



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Diseño de una marquesina de autobús fotovoltaica

Design of a photovoltaic bus shelter

Autor

Víctor Jardiel Pérez

Director

Ángel Antonio Bayod Rújula

Facultad / Escuela

Escuela de Ingeniería y Arquitectura

Año

2021

ÍNDICE

| | |
|--|-----------|
| 1. OBJETO Y ALCANCE DEL PROYECTO..... | 5 |
| 2. INTRODUCCIÓN..... | 6 |
| 2.1 EL RECURSO SOLAR..... | 6 |
| 2.1.1 ENERGÍA SOLAR EN ESPAÑA | 6 |
| 2.2 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA..... | 8 |
| 3. ANTECEDENTES | 10 |
| 4. NORMATIVA Y REGLAMENTACIÓN..... | 11 |
| 4.1 NORMATIVA APLICADA AL DISEÑO ESTRUCTURAL | 11 |
| 4.2 NORMATIVA APLICADA A LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA..... | 11 |
| 4.3 NORMATIVA APLICADA A LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA..... | 11 |
| 5. ELEMENTOS INSTALADOS EN LA MARQUESINA..... | 12 |
| 5.1.1 PANEL MUPI PUBLICITARIO E INFORMATIVO | 12 |
| 5.1.2 VENTILADOR CON LUZ LED | 12 |
| 5.1.3 ESTACIÓN DE CARGA USB | 13 |
| 5.1.4 PUNTO DE VENTA Y RECARGA DE TARJETAS BUS | 13 |
| 5.1.5 RESUMEN DE LOS CONSUMOS PREVISTOS..... | 13 |
| 6. MARQUESINA CONECTADA A LA RED | 15 |
| 6.1 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA..... | 15 |
| 6.1.1 PANEL SOLAR..... | 15 |
| 6.1.2 CÁLCULOS ENERGÉTICOS..... | 15 |
| 6.2 INSTALACIÓN ELÉCTRICA..... | 16 |
| 6.2.1 ELEMENTOS | 16 |
| 6.2.2 CONDUCTORES | 18 |
| 6.2.3 PROTECCIONES | 18 |
| 6.2.4 PUESTA A TIERRA | 19 |
| 6.3 DISEÑO ESTRUCTURAL | 19 |
| 6.3.1 ELEMENTOS | 19 |
| 6.3.2 DISEÑO FINAL | 24 |
| 6.3.3 INSTALACIÓN Y MONTAJE DE LA MARQUESINA..... | 26 |
| 6.4 RENTABILIDAD DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA..... | 27 |

| | | |
|-------------|---|------------|
| 7. | MARQUESINA AISLADA DE LA RED | 28 |
| 7.1 | INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA..... | 28 |
| 7.1.1 | INCLINACIÓN DE LOS PANELES | 28 |
| 7.1.2 | DIMENSIONAMIENTO | 28 |
| 7.2 | INSTALACIÓN ELÉCTRICA..... | 28 |
| 7.2.1 | ELEMENTOS | 28 |
| 7.2.2 | CONDUCTORES | 29 |
| 7.2.3 | PROTECCIONES | 29 |
| 7.2.4 | PUESTA A TIERRA | 30 |
| 7.3 | DISEÑO ESTRUCTURAL | 30 |
| 7.3.1 | ELEMENTOS | 30 |
| 7.3.2 | DISEÑO FINAL | 33 |
| 7.3.3 | INSTALACIÓN Y MONTAJE DE LA MARQUESINA..... | 35 |
| 7.4 | RENTABILIDAD DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA..... | 35 |
| 8. | CONCLUSIONES..... | 36 |
| 9. | BIBLIOGRAFÍA..... | 37 |
| 10. | ANEXOS | 40 |
| 10.1 | ANEXO I: GENERACIÓN DE ENERGÍA..... | 40 |
| 10.1.1 | CON INCLINACIÓN DE 10°..... | 40 |
| 10.1.2 | CON INCLINACIÓN DE 50°..... | 49 |
| 10.1.3 | CONSUMO NETO MENSUAL | 57 |
| 10.1.4 | GENERACIÓN DE UNA PLACA SOLAR EN DICIEMBRE (50°)..... | 65 |
| 10.2 | ANEXO II: CÁLCULO ESTRUCTURAL..... | 66 |
| 10.2.1 | SEMIPÓRTICO MARQUESINA AISLADA DE LA RED (INCLINACIÓN 50°)..... | 66 |
| 10.2.2 | SEMIPÓRTICO MARQUESINA CONECTADA A LA RED (INCLINACIÓN 10°) | 79 |
| 10.2.3 | ANCLAJE MARQUESINA AISLADA DE RED..... | 93 |
| 10.2.4 | ANCLAJE MARQUESINA CONECTADA A RED | 96 |
| 10.3 | ANEXO III: CÁLCULOS ELÉCTRICOS | 99 |
| 10.3.1 | SELECCIÓN DEL INVERSOR | 99 |
| 10.3.2 | CABLEADO | 100 |
| 10.3.3 | PROTECCIONES | 104 |
| 10.3.4 | PUESTA A TIERRA | 106 |
| 10.4 | ANEXO IV: ESTUDIO DE RENTABILIDAD | 108 |
| 10.5 | ANEXO V: FICHAS TÉCNICAS | 109 |

1. OBJETO Y ALCANCE DEL PROYECTO

El objeto de este TFG es la realización del diseño de dos marquesinas de autobús: una conectada a la red eléctrica, pero apoyada en energía solar fotovoltaica, con el propósito de reducir el consumo eléctrico y continuar con la transición hacia un mobiliario urbano limpio y sostenible; y otra que se alimenta únicamente de energía solar para aquellos lugares donde la red eléctrica no sea de fácil acceso. Ambas situadas en la provincia de Zaragoza.

Se empezará con un estudio del estado del arte de las marquesinas, así como un estudio de la normativa y los requerimientos tanto de tamaño como de accesibilidad que deben tener. A su vez, se estudiará el consumo de energía según las funcionalidades propuestas. Las marquesinas disponen de las siguientes funcionalidades:

- Un panel informativo LED con doble función: mostrar la hora de llegada de los autobuses y ser un expositor publicitario.
- Un ventilador con luz LED integrada.
- Una máquina de venta y recarga tarjetas bus.
- Una zona de recarga de dispositivos electrónicos mediante USB.

Una vez obtenidos los consumos, se realizará un estudio de la radiación y la generación fotovoltaica en Zaragoza, cuyos datos se recogerán con la herramienta PVGIS y variarán según la inclinación seleccionada y necesidades energéticas de cada caso.

Más adelante, se realizará el diseño de ambas marquesinas teniendo en cuenta la normativa. Para ello, se realizará el cálculo estructural de los semipórticos y sus anclajes mediante la herramienta MEFI y siguiendo el Código Técnico de Edificación. Además, se dibujará en 3D como quedaría cada marquesina montada con la ayuda del programa Inventor.

Una vez realizado el diseño estructural, se dimensionará la instalación eléctrica donde se calculará el cableado, inversor, batería y protecciones para cada caso teniendo en cuenta el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

Por último, se analizará la rentabilidad de la instalación fotovoltaica para cada caso.

En este proyecto se plasmarán los conocimientos de electricidad, resistencia de materiales y diseño adquiridos durante el grado.

2. INTRODUCCIÓN

2.1 EL RECURSO SOLAR

La energía solar se debe a las reacciones de fusión nuclear, que tienen lugar en el Sol, donde el H_2 es convertido en He. La energía se libera en forma de radiación de materia, mayoritariamente reflejada por la atmósfera terrestre, y radiación electromagnética, liberada por la fotosfera. Esta última es la que se conoce como radiación solar y es la que se aprovecha para generar energía.

Para el estudio de la energía solar se deben conocer algunos conceptos básicos:

- Radiación solar: conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el sol, en un espectro desde el infrarrojo hasta el ultravioleta.
- Irradiancia solar (G): magnitud que describe la radiación solar que llega hasta la superficie de la tierra. Es la potencia recibida por unidad de superficie y se mide en W/m^2 . También se le conoce como flujo de radiación.
- Irradiación (H): Cantidad de irradiancia recibida en un lapso de tiempo determinado. Se mide en Wh/m^2 o en J/m^2 . También se la conoce como densidad de energía radiante.

La radiación total que recibe la superficie terrestre se divide en tres:

- Radiación difusa (IS): absorbida y difundida por la atmósfera (aumenta en días nublados). Es la emitida por la atmósfera en todas direcciones y depende de las condiciones ambientales, especialmente de la nubosidad y de la inclinación de la placa.
- Radiación reflejada o albedo (IR): es aquella que es reflejada por todos los elementos cercanos a la placa: nubes, atmósfera, tierra, nieve, etc...
- Radiación directa (ID): es la que se recibe directamente del Sol, disminuye en días nublados.



Ilustración 1. Radiación directa, difusa y reflejada. (Sunfields Europe, 2021)

2.1.1 ENERGÍA SOLAR EN ESPAÑA

Como se ilustra a continuación, España es uno de los países de Europa donde mayor es la irradiación. Además, Zaragoza en concreto está situada en buen lugar dentro de la península.

“La energía solar en España alcanzó un nuevo récord el 14 de marzo de 2021. Según datos de Red Eléctrica, ese día se alcanzó una generación instantánea de 7.898 MW en la Península Ibérica. Esta cifra representa casi el 30% de toda la demanda eléctrica.” (TECPA, 2021)

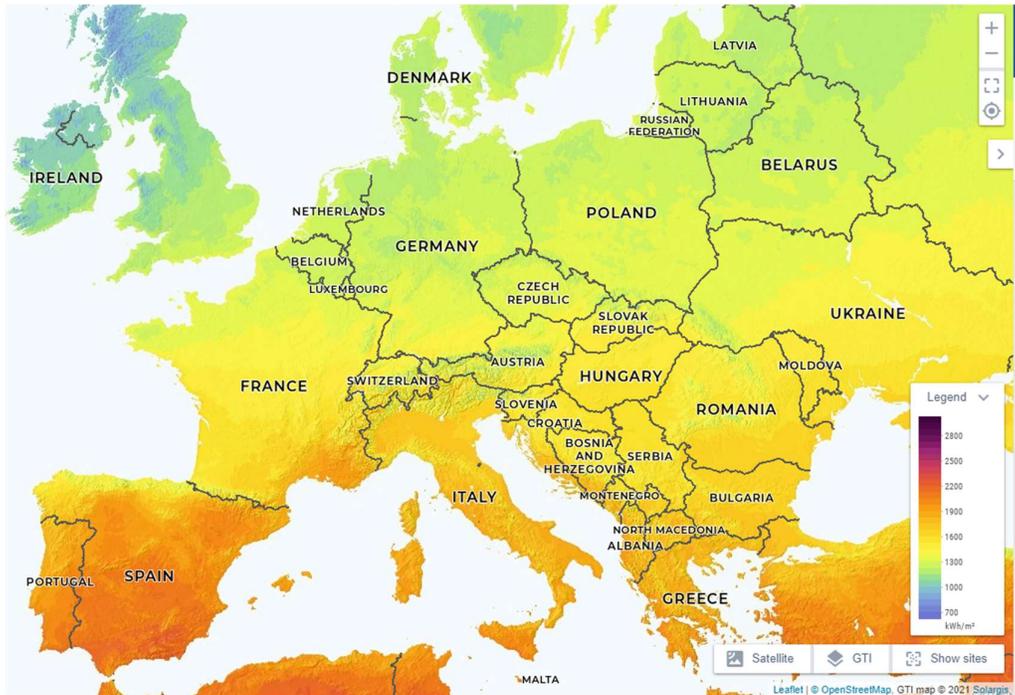


Ilustración 2. Irradiación solar con ángulo óptimo. (Global Solar Atlas, 2021)

Irradiancia Global media [1983-2005] (Kwh m-2 dia-1)
SIS (CM-SAF)

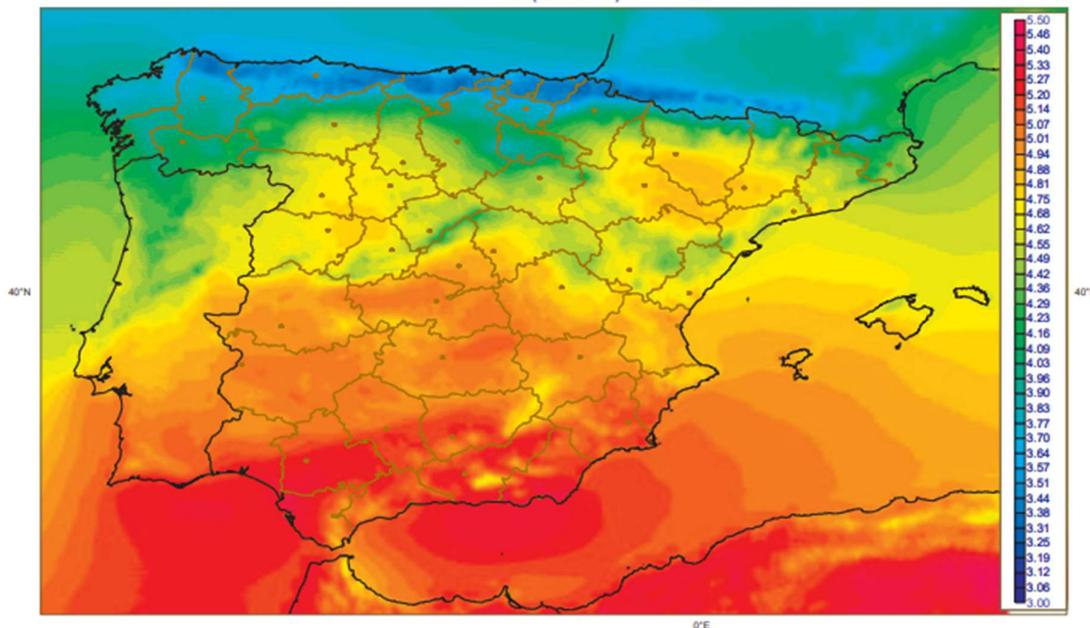


Ilustración 3. Irradiancia global media en la Península Ibérica. (AEMET, 2021)

2.2 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

La energía solar fotovoltaica está basada en el efecto fotovoltaico que ocurre en las células solares. Estas células, donde se genera corriente continua al incidir la luz del Sol sobre su superficie, se basan en las propiedades de los semiconductores.

