422,5 \cdot 1,3 \cdot 2,1 = 1153,43 \text{ N/m}^2$$

$$q_{es} = 422,5 \cdot 1,3 \cdot -2,9 = -1592,83 \text{ N/m}^2$$

Nieve

El factor de la nieve depende de la intensidad y la distribución de esta carga, por tanto, para poder determinarla se aplicará la expresión 3.2 del CTE DB AE, la cual combina el coeficiente de forma con el valor característico de la carga sobre el terreno horizontal.

$$q_n = \mu \cdot s_k$$

Donde:

- μ : Coeficiente de forma
- s_k : Valor característico de la carga de nieve sobre el terreno horizontal

Coefficiente de forma (μ)

Se tomará un valor de 1. Puesto que nos encontramos en una superficie por donde puede deslizarse la nieve, además de ser una cubierta con inclinación menor o igual a 30° (en este caso será de 20°).

Valor característico de la carga sobre el terreno horizontal (s_k)

Se determinará este valor en referencia al Anejo E de la norma CTE DB EA, mediante la Figura E.2 Zonas climáticas de invierno y la Tabla E.2 Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal. Este valor se tomará como una carga actuante en el sentido de la gravedad.



Ilustración 19. Zonas climáticas de invierno

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

Ilustración 20. Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal (kN/m^2)

El municipio donde se va a realizar este estudio se encuentra en la Zona 4, ya que pertenece a Cuenca, por la parte Oeste de la provincia. Tenemos también que Tarancón se encuentra a una altitud de 818 msnm; lo que hace obtener un valor de 0,836

Por tanto, como valor final de carga de nieve se obtiene de la siguiente manera:

$$q_n = 1 * 0,836 = 0,836 \text{ kN/m}^2$$

8.6.2. Comprobaciones de cálculo

Según las situaciones de proyecto que nos encontramos en la Norma se definen las distintas hipótesis de cálculo. Es decir, en el cálculo se debe comprobar que la estructura no supera ningún Estado Límite en cualquiera de las situaciones a realizar.

Las combinaciones de acciones se definen de acuerdo con el siguiente criterio:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G_{k,j}^* + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \Psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Donde:

- $G_{k,j}$: Valor característico de las acciones permanentes
- $G^*_{k,j}$: Valor característico de las acciones permanentes de valor no constante
- $Q_{k,1}$: Valor característico de la acción variable determinante
- $\Psi_{0,i}$: Valor representativo de combinación de las acciones variables que actúan simultáneamente con la acción variable determinante.

Estado Límite Último (ELU)

Los Estados Límite Últimos son aquellos que incluyen los casos que producen el fallo o colapso de la estructura o parte de ella.

La comprobación de los estados límite últimos se realiza mediante la comprobación a resistencia e la comprobación a pandeo en el caso de los pilares. Esto significa que se debe cumplir la siguiente condición:

$$\frac{N}{A \cdot x \cdot f_{yd}} + \frac{M}{W \cdot f_{yd}} \leq 1$$

Las combinaciones de carga consideradas, para este caso específico, son:

- 1) $1,35 \times \text{Peso propio} + 1,5 \times \text{Nieve}$
- 2) $1,35 \times \text{Peso propio} + 1,5 \times \text{Viento presión}$
- 3) $1,00 \times \text{Peso propio} + 1,5 \times \text{Viento succión}$
- 4) $1,35 \times \text{Peso propio} + 1,5 \times \text{Nieve} + 1,5 \times 0,6 \times \text{Viento presión}$
- 5) $1,35 \times \text{Peso propio} + 1,5 \times \text{Viento presión} + 1,5 \times 0,5 \times \text{Nieve}$

Los coeficientes para realizar las comprobaciones pertinentes se obtienen de la tabla a Tabla 11.b, Tabla 11.c y la Tabla 12.1 de la normativa EAE, instrucción de Acero Estructural. Se toman estos factores puesto que el estudio se realizará sobre una población a 818 m y por tanto no supera los 1000 m. Se tomarán en cuenta las acciones más desfavorables para el cálculo.