Este tipo de energía tiene las siguientes ventajas:

- Simplicidad: generan directamente a partir de la luz del sol.
- Energía renovable: es un recurso inagotable, el CO2 emitido en fabricación se compensa en 2 años, y el principal impacto es el efecto visual sobre el paisaje.
- Modularidad: siempre puede ampliarse con nuevos elementos.
- Duración: de 20 a 40 años.
- Seguridad: no existe riesgo potencial que pueda afectar a personas, materiales o ambiente (flora y fauna), ni elementos inflamables, y no atraen los rayos.
- Evolución decreciente del coste de módulos. Coste real: coste de instalar y mantener adecuadamente el sistema fotovoltaico.

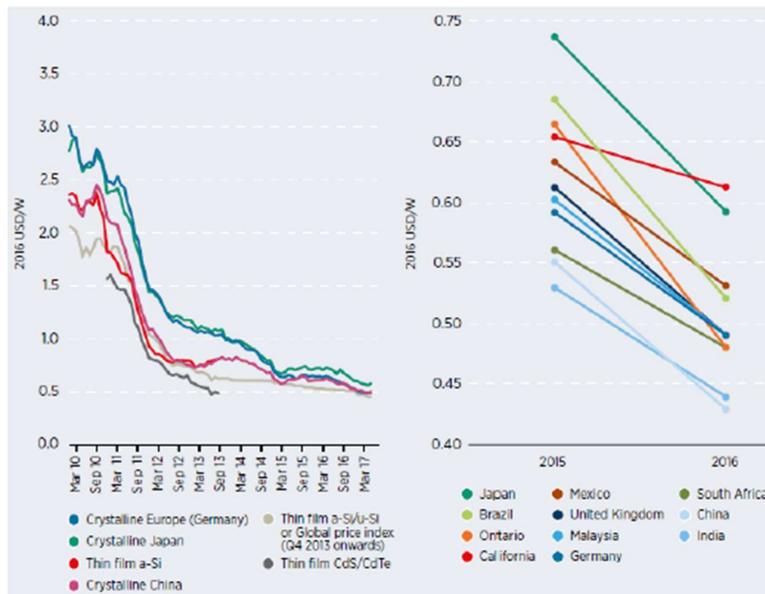


Ilustración 4. Promedio de los precios mensuales del módulo fotovoltaico solar europeo por módulo de tecnología y fabricante (izq.) y precios medios anuales de los módulos (der.). (IRENA, 2021).

Existen dos tipos principales de instalaciones fotovoltaicas:

- Sistemas conectados a red: se constituyen con un generador fotovoltaico, un subsistema de regulación y de adaptación de corriente, cableado, protecciones...

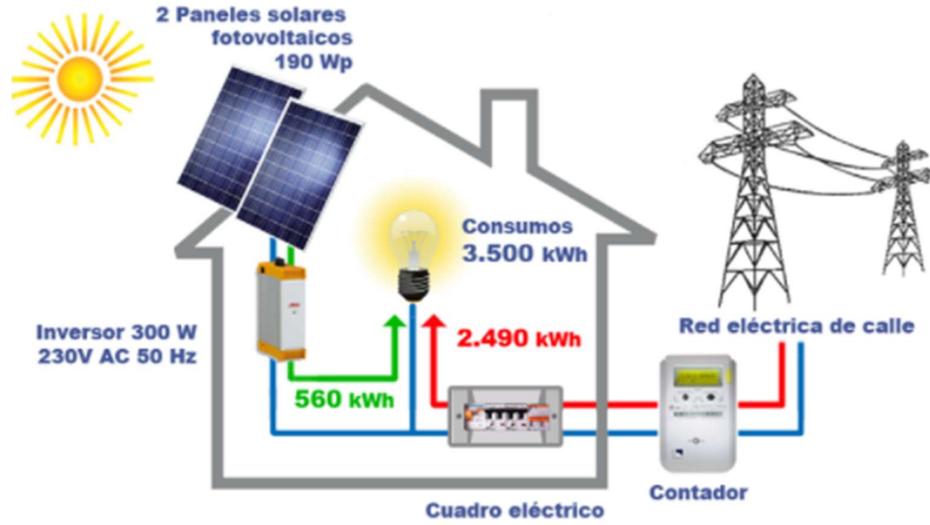


Ilustración 5. Sistema conectado a red. (INTEC, 2021)

- Sistemas aislados: se constituyen con un generador fotovoltaico, un subsistema de regulación, un subsistema de adaptación de corriente, un subsistema de almacenamiento, cableado, protecciones...

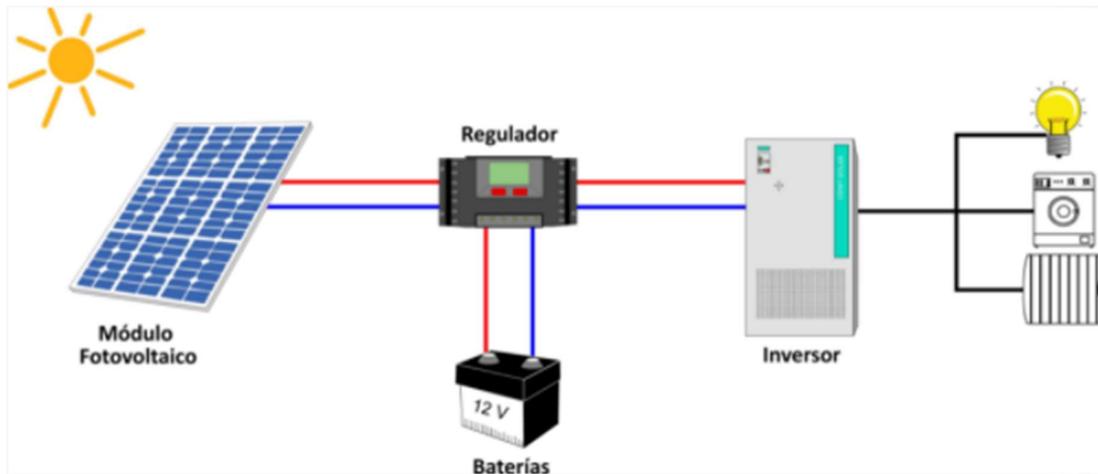


Ilustración 6. Sistema aislado. (Cenit Solar, 2021)

3. ANTECEDENTES

Debido al auge de la generación fotovoltaica, con su coste decreciente, y con la meta de cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible y la Agenda 2030, las ciudades están mejorando su mobiliario urbano con este tipo de tecnología. A continuación, se muestran algunos ejemplos:

- Pérgola fotovoltaica: situada en Barcelona, cumple su función de dar sombra y, a su vez, genera energía que se inyecta en la red.



Ilustración 7. Pérgola fotovoltaica. (Construible, 2021)

- Árboles solares: instalados en Valencia, abastecen a colegios e instalaciones municipales.



Ilustración 8. Árboles solares. (El Periódico de la Energía, 2021)

- Farolas solares: cada vez es más frecuente encontrarse en el alumbrado urbano este tipo de farolas que se aprovechan para colocar paneles solares.



Ilustración 9. Farolas solares. (Almevi, 2021)

4. NORMATIVA Y REGLAMENTACIÓN

4.1 NORMATIVA APLICADA AL DISEÑO ESTRUCTURAL

- Código técnico de la edificación (CTE):
 - Documento Básico; Seguridad Estructural (DB SE).
 - Documento Básico; Seguridad Estructural; Acciones en la edificación (DB SE-AE).
 - Documento Básico; Seguridad Estructural; Acero (DB SE-A).
- **Real Decreto 1544/2007**, de 23 de noviembre, por el que se regulan las condiciones básicas de accesibilidad y no discriminación para el acceso y utilización de los modos de transporte para personas con discapacidad.

4.2 NORMATIVA APLICADA A LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

- **Real Decreto 244/2019**, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.
- **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.

4.3 NORMATIVA APLICADA A LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT):
 - ITC-BT-18: Instalaciones de puesta a tierra.
 - ITC-BT-19: Instalaciones interiores o receptoras. Prescripciones generales.
 - ITC-BT-21: Instalaciones interiores o receptoras. Tubos y canales protectores.
- **Real Decreto 614/2001**, de 8 de junio, sobre las protecciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- **Real Decreto 1663/2000**, de 29 de septiembre, sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.

5. ELEMENTOS INSTALADOS EN LA MARQUESINA

A continuación, se muestran los elementos que irán instalados en ambas marquesinas.

5.1.1 PANEL MUPI PUBLICITARIO E INFORMATIVO

Para mostrar el tiempo de llegada de los buses, avisos importantes, información y publicidad se empleará el panel informativo LED de la marca BQB Technology unido al MUPI de publicidad, cuya potencia es de 270 W, con una entrada de 230 V.

- ▶ A partir de dos líneas de 40 caracteres
- ▶ Disponibles en LEDs de varios colores o FULL COLOR
- ▶ LEDs de Alta Luminosidad (High Brightness)
- ▶ Scroll en todas las líneas
- ▶ Sensor de luminosidad con ajuste automático
- ▶ Comunicación inalámbrica de datos
- ▶ Compatibilidad con integradores

En **BQB** somos flexibles, nos adaptamos a la configuración y acabados que nuestros clientes necesitan.



Figura 1. Características del panel MUPI informativo. (BQB Technology, 2021)

5.1.2 VENTILADOR CON LUZ LED

Se colocará en el falso techo el ventilador PR Kilma de 30 W que se activará cuando la temperatura supere los 30 °C y una luz LED de 40 W que funcionará por la noche. Entrada de 230 V. Diámetro de 59,5 cm.



Ilustración 10. Ventilador con luz LED. (Bauhaus, 2021)

5.1.3 ESTACIÓN DE CARGA USB

La estación de carga de dispositivos electrónicos se colocará en un poste de seguridad junto al banco. Su potencia es de 15 W, con una entrada de 230 V.



Ilustración 11. Estación de carga USB.

5.1.4 PUNTO DE VENTA Y RECARGA DE TARJETAS BUS

Se instalará una máquina, de la empresa Ingenia, con las siguientes funciones: venta de tarjetas nuevas, recarga de tarjetas, consulta de saldo, impresora térmica para la emisión de justificantes de pago, consulta de tarifas, horarios, condiciones... Su potencia es de 50 W en reposo y 500 W de pico cuando imprime billetes. Entrada de 230 V.



Ilustración 12. Punto de venta y recarga de tarjetas bus. (Ingeniacom, 2021)

5.1.5 RESUMEN DE LOS CONSUMOS PREVISTOS

Para analizar el consumo medio horario se supone lo siguiente:

- Panel informativo: funciona según horario de bus.
- Sistema de recarga de tarjetas: funciona según horario de bus.
- Recarga de móviles (USB): funciona según horario de bus y se supone una media de uso de 10 Wh cada hora (usado dos tercios del tiempo).
- Ventilador: funciona cuando la temperatura supera los 30°C.

- Iluminación: funciona según la puesta y la salida del sol aproximada cada mes.

| Elemento | Consumo medio (Wh) | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio |
|--------------------------------|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------------|------------------|
| Panel informativo | 270 | De 6 a 23 | De 6 a 23 |
| Sistema de recarga de tarjetas | 70 | De 6 a 23 | De 6 a 23 |
| Recarga de móviles (USB) | 10 | De 6 a 23 | De 6 a 23 |
| Ventilador | 30 | No se usa | No se usa | No se usa | No se usa | Depende de la Tª | Depende de la Tª |
| Iluminación | 40 | De 18 a 8 | De 18 a 8 | De 19 a 8 | De 20 a 8 | De 21 a 7 | De 21 a 7 |

Tabla 1. Consumos medios y desglose horario para la primera mitad del año.

| Elemento | Consumo medio (Wh) | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |
|--------------------------------|--------------------|------------------|------------------|------------------|-----------|-----------|-----------|
| Panel informativo | 270 | De 6 a 23 | De 6 a 23 | De 6 a 23 | De 6 a 23 | De 6 a 23 | De 6 a 23 |
| Sistema de recarga de tarjetas | 70 | De 6 a 23 | De 6 a 23 | De 6 a 23 | De 6 a 23 | De 6 a 23 | De 6 a 23 |
| Recarga de móviles (USB) | 10 | De 6 a 23 | De 6 a 23 | De 6 a 23 | De 6 a 23 | De 6 a 23 | De 6 a 23 |
| Ventilador | 30 | Depende de la Tª | Depende de la Tª | Depende de la Tª | No se usa | No se usa | No se usa |
| Iluminación | 40 | De 21 a 7 | De 20 a 8 | De 20 a 8 | De 19 a 9 | De 18 a 8 | De 18 a 9 |

Tabla 2. Consumos medios y desglose horario para la segunda mitad del año.

6. MARQUESINA CONECTADA A LA RED

6.1 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

6.1.1 PANEL SOLAR

El panel solar seleccionado es el CS6K-265 de la marca Canadian Solar:



Ilustración 13. Panel solar CS6K-265. (Solar Design Tool, 2021)

Las especificaciones relevantes de este panel para el cálculo energético son las siguientes:

| | |
|--------------------------|--------|
| TONC (°C) | 43 |
| γ (%/°C) | 0,0041 |
| Pn (W) | 265 |
| Gstc (W/m ²) | 1000 |
| Nº Paneles | 4 |

Tabla 3. Especificaciones energéticas del panel CS6K-265.

6.1.2 CÁLCULOS ENERGÉTICOS

6.1.2.1 INCLINACIÓN DE LOS PANELES SOLARES

Como se ha comentado en la introducción, la marquesina se localizará en Zaragoza, además, se situará en una zona libre de sombras con orientación sur. En cuanto a la inclinación de los paneles, para este caso se han seleccionado 10° debido a que, al estar conectada a la red, se prioriza que el diseño sea similar a una marquesina convencional antes que optimizar la generación de energía.

6.1.2.2 GENERACIÓN Y CONSUMO

Para realizar el cálculo energético, se ha empleado la herramienta Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS), con la que se ha obtenido la generación anual desglosada por meses. El consumo se sobredimensionará un 25% como margen de seguridad. Además, se consideran unas pérdidas adicionales del 15 % por lo que habrá que tenerlo en cuenta en la generación. Si se decidiera situar la marquesina con una orientación diferente habría que aplicar un factor reductor a la generación.

| (kWh) | Energía consumida | Energía generada | Energía aportada por la red | Energía vertida a la red |
|------------|-------------------|------------------|-----------------------------|--------------------------|
| Enero | 252,26 | 73,36 | 178,90 | 0,00 |
| Febrero | 227,85 | 97,01 | 130,84 | 0,00 |
| Marzo | 250,71 | 135,51 | 115,20 | 0,00 |
| Abril | 241,13 | 155,97 | 85,15 | 0,00 |
| Mayo | 246,06 | 178,96 | 67,10 | 0,00 |
| Junio | 238,13 | 185,28 | 52,84 | 0,00 |
| Julio | 251,88 | 198,48 | 53,39 | 0,00 |
| Agosto | 251,49 | 182,18 | 69,30 | 0,00 |
| Septiembre | 241,13 | 144,75 | 96,37 | 0,00 |
| Octubre | 252,26 | 112,79 | 139,48 | 0,00 |
| Noviembre | 244,13 | 77,02 | 167,11 | 0,00 |
| Diciembre | 253,81 | 65,64 | 188,17 | 0,00 |
| Total | 2950,83 | 1606,96 | 1343,87 | 0,00 |

Tabla 4. Generación y consumo mensual con una inclinación de 10°.

Todos los cálculos están explicados y desglosados en horas en el **ANEXO I**.

Se observa que en ningún momento se vierte energía a la red. Por lo que, según el RD 244/2019, esta marquesina estaría incluida dentro de la modalidad de autoconsumo sin excedentes.

6.2 INSTALACIÓN ELÉCTRICA

6.2.1 ELEMENTOS

En este apartado se detallan los elementos eléctricos de la marquesina. La justificación de su elección se encuentra en el **ANEXO III** y las fichas técnicas completas en el **ANEXO V**.

6.2.1.1 PANEL SOLAR

El panel solar es el ya antes mencionado CS6K-265 de la marca Canadian Solar. Se emplearán 4 paneles conectados en paralelo cuyas características eléctricas son las siguientes:

| ELECTRICAL DATA STC* | | | | |
|------------------------------|---|--------|--------|--------|
| CS6K | 265P | 270P | 275P | 280P |
| Nominal Max. Power (Pmax) | 265 W | 270 W | 275 W | 280 W |
| Opt. Operating Voltage (Vmp) | 30.6 V | 30.8 V | 31.0 V | 31.3 V |
| Opt. Operating Current (Imp) | 8.66 A | 8.75 A | 8.88 A | 8.95 A |
| Open Circuit Voltage (Voc) | 37.7 V | 37.9 V | 38.0 V | 38.2 V |
| Short Circuit Current (Isc) | 9.23 A | 9.32 A | 9.45 A | 9.52 A |
| Module Efficiency | 16.19% | 16.50% | 16.80% | 17.11% |
| Operating Temperature | -40°C ~ +85°C | | | |
| Max. System Voltage | 1000 V (IEC) or 1000 V (UL) | | | |
| Module Fire Performance | TYPE 1 (UL 1703) or CLASS C (IEC 61730) | | | |
| Max. Series Fuse Rating | 15 A | | | |
| Application Classification | Class A | | | |
| Power Tolerance | 0 ~ + 5 W | | | |

Tabla 5. Características eléctricas del panel CS6K-265.

6.2.1.2 BATERÍA

Al estar la marquesina conectada a red, se analizará el consumo neto en el ANEXO I buscando la máxima energía almacenada y se seleccionará una batería con aproximadamente el doble de esta capacidad. En este caso, la máxima energía almacenada se produce en el mes de julio a las 16:00, 1580,08 Wh. Además, según la ficha técnica del inversor, la batería debe ser de 24 V.

Se ha seleccionado la batería de litio Pylontech 24V UP2500 (Autosolar, 2021) con capacidad de 2,8 kWh, cuya ficha técnica se encuentra en el ANEXO V.

6.2.1.3 INVERSOR

Se ha seleccionado el Axpert V VM3000-24 Plus, con las siguientes características:

Prestaciones:

- Inversor cargador maximizador múltiple de onda senoidal pura
- Selección de tipos de batería y de corriente de carga según las aplicaciones conectadas
- Selección del rango de tensión de entrada para electrodomésticos y ordenadores personales
- Posibilidad de elegir la fuente de alimentación prioritaria (baterías, placas, red)
- Compatible con generador eléctrico y/o red eléctrica
- Protección ante posible sobrecarga o cortocircuito
- Máxima optimización del rendimiento de las baterías por su cargador inteligente
- Función de arranque en frío
- Pantalla LCD multifunción
- Sin relé de arranque de grupo

Figura 2. Características inversor Axpert V VM3000-24 Plus. (Monsolar, 2021)

Como se indica en la ficha técnica en el ANEXO V:

| P_{nom} trabajo | $V_{\text{máx}}$ | $P_{\text{máx}}$ absorción | $I_{\text{máx}}$ |
|--------------------------|------------------|----------------------------|------------------|
| 3000W | 145 V | 1500 W | 60 A |

6.2.1.4 ARMARIO DE ELEMENTOS ELÉCTRICOS

Se empleará el armario eléctrico de doble puerta STD12 1230 de dimensiones 1200x1200x300 mm.



Ilustración 14. Armario eléctrico STD12 1230. (Adajusa, 2021)

6.2.2 CONDUCTORES

Las especificaciones de los conductores serán las siguiente:

- Conductores para tensión no inferior a 450/750 V.
- Conductores de cobre con aislamiento de PVC.
- Conductores aislados en bandeja o en el interior de la estructura.
- Sección necesaria de cada tramo calculada en el **ANEXO III**.
- Se empleará el siguiente código de colores:
 - Rojo: positivo.
 - Negro: negativo.
 - Amarillo-verde: tierra/protección.

Para la marquesina conectada a red los tramos son los siguientes:

| Tramo | Longitud (m) | Sección (mm ²) | Aislante |
|------------------------|--------------|----------------------------|----------|
| Placas-Inversor | 10 | 10 | PVC |
| Batería-Inversor | 1 | 25 | PVC |
| Red/Inversor-Elementos | 10 | 1,5 | PVC |
| Cables propios placas | 1 | 4 | PVC |

Tabla 6. Tramos de cableado marquesina conectada a red.

6.2.3 PROTECCIONES

6.2.3.1 PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS

Para evitar el contacto directo con zonas activas, la instalación eléctrica estará dispuesta de tal forma que no se pueda acceder a ella salvo destrucción intencionada del aislamiento.

6.2.3.2 PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES

Para la zona de continua será necesario:

- Un interruptor-seccionador de continua para el conjunto de ramas de los paneles solares calculado en el **ANEXO III**.
- Un magnetotérmico para el conjunto para el conjunto de ramas de los paneles solares calculado en el **ANEXO III**.
- Ocho fusibles, uno para cada rama de paneles solares calculados en el **ANEXO III**.

Para la zona de alterna deberá acogerse a la normativa vigente sobre la conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión del artículo 11 del RD 1663/2000 y además tener en cuenta los requisitos de conexión de la empresa propietaria de la distribución de energía eléctrica en el punto de conexión a red de la instalación fotovoltaica.

Además, se emplearán los siguientes elementos:

- Cuatro interruptores magnetotérmicos, uno para cada uno de los elementos conectados (panel informativo, máquina de tarjetas...) calculados en el **ANEXO III**.
- Un interruptor diferencial general calculado en el **ANEXO III**.

- Un elemento de corte general que proporcione un aislamiento requerido por el Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre las protecciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

6.2.3.3 PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES

Se deberán colocar descargadores de tensión (varistores) en la parte de continua y de alterna.

Para la parte de alterna se ha escogido el DEHNguard M TT 2P CI y para continua el DEHNguard ME DC.

6.2.4 PUESTA A TIERRA

Todas las partes metálicas de los componentes del sistema fotovoltaico y los elementos conectados a la red irán unidos a una conexión equipotencial a tierra, que será una placa enterrada de perímetro 19,2 m calculada en el **ANEXO III**. Los conductores de protección irán en las mismas canalizaciones que los de fase. Las secciones de los conductores de protección se han determinado siguiendo la tabla 2 del ITC-BT-18 y son las siguientes:

| Tramo | Longitud (m) | Sección (mm ²) | Aislante |
|------------------------|--------------|----------------------------|----------|
| Placas-Inversor | 10 | 10 | PVC |
| Batería-Inversor | 1 | 16 | PVC |
| Red/Inversor-Elementos | 10 | 1,5 | PVC |
| Cables propios placas | 1 | 4 | PVC |

Tabla 7. Secciones del cableado de protección marquesina conectada a red.

6.3 DISEÑO ESTRUCTURAL

6.3.1 ELEMENTOS

En este apartado se detallan los elementos estructurales de la marquesina.

6.3.1.1 ESTRUCTURA

La estructura está formada por tres semipórticos de acero S275JR anclado al suelo. A la hora de diseñar la estructura hay que tener en cuenta el RD 1544/2007 mencionado en la normativa, que dice: “La configuración de la marquesina deberá permitir el acceso bien lateralmente, bien por su parte central, con un ancho libre mínimo de paso de 90 centímetros. Asimismo, su espacio interior admitirá la inscripción de dos cilindros concéntricos superpuestos libres de obstáculos, el inferior, desde el suelo hasta una altura de 25 centímetros con un diámetro de 150 centímetros y el superior, hasta una altura de 210 centímetros medidos desde el suelo, con un diámetro de 135 centímetros”.