TIPO DE ACCIÓN	Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones accidentales	
	Efecto favorable	Efecto desfavorable	Efecto favorable	Efecto desfavorable
Permanente	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,35$	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,00$
Permanente de valor no constante	$\gamma_{G^*} = 1,00$	$\gamma_{G^*} = 1,50$	$\gamma_{G^*} = 1,00$	$\gamma_{G^*} = 1,00$
Variable	$\gamma_Q = 0,00$	$\gamma_Q = 1,50$	$\gamma_Q = 0,00$	$\gamma_Q = 1,00$
Accidental	-	-	$\gamma_A = 1,00$	$\gamma_A = 1,00$

Tabla 14. Coeficientes parciales para las acciones (ELU)

	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Edificios emplazados a una altitud $H > 1000$ metros sobre el nivel del mar	0,7	0,5	0,2
Edificios emplazados a una altitud $H \leq 1000$ metros sobre el nivel del mar	0,5	0,2	0,0

Tabla 15. Coeficientes de simultaneidad para la acción de la nieve

ψ_0	ψ_1	ψ_2
0,6	0,2	0,0

Tabla 16. Coeficientes de simultaneidad para la acción del viento

Estados Límite de Servicio (ELS)

Los Estado Límite de Servicio solo incluyen las situaciones en la que la estructura no cumpla los requisitos de funcionalidad, durabilidad, comodidad o aspecto. Se debe tener en cuenta para estos aspectos la deformación de las vigas, considerando una deformación máxima de $L/300$, donde L la luz entre los apoyos.

Para las piezas que soportan los paneles fotovoltaicos hay que aplicar una condición extra. La deformación relativa no debe ser mayor de 15mm, puesto que es la máxima deformación que admiten los paneles antes de romper.

Las combinaciones de carga consideradas, para este caso específico, son:

- 1) 1,0 x Peso propio + 1,0 x Nieve
- 2) 1,0 x Peso propio + 1,0 x Viento Presión
- 3) 1,0 x Peso propio + 1,0 x Viento Succión
- 4) 1,0 x Peso propio + 1,0 x Nieve + 1,0 x 0,6 x Viento Presión
- 5) 1,0 x Peso propio + 1,0 x Viento Presión + 1,0 x 0,5 x Nieve

Los coeficientes de simultaneidad a utilizar se obtienen de las mismas Tablas que para las combinaciones de ELU; pero los coeficientes parciales para acciones son obtenidos de la Tabla 12.2 de la normativa EAE.

TIPO DE ACCIÓN	Efecto favorable	Efecto desfavorable
Permanente	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,00$
Permanente de valor no constante	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,00$
Variable	$\gamma_G = 0,00$	$\gamma_G = 1,00$

Tabla 17. Coeficientes parciales para las acciones (ELS)

8.6.3. Cimentación

Para la cimentación se ha tomado un hormigón H25, con un acero B400 para la armadura. Dicha cimentación se ha calculado respecto a las reacciones máximas que aparecen al aplicar las hipótesis de carga de los Estados Límite de Servicio.

El peso mínimo debe ser superior a la reacción máxima a tracción, en este caso:

$$P_z = \text{Volumen de zapata} \times \text{densidad del hormigón} \geq \text{Reacción máxima}$$

Para comprobar que las dimensiones de la zapata son suficientes debe cumplir que:

$$\sigma_1 = \frac{N}{a \cdot b} + \frac{6 \cdot M}{a^2 \cdot b} \leq 1,25 \cdot \sigma_t$$

$$\sigma_2 = \frac{N}{a \cdot b} - \frac{6 \cdot M}{a^2 \cdot b} \geq 0$$

Se debe cumplir la cuantía mínima de la cimentación, es decir, que su área sea 2% del volumen de la zapata. Asumiendo también que debe cumplir con un espacio de 20cm entre barras corrugadas.

Se obtiene, por tanto, una zapata con dimensiones **1,4 x 1,0 x 1,0 m** con una armadura compuesta por 7 barras en el ancho y 5 barras en el largo de 16mm de diámetro

8.6.4. Anclaje

Se introducirán unas placas de anclaje que serán necesarias para transmitir los esfuerzos en los extremos a la cimentación, repartiendo la carga y así, disminuyendo las presiones sobre las zapatas.

Deben ir empotradas para asegurar el correcto funcionamiento a la base de los pilares, además de soldadas y con un espesor correcto, debiendo estar lo suficientemente en contacto con el hormigón para que no se produzca un desenganche y se separen.

Como anteriormente se ha descrito, el material empleado será un acero laminado calidad S275 JR, y se dimensionará en base a una serie de condiciones y posterior comprobación.