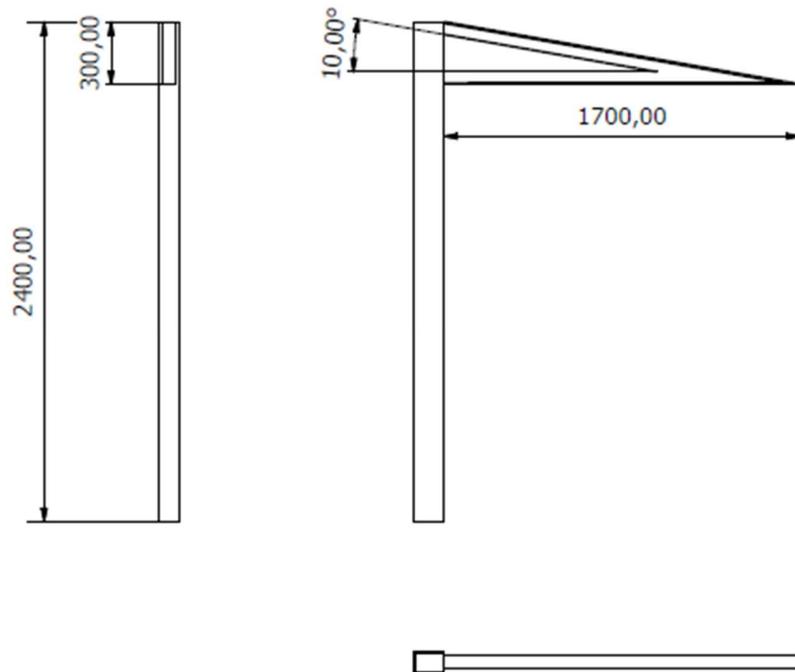


Figura 3. Medidas semipórtico 50 º (mm).

Los perfiles del semipórtico se definen en el ANEXO II, una vez determinadas todas las cargas que actúan sobre el mismo. Se obtiene para el pilar un perfil rectangular hueco de 150x100x8 mm y para el conjunto ménsula-dintel un perfil en T de 60x60x7 mm.

6.3.1.2 MARCO DE SUJECIÓN

Atornillado al semipórtico se tiene un marco, también de acero, con el objetivo de ayudar a la sujeción del panel sándwich y los módulos solares.

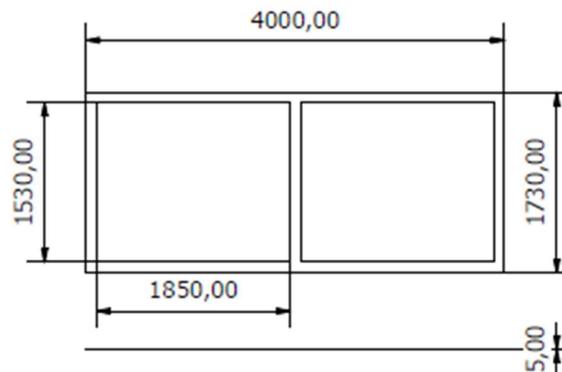


Figura 4. Medidas marco marquesina conectada a red (mm).

6.3.1.3 PANEL SÁNDWICH

Con el objetivo, tanto de evitar que las aguas pluviales se filtren a través de los módulos solares, como de facilitar la instalación de éstos, es necesario el uso de un panel sándwich. El

elegido es el panel sándwich con núcleo de lana de roca de Grupopanel con la cara exterior formada por un perfil metálico de 4 grecas, donde irá sujeto el soporte de los paneles solares, y la cara interior una lámina de acero, ambas con la capacidad de ser perforadas.

| | | | Distancia entre correas (m) | | |
|--------------|----------------------------|------------------------------------|-----------------------------|------|------|
| | | | Carga Kg/m ² | | |
| Espesor (mm) | Peso (Kg/m ²)* | A.Termico (W/m ² *h*°k) | 80 | 100 | 120 |
| 50 | 16,00 | 0,66 | 2,91 | 2,52 | 2,23 |
| 60 | 17,20 | 0,56 | --- | --- | --- |
| 80 | 19,50 | 0,44 | --- | --- | --- |
| 100 | 21,90 | 0,35 | 3,75 | 3,20 | 2,75 |
| 150 | 27,90 | 0,24 | 4,60 | 4,26 | 3,68 |

Tabla 8. Especificaciones panel sándwich GP-P4G-LDR. (Grupopanel, 2021)

Para está función se ha escogido un espesor de 50 mm. Las medidas necesarias son 1730x4000 mm.

6.3.1.4 PANELES SOLARES Y SOPORTE

Como se ha visto anteriormente se colocarán 4 paneles solares CS6K-265.

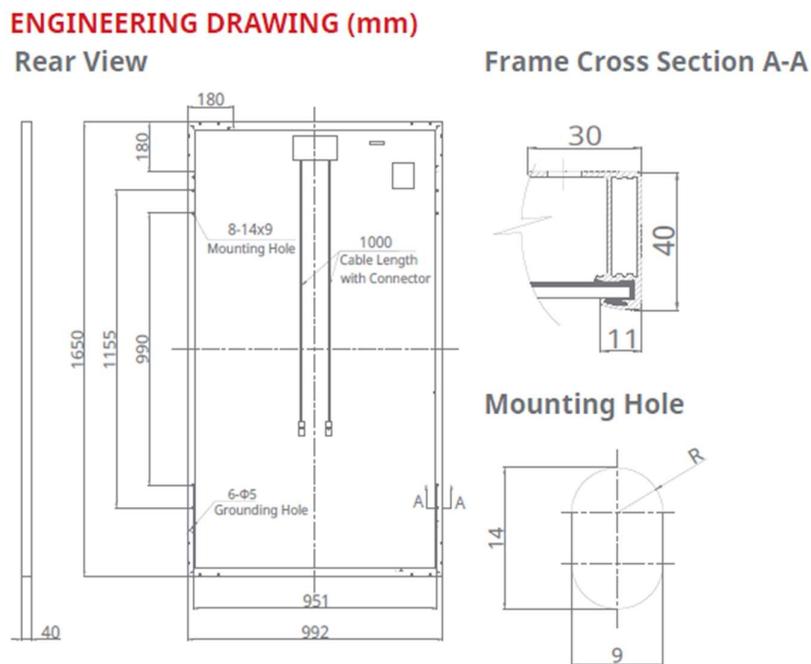


Figura 5. Plano módulo solar CS6K-265.

MECHANICAL DATA

| Specification | Data |
|------------------------|--|
| Cell Type | Poly-crystalline, 6 inch |
| Cell Arrangement | 60 (6×10) |
| Dimensions | 1650×992×40 mm (65.0×39.1×1.57 in) |
| Weight | 18.2 kg (40.1 lbs) |
| Front Cover | 3.2 mm tempered glass |
| Frame Material | Anodized aluminium alloy |
| J-Box | IP68, 3 diodes |
| Cable | 4.0 mm ² (IEC), 12 AWG (UL), 1000 mm (39.4 in) |
| Connector | T4 series |
| Per Pallet | 27 pieces, 538 kg (1186.1 lbs) |
| Per Container (40' HQ) | 756 pieces |

Tabla 9. Especificaciones mecánicas módulo solar CS6K-265.

A su vez, se empleará un soporte de aluminio comercial Sistema kit 03V para la fijación de los módulos al panel sándwich.



Ilustración 15. Ejemplo de módulo solar montado. (TeknoSolar, 2021)

| Peso | Resistencia al viento | Capacidad sobrecarga de nieve |
|-------|-----------------------|-------------------------------|
| 35 kg | Hasta 150 km/h | 40 kg/m ² |

Tabla 10. Especificaciones Sistema kit 03V.

6.3.1.5 FALSO TECHO

En el triángulo superior del semipórtico es necesario añadir un falso techo de PVC donde se instalará la luminaria, además de ocultar todo el cableado de la instalación fotovoltaica. También tapaná los laterales del mismo. El escogido es el de la marca Solerplast, perfil LT-208.

6.3.1.6 VIDRIO DE SEGURIDAD

Tanto en la parte trasera de la marquesina como en uno de los laterales se colocarán vidrios laminados de seguridad 6+6, estos vidrios están formados por la unión de varias láminas de vidrio de diferentes espesores. Se unen mediante películas de materiales plásticos translúcidas o transparentes que, unidas, dan sensación de láminas. Además, en caso de rotura, la unión con la película de material plástico evita la fragmentación y caída del vidrio, por lo que su comportamiento mecánico es mejorado en caso de impacto y evita el peligro de astillas de vidrio. Se emplearán dos vidrios de 1500x1850 mm y uno de 1500x1600 m.

| | | LamiGlass® 12mm | | | | | | |
|---|----------|---|------------|------------|------------|------------------|-------|-------|
| | | EN 14449:2005 | | | | | | |
| | | Laminated Glass intended to be used in buildings and construction works values as of March 2007 | | | | | | |
| | | 6.6.1 | 6.6.2 | 6.6.3 | 6.6.4 | 6.6.6 | 6.6.8 | 8.4.2 |
| Resistance to fire | | NPD | NPD | NPD | NPD | NPD | NPD | NPD |
| Reaction to fire | | NPD | NPD | NPD | NPD | NPD | NPD | NPD |
| External fire performance | | NPD | NPD | NPD | NPD | NPD | NPD | NPD |
| Bullet resistance | | NPD | NPD | NPD | NPD | NPD | NPD | NPD |
| Explosion resistance | | NPD | NPD | NPD | NPD | NPD | NPD | NPD |
| Burglar resistance | | NPD | P2A | NPD | P4A | P5A / P6B Tudela | P6B | NPD |
| Pendulum body impact resistance | | 1(B)1 | 1(B)1 | NPD | 1(B)1 | 1(B)1 | 1(B)1 | NPD |
| Resistance against sudden temperature changes and temperature differentials | K | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 |
| Wind, snow, permanent and imposed load resistance | mm | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| Direct airborne sound insulation | dB | 35 (-1;-3) | 35 (-1;-3) | 35 (-1;-3) | 35 (-1;-3) | 35 (-1;-3) | NPD | NPD |
| Thermal properties | | | | | | | | |
| Thermal transmittance (U-value) | W/(m².K) | 5.5 | 5.5 | 5.5 | 5.5 | 5.5 | 5.4 | 5.5 |
| Radiation properties | | | | | | | | |
| Light transmission τV | | 0.87 | 0.87 | 0.87 | 0.87 | 0.86 | 0.86 | 0.87 |
| Light reflection ρV | | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.08 |
| Solar energy transmission τE | | 0.70 | 0.69 | 0.68 | 0.66 | 0.65 | 0.64 | 0.68 |
| Solar energy reflection ρE | | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.07 |

Tabla 11. Especificaciones vidrio laminado de seguridad. (CristalAMedida, 2021)

6.3.1.7 BANCO Y APOYO ISQUIÁTICO

Según el RD 1544/2007: “Se dispondrá al menos de un apoyo isquiático y algún asiento. Los asientos agrupados o individuales tendrán reposa brazos al menos en su lateral exterior, la altura desde el asiento al suelo será de 45 ± 2 centímetros.”

El banco elegido es el banco urbano comercial ARCH de dos plazas con estructura de acero cincado, cuyas medidas son las siguiente:

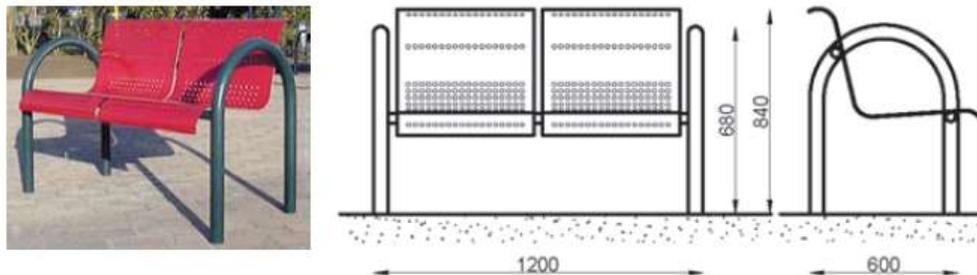


Figura 6. Banco urbano ARCH de dos plazas. (Martín Mena, 2021)

El apoyo isquiático será el ADP-157-B de acero inoxidable y se colocará anclado al suelo en uno de los laterales de la marquesina.

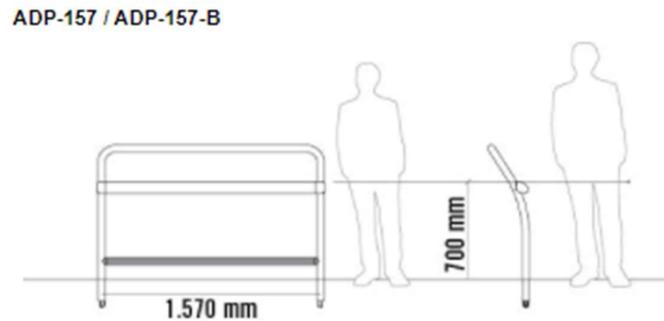


Figura 7. Apoyo isquiático ADP-157-B. (Vallas Metalia, 2021)

6.3.1.8 CIMENTACIÓN Y ANCLAJE

La marquesina se instalará en una losa de hormigo HA-25 anclada a ella mediante las placas de anclaje y pernos calculados en el ANEXO II.

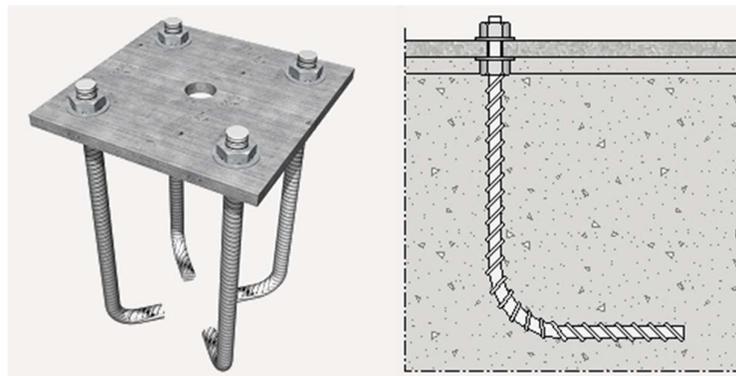


Ilustración 16. Placa de anclaje y pernos. (CYPE Ingenieros, 2021)

6.3.2 DISEÑO FINAL

A continuación, se muestra un modelo 3D simple de la marquesina para comprobar que cumple con el RD 1544/2007 de accesibilidad.

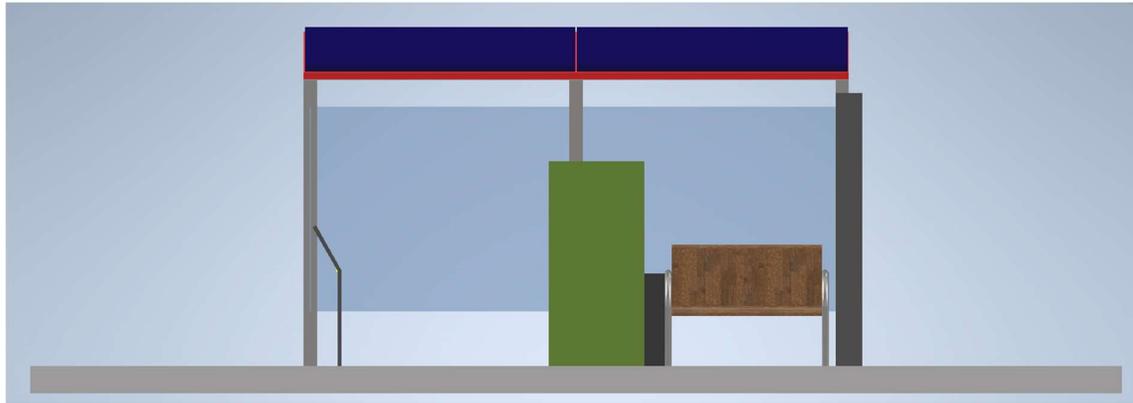


Ilustración 17. Marquesina conectada a red. Vista frontal.

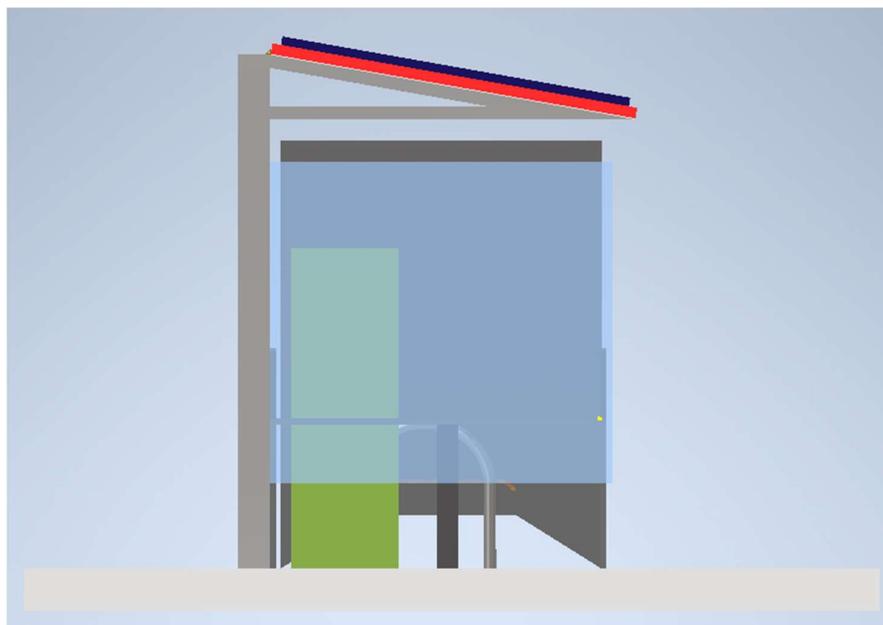


Ilustración 18. Marquesina conectada a red. Vista lateral.

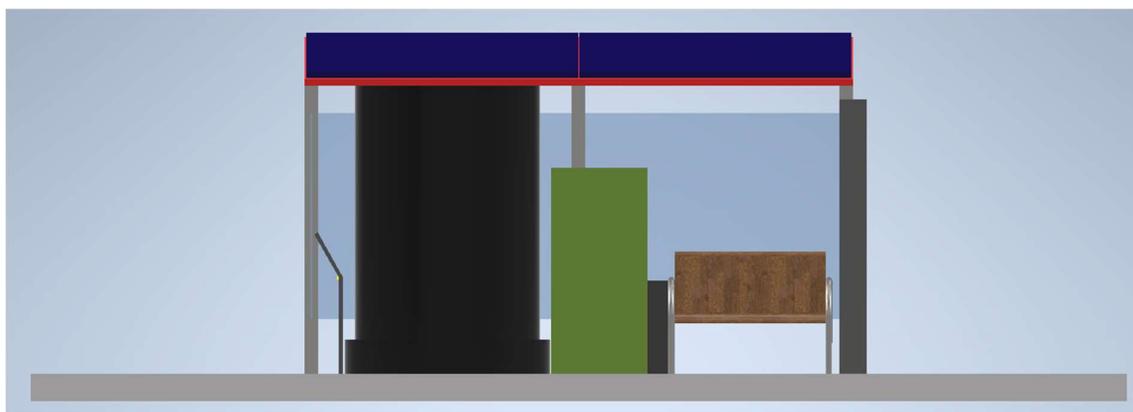


Ilustración 19. Marquesina conectada a red con cilindro de accesibilidad. Vista frontal.

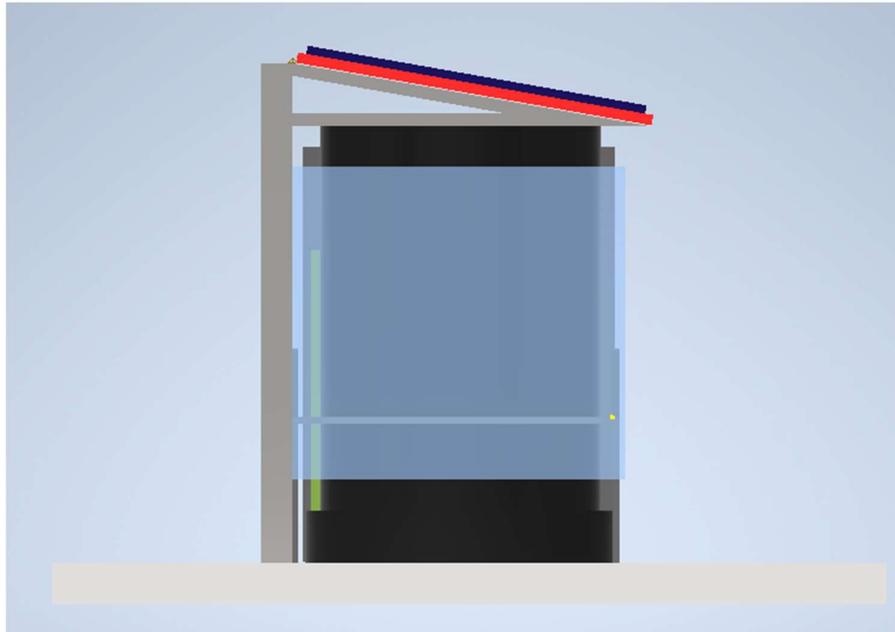


Ilustración 20. Marquesina conectada a red con cilindro de accesibilidad. Vista lateral.

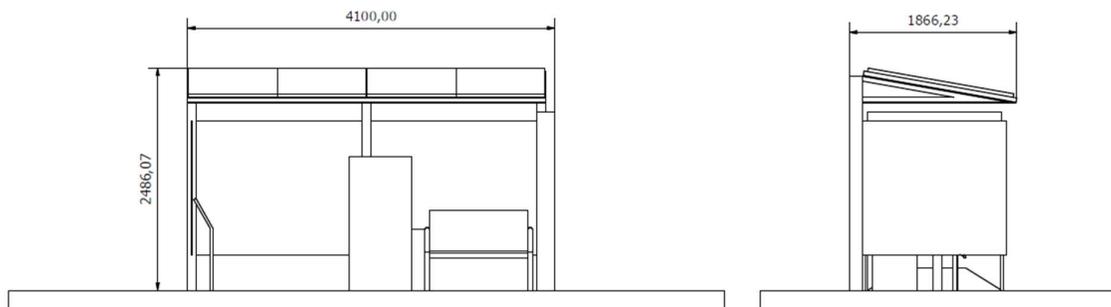


Figura 8. Medidas globales marquesina conectada a red.

6.3.3 INSTALACIÓN Y MONTAJE DE LA MARQUESINA

Antes de empezar con el montaje se realizará todo lo relacionado con la preparación de la obra (nivelación, replanteo y señalización de zanjas...). Más adelante se realizará la instalación de la placa de puesta a tierra y la posterior cimentación.

Una vez preparado el suelo, primero se colocarán los semipórticos (que vendrán ya soldados) mediante placas de anclaje y pernos.

Segundo, se atornillará el marco de sujeción a los semipórticos.

Tercero, se colocará el panel sándwich, el soporte de los paneles y los paneles solares atornillándolos según indica el fabricante.

Cuarto, se fijarán todas las canalizaciones del cableado.

Quinto, se montará el falso techo cerrando todo el triángulo superior del semipórtico y colocando en él el ventilador con luz LED.

Sexto, se colocará el armario de elementos eléctricos detrás de la marquesina y se conectará a los elementos eléctricos y a la red.

Por último, se instalará el panel informativo y publicitario; se anclarán el banco y el apoyo isquiático; y se colocarán los vidrios traseros y el lateral tal y como indica el fabricante.

6.4 RENTABILIDAD DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Para analizar la rentabilidad de la instalación fotovoltaica se tendrá en cuenta la inversión inicial en todos los componentes, sus amortizaciones a lo largo de los años y lo ahorrado en la factura eléctrica. Se escoge un tramo de 15 años, ya que es el ciclo de vida de la batería. Se toma un precio medio de 0,20 €/kWh (Selectra, 2021). Al año se generan 1606,96 kWh. Para la rentabilidad se ha supuesto una tasa de descuento del 7% (Generación Distribuida, 2021).

| Elemento | Cantidad [€] | Amortización |
|---------------------------|--------------|--------------|
| Paneles solares y soporte | 530,00 € | 15 |
| Batería | 1.264,15 € | 15 |
| Inversor | 480,00 € | 15 |
| Protecciones | 132,25 € | 15 |

Tabla 12. Inversión inicial instalación fotovoltaica conectada a red.

| Rentabilidad: | |
|---------------------|-------------|
| Años: | 15 |
| Impuestos: | 21,00% |
| Tasa actualización: | 7,00% |
| VAN: | 328,53 € |
| TIR: | 9,2% |
| ICB: | 0,14 |

Tabla 13. Rentabilidad instalación fotovoltaica marquesina conectada a red.

Los flujos de caja están calculados en el ANEXO IV. Se comprueba que la instalación fotovoltaica es rentable.

7. MARQUESINA AISLADA DE LA RED

A continuación, se va a diseñar una marquesina que funcione de forma autónoma, es decir, aislada de la red. Estará también situada en Zaragoza, con orientación sur, en una zona libre de sombras.

7.1 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

7.1.1 INCLINACIÓN DE LOS PANELES

En este caso, al no tener el apoyo de la red, se debe priorizar la generación de energía. Por ello, la inclinación elegida es de 50°, ya que ésta optimiza la generación en los meses de invierno, que es cuando menos se genera.