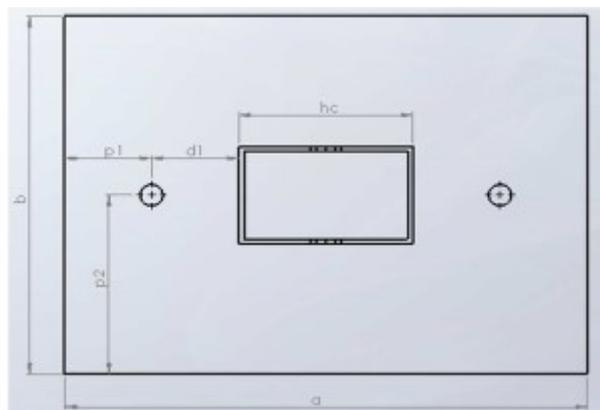


Ilustración 21. Esquema placa de anclaje

Las condiciones para el dimensionamiento de la placa de anclaje serán:

- 1) $a = 100 + a \text{ perfil} + 100\text{mm}$
- 2) $b = 80 + b \text{ perfil} + 80\text{mm}$
- 3) $35 \text{ mm} \leq p1, p2 \leq 60 \text{ mm}$
- 4) $35 \text{ mm} \leq d1 \leq 60 \text{ mm}$

Como se puede apreciar en el artículo 8.8.1 del DB SE-A, solamente a través de una zona específica alrededor del perfil se transmiten los esfuerzos a la zapata, que es denominada área portante. La anchura viene dada por el valor C:

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

Donde:

- f_y : Límite elástico del acero
- t : Espesor de la placa
- f_{jd} : Resistencia de cálculo del hormigón confinado

8.6.5. Uniones

Se debe asegurar una resistencia de cálculo en las uniones suficiente para resistir los requisitos. Para las uniones atornilladas de acero se usan tornillos de grado entre 4,6 y 10,9.

Se consideran esfuerzos a cortante para las uniones atornilladas; por tanto, el esfuerzo que resista el torllo ($F_{V,Ed}$) no excederá en ningún caso a la resistencia a cortante del tornillo ($F_{V,Rd}$):

$$F_{V,Ed} \leq F_{V,Rd}$$

En el caso en el que el plano de corte pase por la parte roscada del tornillo, la resistencia a cortante se obtendrá de la siguiente expresión:

$$F_{V,Rd} = \frac{0,6 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{Mb}}$$

Donde:

- f_{ub} : Tensión última a tracción del tornillo
- A_s : Área resistente a tracción del tornillo
- γ_{Mb} : Coeficiente parcial de seguridad

9. Elementos de la instalación

Antes de intentar comprender los diferentes objetos que se van a instalar en el recinto, todos los elementos vienen delimitados y se pueden apreciar en los diferentes planos que se encuentran adjuntos.

9.1. Viales

Los viales vienen dados por una zona de doble dirección que bordea todo el recinto además de una vía, también de doble dirección, que se encuentra en la parte media del recinto que hace posible el fácil acceso de los vehículos a las distintas plazas de aparcamiento que podemos encontrar.

Los viales que bordean al recinto tendrán una anchura de 7,5 m, dejando 3,75 m para cada carril, lo que hace cumplir con la norma vigente de aparcamiento de la localidad. Mientras que los viales que pertenecen al a la zona central tendrá una anchura de 7,5 m (1,0 m destinado a paso de peatones) lo que hace también que cumpla con la normativa vigente de paso de vehículos y peatones del municipio.

Se pueden apreciar también carriles de un solo sentido, intercalando las direcciones de los vehículos para poder tener más espacio destinado a aparcamientos (y por tanto para más paneles fotovoltaicos) con anchura de 6 m, ya que los aparcamientos serán ortogonales a la vía, por lo que se necesitan de esta medida para realizar las maniobras necesarias tanto para estacionar, como para proceder a la retirada del vehículo.

9.2. Zonas verdes

Para zonas verdes irán destinados 2204 m^2 , divididos en dos zonas claramente diferenciadas, que se encuentran en la zona Oeste de los aparcamientos y delimitando con la zona destinada a aerogeneradores.

La zona que encontramos en la parte Norte cuenta con 1269 m^2 de zonas verdes, mientras que la zona Sur dispone de 935 m^2 de estas zonas. La flora que se incluirá será la autóctona del lugar.