7.1.2 DIMENSIONAMIENTO

Para dimensionar la instalación se tendrá en cuenta la generación diaria de un panel solar en el mes más desfavorable, es decir, diciembre (**ANEXO I**) (827,51 Wh); y un consumo diario en diciembre de 8187,5 Wh (**ANEXO I**). Por tanto:

$$N^{\circ} \text{Paneles} = \frac{\text{Consumo}}{\text{Generación de un panel}} = \frac{8187,5}{827,51} = 9,89 \approx 10$$

7.2 INSTALACIÓN ELÉCTRICA

7.2.1 ELEMENTOS

En este apartado, igual que antes, se detallan los elementos eléctricos de la marquesina. La justificación de su elección se encuentra en el **ANEXO III** y las fichas técnicas completas en el **ANEXO V**.

7.2.1.1 PANEL SOLAR

El panel solar es el ya antes mencionado CS6K-265 de la marca Canadian Solar. Se emplearán 10 paneles conectados en cinco ramas en paralelo con dos en serie cada una.

7.2.1.2 INVERSOR

Se ha seleccionado el modelo superior al de la marquesina conectada a red, el Axpert VM5000-48. Como se indica en la ficha técnica en el **ANEXO V**:

| P_{nom} trabajo | $V_{\text{máx}}$ | $P_{\text{máx}}$ absorción | $I_{\text{máx}}$ |
|--------------------------|------------------|----------------------------|------------------|
| 5000W | 145 V | 3000 W | 60 A |

7.2.1.3 BATERÍA

Para la marquesina aislada de red se va a buscar una capacidad suficiente para satisfacer aproximadamente el consumo de 5 días. El máximo consumo se produce en diciembre, 8187,5 Wh. Además, según la ficha técnica del inversor, la batería debe ser de 48 V.

Se ha seleccionado la batería de litio Freedom Won Lite Hv (Suministros del Sol, 2021) de 48 V y 40 kWh, cuya ficha técnica se encuentra en el **ANEXO V**.

7.2.1.4 ARMARIO DE ELEMENTOS ELÉCTRICOS

Se empleará también el armario eléctrico de doble puerta STD12 1230.

7.2.2 CONDUCTORES

Se emplean los mismos criterios que en el caso anterior. Para la marquesina aislada, los tramos de cableado son los siguientes:

| Tramo | Longitud (m) | Sección (mm ²) | Aislante |
|-----------------------|--------------|----------------------------|----------|
| Placas-Inversor | 15 | 16 | PVC |
| Batería-Inversor | 1 | 25 | PVC |
| Inversor-Elementos | 15 | 1,5 | PVC |
| Cables propios placas | 1 | 4 | PVC |

Tabla 14. Tramos de cableado marquesina aislada.

7.2.3 PROTECCIONES

7.2.3.1 PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS

Igual que antes, para evitar el contacto directo con zonas activas, la instalación eléctrica estará dispuesta de tal forma que no se pueda acceder a ella salvo destrucción intencionada del aislamiento.

7.2.3.2 PROTECCIÓN CONTRA SOBREENTENSIDADES

Para la zona de continua será necesario:

- Un interruptor-seccionador de continua para el conjunto de ramas de los paneles solares calculado en el **ANEXO III**.
- Un magnetotérmico para el conjunto para el conjunto de ramas de los paneles solares calculado en el **ANEXO III**.
- Diez fusibles, dos para cada rama de paneles solares calculados en el **ANEXO III**.

Para la zona de alterna, se emplearán los siguientes elementos:

- Cuatro interruptores magnetotérmicos, uno para cada uno de los elementos conectados (panel informativo, máquina de tarjetas...) calculados en el **ANEXO III**.
- Un interruptor diferencial general calculado en el **ANEXO III**.

- Un elemento de corte general que proporcione un aislamiento requerido por el Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre las protecciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

7.2.3.3 PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES

De la misma forma que en la anterior marquesina, Se deberán colocar descargadores de tensión (varistores) en la parte de continua y de alterna.

Se han escogido también para la parte de alterna el DEHNguard M TT 2P CI y para continua el DEHNguard ME DC.

7.2.4 PUESTA A TIERRA

La puesta a tierra es la misma que en la otra marquesina. Las secciones del cableado son las siguientes:

| Tramo | Longitud (m) | Sección (mm ²) | Aislante |
|-----------------------|--------------|----------------------------|----------|
| Placas-Inversor | 15 | 16 | PVC |
| Batería-Inversor | 1 | 16 | PVC |
| Inversor-Elementos | 15 | 1,5 | PVC |
| Cables propios placas | 1 | 4 | PVC |

Tabla 15. Sección cableado de protección marquesina aislada.

7.3 DISEÑO ESTRUCTURAL

7.3.1 ELEMENTOS

7.3.1.1 ESTRUCTURA

En este caso, la estructura está formada por seis semipórticos de acero S275JR anclados al suelo. En este caso, las medidas del semipórtico serán las siguientes:

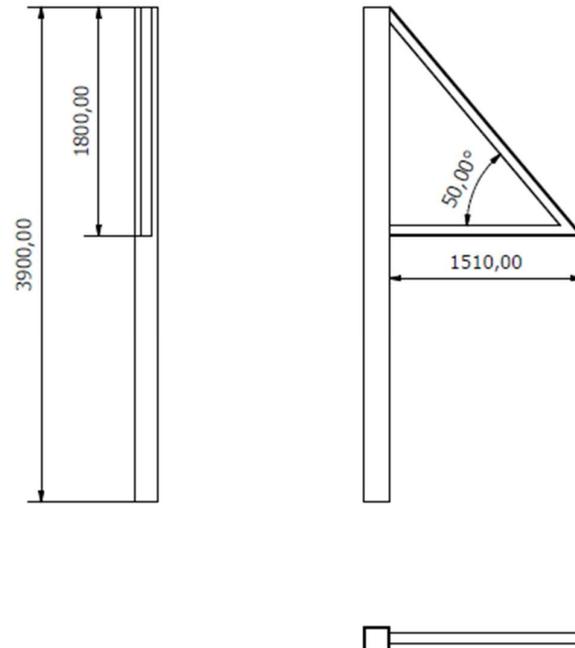


Figura 9. Medidas semipórtico 50 ° (mm).

Los perfiles del semipórtico se definen en el **ANEXO II**, una vez determinadas todas las cargas que actúan sobre el mismo. Se obtiene para el pilar un perfil rectangular hueco de 200x180x8 mm y para el conjunto ménsula-dintel un perfil en T de 80x80x9 mm.

7.3.1.2 MARCO DE SUJECCIÓN

En este caso, las medidas del marco son las siguientes:

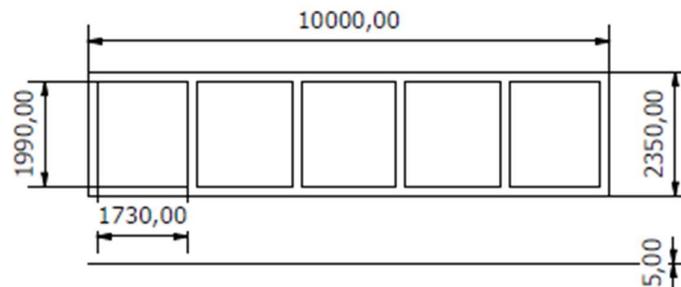


Figura 10. Medidas marco marquesina aislada (mm).

7.3.1.3 PANEL SÁNDWICH

Al igual que antes, se escoge un espesor de 50 mm. Para esta marquesina se necesitarán 2350x10000 mm,

7.3.1.4 PLACAS SOLARES Y SOPORTE

En este caso, se colocarán 10 módulos solares CS6K-265 que se situarán sobre el mismo modelo de soporte de aluminio comercial Sistema kit 03V para la fijación de los módulos al panel sándwich.

7.3.1.5 FALSO TECHO

Se empleará también el de la marca Solerplast, perfil LT-208.

7.3.1.6 VIDRIO DE SEGURIDAD

Para esta se emplearán dos vidrios de 1500x1730 mm, tres de 1500x1820 y uno de 1500x1500 mm del mismo tipo que para la otra marquesina.

7.3.1.7 BANCO Y APOYO ISQUIÁTICO

En este caso, debido a que hay mucho más espacio disponible se colocará el banco urbano comercial ARCH de tres plazas con estructura de acero cincado anclado al suelo, cuyas medidas son las siguientes:

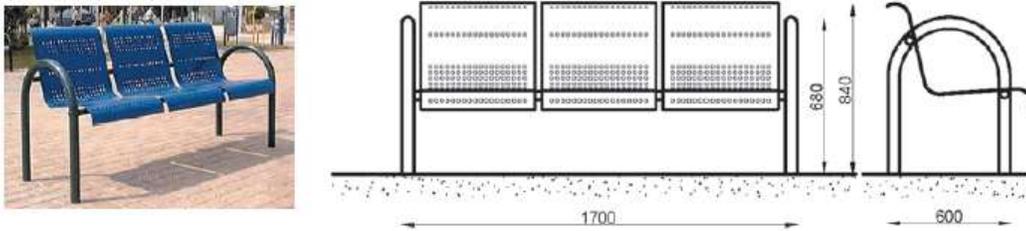


Figura 11. Banco urbano ARCH de tres plazas. (Martín Mena, 2021)

El apoyo isquiático será el ADP-207-B de acero inoxidable y se colocará anclado al suelo frente al vidrio trasero de la marquesina.

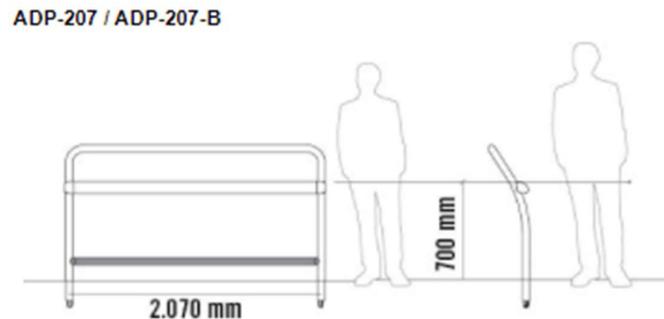


Figura 12. Apoyo isquiático ADP-157-B. (Vallas Metalia, 2021)

7.3.2 DISEÑO FINAL

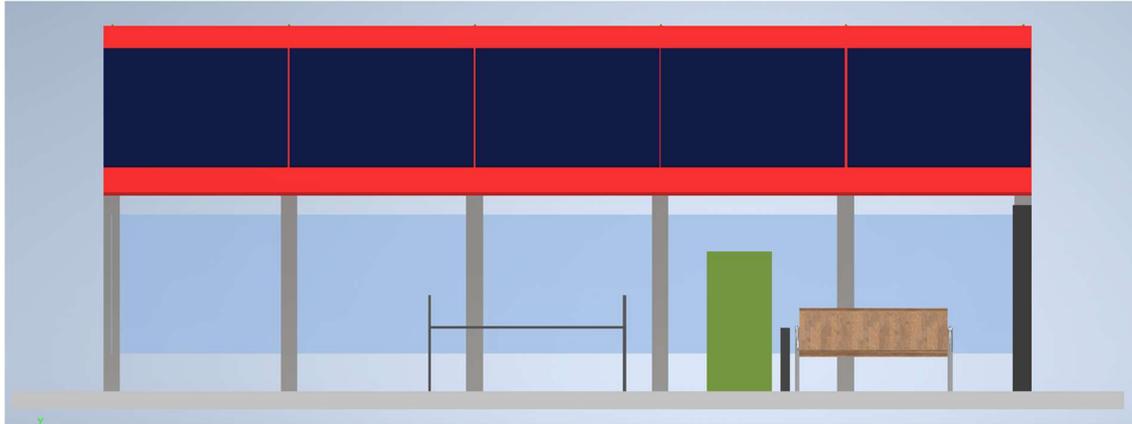


Ilustración 21. Marquesina aislada. Vista frontal.

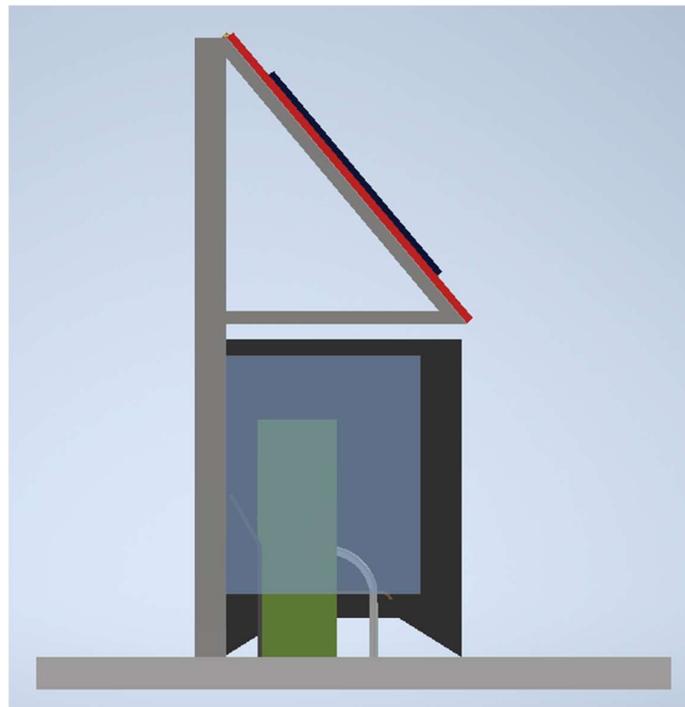


Ilustración 22. Marquesina aislada. Vista lateral.

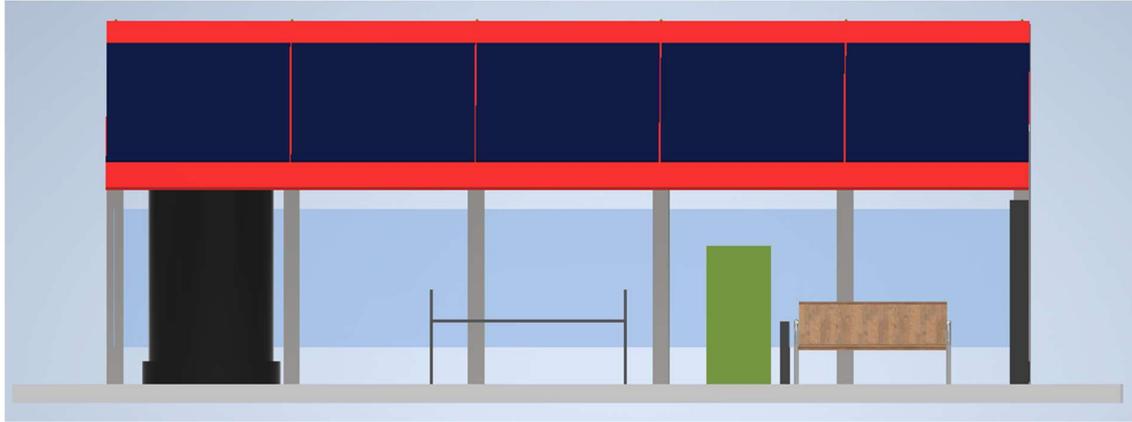


Ilustración 23. Marquesina aislada con cilindro de accesibilidad. Vista frontal.

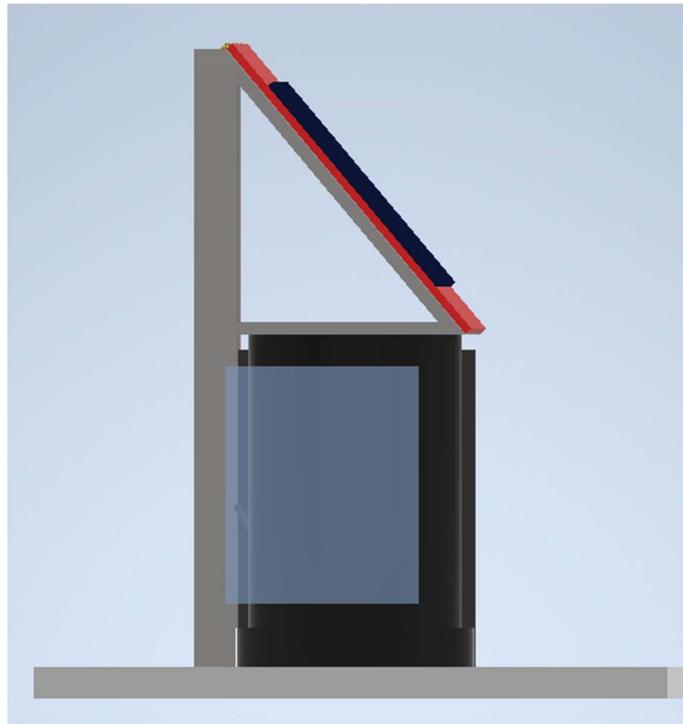


Ilustración 24. Marquesina aislada con cilindro de accesibilidad. Vista lateral.

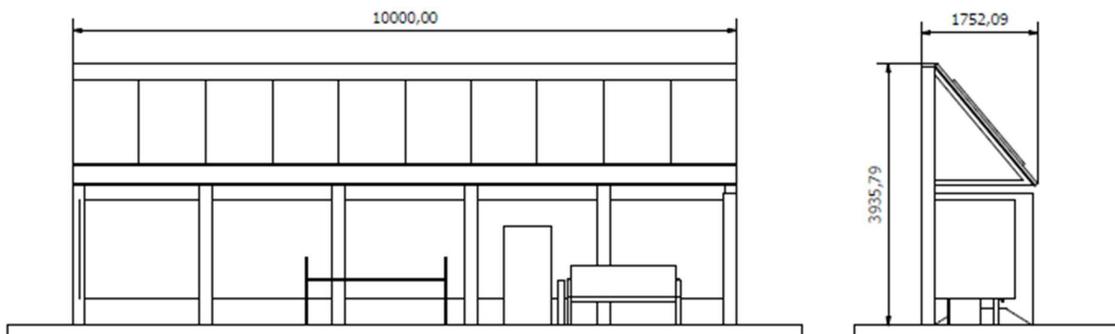


Figura 13. Medidas globales marquesina aislada (mm).

7.3.3 INSTALACIÓN Y MONTAJE DE LA MARQUESINA

El montaje de la marquesina aislada se realizará de la misma forma que el de la conectada a red.

7.4 RENTABILIDAD DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

En este caso, para analizar la rentabilidad no solo hay que estudiar lo que se ahorra en energía, sino también el ahorro en el coste que supondría la conexión a red en esa zona. Al ser la batería de un tamaño mucho mayor que la de la marquesina conectada a red la inversión inicial también es muy superior. Por lo tanto, la ubicación determinará si es rentable o no hacer que la marquesina sea aislada.

| Elemento | Cantidad [€] | Amortización |
|----------------|---------------------------|--------------|
| Placas solares | Paneles solares y soporte | 1.290,00 € |
| Batería | Batería | 34.399,00 € |
| Inversor | Inversor | 815,00 € |
| Protecciones | Protecciones | 132,67 € |
| Total | | 36.576,67 € |

Tabla 16. Inversión inicial instalación fotovoltaica marquesina aislada.

8. CONCLUSIONES

Este proyecto se ha comenzado con el análisis de los consumos de una marquesina con las funcionalidades deseadas, para posteriormente estudiar el consumo neto de la marquesina conectada a red y el dimensionamiento de la marquesina aislada. Como resultado se ha obtenido un ahorro anual de 1606,96 kWh con la marquesina conectada a red y la necesidad de colocar diez paneles en la marquesina aislada.

Una vez dimensionadas las marquesinas se han seleccionado todos los elementos constructivos de las mismas, obteniendo así las cargas que producen sobre la estructura.

Se ha optado por una estructura compuesta por semipórticos con una inclinación de 10° para la marquesina conectada a red y 50° para la aislada, calculando así las secciones necesarias para soportar tanto las cargas fijas como las variables. Se ha observado que la marquesina aislada debe ser más robusta al tener un ángulo de inclinación más elevado.

Una vez diseñadas las marquesinas, se ha calculado la instalación eléctrica necesaria, donde se ha constatado que uno de los mayores inconvenientes es el tamaño del batería necesario para la marquesina aislada.

Para finalizar, se ha visto durante este proyecto que la marquesina conectada a red sale rentable económicamente. Pero no solo hay que mirar el aspecto económico, en España cada kWh producido genera 0,25 kg de CO₂ (Gencat, 2021), por lo que con la marquesina fotovoltaica conectada a red se producirían 401,74 kg de CO₂ menos anualmente. Con la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible como meta, las ciudades deben actualizarse con el fin de que sean autosuficientes y estas mejoras en el mobiliario urbano son un paso hacia esa meta.

En cuanto a la marquesina aislada, el mayor problema es el precio de la batería. Sin embargo, con el paso del tiempo los precios del almacenamiento de energía están disminuyendo, por lo que en un futuro puede que también sea accesible y rentable.

9. BIBLIOGRAFÍA

Adajusa. (20 de Mayo de 2021).

AEMET. (23 de Marzo de 2021). Obtenido de https://www.aemet.es/documentos/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/atlas_radiacion_solar/atlas_de_radiacion_24042012.pdf

Almevi. (4 de Abril de 2021). Obtenido de https://almevi.mx/post/5-propuestas-de-mobiliario-urbano-sostenible?url_post=5_propuestas_de_mobiliario_urbano_sostenible

Autosolar. (3 de Mayo de 2021). Obtenido de <https://autosolar.es/baterias-de-litio/bateria-litio-pylontech-24v-up2500-28kwh>

Bauhaus. (20 de Abril de 2021). Obtenido de <https://www.bauhaus.es/ventiladores-de-techo/pr-klima-ventilador-de-techo-con-luz-led/p/27506941>

BQB Technology. (20 de Abril de 2021). Obtenido de <https://bqbtechnology.com/producto/paneles-led-marquesinas/>

Cenit Solar. (4 de Abril de 2021). Obtenido de <http://www.cenitsolar.com/>

Código Técnico de la Edificación. (2021). Obtenido de <https://www.codigotecnico.org/>

Construible. (4 de Abril de 2021). Obtenido de <https://www.construible.es/>

CristalAMedida. (7 de Julio de 2021). Obtenido de <https://www.cristalamedida.com/vidrio/286/venta/209/vidrio-laminado-6+6-incoloro-transparente#>

CYPE Ingenieros. (10 de Agosto de 2021). Obtenido de http://www.generadordeprecios.info/obra_nueva/Estructuras/Acero/Pilares/EAS006_Placa_de_anclaje_con_pernos_atornil.html#gsc.tab=0

El Periódico de la Energía. (4 de Abril de 2021). Obtenido de <https://elperiodicodelaenergia.com/valencia-plantara-arboles-eolicos-y-solares-para-abastecer-de-energia-colegios-y-parques/>

Gencat. (10 de Septiembre de 2021). Obtenido de https://canviatic.gencat.cat/es/actua/factors_demissio_associats_a_lenergia/#:~:text=El%20mix%20de%20la%20red%20el%C3%A9ctrica%20espa%C3%B1ola%20publicado%20por%20la,25%20kg%20CO2%2FkWh

Generación Distribuida. (15 de Septiembre de 2021). Obtenido de <http://generaciondistribuida.blogspot.com/2013/08/viabilidad-economica-instalacion-solar.html>

Global Solar Atlas. (23 de Marzo de 2021). Obtenido de globalsolaratlas.info

Grupopanel. (6 de Julio de 2021). Obtenido de <http://www.grupopanel.com/paneles-sandwich-cubierta-nucleo-lana-roca.html>

Ingeniacom. (20 de Abril de 2021). Obtenido de <https://www.ingeniacom.com/puntoventarecarga.html>

INTEC. (4 de Abril de 2021). Obtenido de <https://www.institutotecnologico.es/>

IRENA. (3 de Abril de 2021). Obtenido de <https://www.irena.org/>

Martín Mena. (7 de Julio de 2021). Obtenido de <https://www.martinmena.es/es/bancos-urbanos/banquetas-marquesinas/banco-urbano-arch.html>

Monsolar. (3 de Mayo de 2021). Obtenido de <https://www.monsolar.com/inversor-huber-3024mppt-basic.html>

PVGIS. (s.f.). Obtenido de EU Science Hub: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/#PVP

Real Decreto 1544/2007, de 23 de noviembre. (s.f.). Obtenido de Boletín Oficial del Estado: <https://www.boe.es/boe/dias/2007/12/04/pdfs/A49948-49975.pdf>

Real Decreto 1663/2000, de 29 de septiembre. (s.f.). Obtenido de Boletín Oficial del Estado: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2000-17599>

Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre. (s.f.). Obtenido de Boletín Oficial del Estado: <https://www.boe.es/boe/dias/2011/12/08/pdfs/BOE-A-2011-19242.pdf>

Real Decreto 244/2019, de 5 de abril. (s.f.). Obtenido de Boletín Oficial del Estado: <https://www.boe.es/boe/dias/2019/04/06/pdfs/BOE-A-2019-5089.pdf>

Real Decreto 614/2001, de 8 de junio. (s.f.). Obtenido de Boletín Oficial del Estado: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2001-11881>

Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. (s.f.). Obtenido de Ministerio de Industria, Comercio y Turismo: <https://industria.gob.es/Calidad-Industrial/seguridadindustrial/instalacionesindustriales/baja-tension/Paginas/reglamento-2002.aspx>

Selectra. (15 de Septiembre de 2021). Obtenido de <https://tarifasgasluz.com/comparador/precio-kwh>

Solar Design Tool. (25 de Abril de 2021). Obtenido de <http://www.solardesigntool.com/components/module-panel-solar/Canadian-Solar/3511/CS6K-265P/specification-data-sheet.html>

Suministros del Sol. (24 de Julio de 2021). Obtenido de <https://suministrosdelsol.com/es/baterias-de-litio-freedom-lite/413-bateria-litio-freedom-40kwh.html>

Sunfields Europe. (30 de Marzo de 2021). Obtenido de <https://www.sfe-solar.com/>

TECPA. (10 de Junio de 2021). Obtenido de <https://www.tecpa.es/energia-solar-fotovoltaica-termosolar/#:~:text=Espa%C3%B1a%20ha%20sido%20la%20gran,8%20GW%20en%20operaci%C3%B3n%20actualmente.>

TeknoSolar. (6 de Julio de 2021). Obtenido de <https://www.teknosolar.com/estructura-soporte-placas-solares-para-cubierta-inclinada/>

Vallas Metalia. (7 de Julio de 2021). Obtenido de <https://vallasmetalia.com/productos/143-apoyos-isquiaticos/pagina-1>

10. ANEXOS

10.1 ANEXO I: GENERACIÓN DE ENERGÍA

Para calcular la generación de energía se ha empleado la herramienta PVGIS, donde se han recogido los siguientes datos medios horarios para cada mes en Zaragoza:

- G(i): irradiancia global sobre un plano fijo (W/m²).
- Gb(i): irradiancia directa sobre un plano fijo (W/m²).
- Gs(i): irradiancia difusa sobre un plano fijo (W/m²).
- T2m: temperatura media del aire a 2 metros de altura (°C).