9.3. Entradas al recinto

Se crean dos entradas, puesto que la parcela se encuentra limitada por diferentes parcelas tanto en la parte Norte, como en la Sur. Las entradas las encontramos tanto en la parte Este, como en la Oeste. Estas entradas poseen carriles tanto de entrada como salida.

9.4. Puntos de carga de vehículos eléctricos

Serán destinadas 10 plazas de aparcamiento a carga de vehículos eléctricos (con posible ampliación en el futuro) para la carga de diferentes vehículos eléctricos.

Estas plazas tendrán un consumo adicional de energía que se deberá tener en cuenta para la instalación, con un coeficiente de simultaneidad de 0,25, es decir, que se usará como máximo el 25% de la instalación de carga. Existen tres tipos de carga de vehículos:

Tipo de carga ▼	Lugar	Potencia requerida	Tiempo
Carga lenta	En el garaje del hogar	De 2,3kW a 7,2 kW	Más de dos horas
Carga rápida	'Gasolineras' eléctricas	De 40kW a 150 kW	30 minutos
Carga semirápida	Centros comerciales, p�arkings o cargadores especiales	De 7,2 kW a 22 kW	Dos horas

Ilustraci on 22. Tipos de carga de vehículos eléctricos

Como el emplazamiento será un parking, se opta por la carga semir pida con un tiempo de carga de 2 horas. Esto hace añadir a la instalación (realizando la media de lo expuesto) un consumo de:

$$\text{Consumo} = \left(\frac{7,2 + 22}{2} \right) \times 10 \times 0,25 = 36,5 \text{ kW}$$

9.5. Plazas de aparcamiento

El principal objetivo de este trabajo es abastecer a la población de aparcamiento, aparte de generar energía suficiente para paliar las necesidades eléctricas de las diferentes infraestructuras adyacentes, por esa razón se diseñan una serie de aparcamientos que podremos diferenciarlos en tres tipos:

- Plazas destinadas a vehículos convencionales
- Plazas para recarga de vehículos eléctricos
- Plazas de minusválidos

9.5.1. Plazas destinadas a vehículos convencionales

Las plazas destinadas a vehículos convencionales tienen las dimensiones de 5,00 x 2,50 m. Estas dimensiones son las que se establecen razonables para un aparcamiento en perpendicular.

Se pueden encontrar 686 aparcamientos convencionales, lo que pretende abastecer la demanda de aparcamiento del polígono industrial, además de las demandas del restaurante cercano a la instalación.

9.5.2. Plazas para recarga de vehículos eléctricos

Como se explicó en el ``apartado 9.4. Puntos de carga de vehículos eléctricos`` el número de aparcamientos destinados a recarga de vehículos eléctricos es diez, que encontraremos situados a continuación de las plazas destinadas a minusválidos.

Estas diez plazas vendrán delimitadas en el suelo por su distintivo de recarga de vehículos, además de un característico color verde.

Las plazas destinadas a este sistema de recarga eléctrica tendrán unas dimensiones de 5,00 x 3,00 m. Añadiendo 0,50 m con respecto a las convencionales para los distintos vehículos con punto de recarga en la parte lateral del mismo.

9.5.3. Plazas para minusválidos

Plazas destinadas a minusválidos ascienden a veinte, se distribuirán en cuatro zonas de cinco plazas cada una.

Como las plazas destinadas a carga de vehículos eléctricos, las plazas destinadas a minusválidos estarán correctamente delimitadas y con su distintivo azul en la superficie.

Estas plazas tendrán unas dimensiones de 5,00 x 4,00 m, medidas que hacen posible el fácil acceso a personas con discapacidades y espacio suficiente para poder realizar las acciones necesarias para la manipulación de los diferentes útiles.

9.6. Inversor fotovoltaico

El inversor fotovoltaico no es objeto de estudio de este proyecto, puesto que se debería realizar un estudio de la corriente a convertir.

9.7. Señalización

La señalización viene dada por los diferentes distintivos necesarios para la correcta circulación de los vehículos y las personas que se encuentren en el recinto (STOP, Ceda el paso...)

Se puede apreciar la existencia de pasos de peatones alrededor de todo el recinto que permita la correcta circulación de personas.

9.8. Iluminación complementaria

Se instalarán seis módulos a una altura de 13 m, estos módulos lumínicos constan de 3 partes que se pueden modificar para poder alumbrar diferentes zonas de la parcela.

Cada módulo lumínico tendrá una potencia de 900 W, lo que hace que en conjunto se deba tener 5,4 kW, que se añadirá a la instalación con los paneles solares.



Ilustración 23. Proyector Led Serie PLI7 (900 W)





REFERENCIAS

Asignatura Sistemas Energéticos y Aprovechamientos Hidroeléctricos

Visor SigPac (<http://sigpac.mapama.gob.es/fega/visor/#>)

Energías renovables info (<http://www.energias-renovables.info/energia-no-renovable/>)

Portal ecoticias. El periódico verde (<https://www.ecoticias.com/>)

Componentes de una instalación solar fotovoltaica
(<https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448614488.pdf>)

Tipos de radiación (<https://pedrojhernandez.com/2014/03/08/radiacion-directa-difusa-y-reflejada/>)

Escuela Técnica eadic

(<http://eadic.com/wp-content/uploads/2013/09/Monograf%C3%ADa-Conceptos-generales-Energ%C3%ADa-E%C3%B3lica.pdf>)

Diseño y construcción de un aerogenerador

(<http://www.juntadeandalucia.es/averroes/centros-tic/14002984/helvia/aula/archivos/repositorio/1250/1255/html/aerogenerador/conceptos.html#tipos>)

Pensando en el territorio (<http://www.pensandoelterritorio.com/los-7-vientos-espanoles-mas-famosos/>)

Dominando el viento (<https://www.dominandoelviento.com/>)

Paneles solares de mayor eficiencia (2019) (<https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/los-10-paneles-solares-mas-eficientes-del-mercado/>)

Características placas LG

(http://www.lg-solar.com/downloads/products/ES_NeON%20R%2060cells.pdf)

Características placas AUO

(http://as-iberica.com/wp-content/uploads/download-manager-files/Web/00-MODULOS/1.%20AUO_BENQ/3.%20SUNFORTE%20PM096B00/1.%20HOJA%20DE%20CARACTERISTICAS/PM096B00_EN_p_20170928.pdf)

Características placas SHARP

(http://www.vicoexport.com/wp-content/uploads/2016/11/Sharp-Solar-NQR256A_MonoBack-Contact-www.vicoexport.com_.pdf)

ACF Ingeniería (<http://www.acfingenieria.com/project/calculo-de-estructura-y-cimentacion-de-marquesinas-gibraltar/>)

Hiasa, Grupo Gonvarri

(<http://www.hiasa.com/es/cargarFichaProducto.do?identificador=156>)

Guías de tarifas eléctricas (<https://atlas-energia.com/blog/guias-tarifas-3-1-a/>)

Construmática. Portal de Arquitectura, Ingeniería y Construcción

(https://www.construmatica.com/construpedia/Designaciones_de_Aceros_Correspondencia_Seg%C3%BAAn_Pa%C3%ADses_de_la_Uni%C3%B3n_Europea)

Protección contra la corrosión (<http://blog.utp.edu.co/metalografia/proteccion-contra-la-corrosion3/>)

Coste carga coche eléctrico

(https://www.elconfidencial.com/tecnologia/2017-12-08/cuanto-cuesta-cargar-coche-electrico-garaje-casa-precio_1489445/)

Proyector Led Serie PLI7 (900 W)

(https://venalsol.com/es/productos/industrial/proyector-led-serie-pli7-600-900w?gclid=Cj0KCQjwho7rBRDxARIsAJ5nhFr4STHbY8Ndr8mdrfJrkOTNGqvFVlvZDQoy9Y0Zkhtvf2NfbvoX7psaAkAwEALw_wcB)



Ayuntamiento de Tarancón

Incarlopsa S.A.

Peajes Eléctricos 2019

Norma 3.1 – IC Trazado

Instrucción de Acero Estructural (EAE).

Instrucción de Hormigón Estructural (EHE 08).

CTE-DB-SE-A.- Acero.

NCSE-02 para acción accidental sísmica.

Documento Básico de Seguridad Estructural de Acciones en Edificación (DB SE- AE).

Documento Básico de Seguridad Estructural de Estructuras de Acero (DB SE-A).

Documento Básico de Seguridad Estructural de Cimentaciones (DB SE-C).

Documento Básico de Seguridad en caso de Incendio (DB SI).

Documento Básico de Seguridad de utilización y accesibilidad (DB SUA).