Una vez obtenidos estos datos se calculará la generación de energía con las especificaciones del módulo solar mostradas en la Tabla 1 y las siguientes ecuaciones, donde se descuentan las pérdidas de energía por temperatura:

$$T_c = T_{2m} + \frac{TONC - 20}{800} G$$

Ecuación 1. Temperatura de la celda (°C).

$$P_m = P_n \frac{G}{G_{STC}} [1 - \gamma(T_c - 25)]$$

Ecuación 2. Potencia media por panel (W).

10.1.1 CON INCLINACIÓN DE 10°

En las siguientes tablas se muestran los resultados horarios de generación para cada mes con una inclinación de 10°, orientación sur:

| Hora | G(i) | Gb(i) | Gd(i) | T2m | Tc (°C) | Pm (W) | E (Wh) | Generación (Wh) |
|-------|--------|-------|-------|------|---------|--------|--------|-----------------|
| 0:00 | 0 | 0 | 0 | 6,04 | 6,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1:00 | 0 | 0 | 0 | 5,94 | 5,94 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2:00 | 0 | 0 | 0 | 5,74 | 5,74 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 3:00 | 0 | 0 | 0 | 5,54 | 5,54 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 4:00 | 0 | 0 | 0 | 5,35 | 5,35 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 5:00 | 0 | 0 | 0 | 5,18 | 5,18 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 6:00 | 0 | 0 | 0 | 5,01 | 5,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 7:00 | 0 | 0 | 0 | 4,84 | 4,84 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 8:00 | 0 | 0 | 0 | 5,38 | 5,38 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 9:00 | 77,62 | 43,5 | 34,05 | 5,91 | 8,14 | 21,99 | 18,69 | 74,77 |
| 10:00 | 213,92 | 128,4 | 85,25 | 6,45 | 12,60 | 59,57 | 50,64 | 202,54 |
| 11:00 | 327,11 | 209,3 | 117,4 | 7,65 | 17,05 | 89,51 | 76,08 | 304,33 |
| 12:00 | 410,35 | 279,7 | 130,2 | 8,86 | 20,66 | 110,68 | 94,08 | 376,31 |
| 13:00 | 441,66 | 303,3 | 137,9 | 10,1 | 22,77 | 118,11 | 100,39 | 401,58 |
| 14:00 | 429,17 | 291,2 | 137,4 | 10,4 | 22,76 | 114,78 | 97,56 | 390,24 |
| 15:00 | 338,89 | 217,3 | 121,2 | 10,8 | 20,50 | 91,46 | 77,74 | 310,97 |
| 16:00 | 241,52 | 149,9 | 91,3 | 11,1 | 18,05 | 65,83 | 55,95 | 223,81 |

| | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------------------|----------|
| 17:00 | 86,46 | 44,91 | 41,45 | 10 | 12,52 | 24,08 | 20,47 | 81,89 |
| 18:00 | 0,02 | 0 | 0,02 | 8,94 | 8,94 | 0,01 | 0,00 | 0,02 |
| 19:00 | 0 | 0 | 0 | 7,85 | 7,85 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 20:00 | 0 | 0 | 0 | 7,35 | 7,35 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 21:00 | 0 | 0 | 0 | 6,84 | 6,84 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 22:00 | 0 | 0 | 0 | 6,34 | 6,34 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 23:00 | 0 | 0 | 0 | 6,19 | 6,19 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | | | | | | | Gen. Diaria (Wh) | 2366,44 |
| | | | | | | | Gen. Mensual (Wh) | 73359,72 |

Tabla 17. Generación de enero con inclinación de 10°.

| Hora | G(i) | Gb(i) | Gd(i) | T2m | Tc (°C) | Pm (W) | E (Wh) | Generación (Wh) |
|-------|--------|-------|-------|------|---------|--------|-------------------|-----------------|
| 0:00 | 0 | 0 | 0 | 6,1 | 6,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1:00 | 0 | 0 | 0 | 5,87 | 5,87 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2:00 | 0 | 0 | 0 | 5,63 | 5,63 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 3:00 | 0 | 0 | 0 | 5,39 | 5,39 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 4:00 | 0 | 0 | 0 | 5,15 | 5,15 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 5:00 | 0 | 0 | 0 | 4,92 | 4,92 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 6:00 | 0 | 0 | 0 | 4,7 | 4,70 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 7:00 | 0 | 0 | 0 | 4,48 | 4,48 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 8:00 | 5,33 | 2,12 | 3,2 | 5,32 | 5,47 | 1,53 | 1,30 | 5,19 |
| 9:00 | 161,78 | 94,74 | 66,84 | 6,16 | 10,81 | 45,37 | 38,56 | 154,24 |
| 10:00 | 328,82 | 215,6 | 112,8 | 7 | 16,45 | 90,19 | 76,66 | 306,65 |
| 11:00 | 464,1 | 325,8 | 137,7 | 8,19 | 21,53 | 124,73 | 106,02 | 424,10 |
| 12:00 | 560,19 | 402,5 | 157 | 9,39 | 25,50 | 148,15 | 125,93 | 503,71 |
| 13:00 | 601,77 | 439,5 | 161,5 | 10,6 | 27,88 | 157,59 | 133,95 | 535,79 |
| 14:00 | 580,4 | 423,5 | 156,2 | 11 | 27,73 | 152,09 | 129,27 | 517,09 |
| 15:00 | 502,91 | 358,7 | 143,6 | 11,5 | 25,95 | 132,75 | 112,84 | 451,36 |
| 16:00 | 374,36 | 254,4 | 119,5 | 12 | 22,71 | 100,14 | 85,12 | 340,46 |
| 17:00 | 219,7 | 139 | 80,41 | 10,9 | 17,18 | 60,09 | 51,07 | 204,30 |
| 18:00 | 22,66 | 4,74 | 17,89 | 9,78 | 10,43 | 6,36 | 5,41 | 21,64 |
| 19:00 | 0 | 0 | 0 | 8,69 | 8,69 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 20:00 | 0 | 0 | 0 | 7,96 | 7,96 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 21:00 | 0 | 0 | 0 | 7,24 | 7,24 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 22:00 | 0 | 0 | 0 | 6,51 | 6,51 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 23:00 | 0 | 0 | 0 | 6,31 | 6,31 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | | | | | | | Gen. Diaria (Wh) | 3464,52 |
| | | | | | | | Gen. Mensual (Wh) | 97006,67 |

Tabla 18. Generación de febrero con inclinación de 10°.

| Hora | G(i) | Gb(i) | Gd(i) | T2m | Tc (°C) | Pm (W) | E (Wh) | Generación (Wh) |
|-------|--------|-------|-------|------|---------|--------|-------------------|-----------------|
| 0:00 | 0 | 0 | 0 | 9,01 | 9,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1:00 | 0 | 0 | 0 | 8,42 | 8,42 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2:00 | 0 | 0 | 0 | 8,12 | 8,12 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 3:00 | 0 | 0 | 0 | 7,83 | 7,83 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 4:00 | 0 | 0 | 0 | 7,54 | 7,54 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 5:00 | 0 | 0 | 0 | 7,27 | 7,27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 6:00 | 0 | 0 | 0 | 6,99 | 6,99 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 7:00 | 0,37 | 0,03 | 0,34 | 6,72 | 6,73 | 0,11 | 0,09 | 0,36 |
| 8:00 | 102,21 | 49,05 | 53,02 | 7,99 | 10,93 | 28,65 | 24,35 | 97,40 |
| 9:00 | 283,5 | 174,7 | 108,4 | 9,25 | 17,40 | 77,47 | 65,85 | 263,39 |
| 10:00 | 453,22 | 297,3 | 155,4 | 10,5 | 23,55 | 120,82 | 102,69 | 410,78 |
| 11:00 | 594,66 | 414,3 | 179,6 | 11,7 | 28,80 | 155,13 | 131,86 | 527,45 |
| 12:00 | 682,81 | 488,4 | 193,5 | 12,9 | 32,51 | 175,37 | 149,07 | 596,27 |
| 13:00 | 686,65 | 471 | 214,8 | 14,1 | 33,80 | 175,40 | 149,09 | 596,35 |
| 14:00 | 665,88 | 465,4 | 199,5 | 14,6 | 33,71 | 170,15 | 144,63 | 578,52 |
| 15:00 | 576,6 | 391,5 | 184,3 | 15,1 | 31,66 | 148,63 | 126,33 | 505,34 |
| 16:00 | 458,91 | 301,7 | 156,6 | 15,6 | 28,78 | 119,72 | 101,77 | 407,06 |
| 17:00 | 301,06 | 183,3 | 117,4 | 14,7 | 23,34 | 80,33 | 68,28 | 273,11 |
| 18:00 | 123,37 | 60,21 | 62,99 | 13,8 | 17,31 | 33,72 | 28,67 | 114,66 |
| 19:00 | 0,74 | 0 | 0,73 | 12,9 | 12,87 | 0,21 | 0,17 | 0,70 |
| 20:00 | 0 | 0 | 0 | 11,9 | 11,86 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 21:00 | 0 | 0 | 0 | 10,9 | 10,88 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 22:00 | 0 | 0 | 0 | 9,9 | 9,90 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 23:00 | 0 | 0 | 0 | 9,45 | 9,45 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | | | | | | | Gen. Diaria (Wh) | 4371,39 |
| | | | | | | | Gen. Mensual (Wh) | 135513,02 |

Tabla 19. Generación de marzo con inclinación de 10°.

| Hora | G(i) | Gb(i) | Gd(i) | T2m | Tc (°C) | Pm (W) | E (Wh) | Generación (Wh) |
|-------|--------|-------|-------|------|---------|--------|--------|-----------------|
| 0:00 | 0 | 0 | 0 | 11,7 | 11,74 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1:00 | 0 | 0 | 0 | 11 | 11,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2:00 | 0 | 0 | 0 | 10,7 | 10,71 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 3:00 | 0 | 0 | 0 | 10,4 | 10,42 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 4:00 | 0 | 0 | 0 | 10,1 | 10,12 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 5:00 | 0 | 0 | 0 | 9,97 | 9,97 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 6:00 | 0 | 0 | 0 | 9,81 | 9,81 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 7:00 | 60,62 | 22,2 | 38,31 | 9,66 | 11,40 | 16,96 | 14,42 | 57,66 |
| 8:00 | 219,17 | 115,6 | 103,2 | 11,1 | 17,39 | 59,89 | 50,91 | 203,63 |
| 9:00 | 389,34 | 238,3 | 150,4 | 12,5 | 23,71 | 103,72 | 88,16 | 352,65 |
| 10:00 | 563,89 | 373,7 | 189,4 | 14 | 30,16 | 146,27 | 124,33 | 497,31 |
| 11:00 | 681,52 | 468 | 212,6 | 15,1 | 34,67 | 173,44 | 147,42 | 589,69 |
| 12:00 | 769,7 | 543,7 | 224,9 | 16,2 | 38,34 | 192,82 | 163,89 | 655,57 |

| | | | | | | | | |
|-------|--------|-------|-------|------|-------|--------|-------------------|-----------|
| 13:00 | 786,27 | 550,3 | 234,9 | 17,4 | 39,96 | 195,59 | 166,25 | 664,99 |
| 14:00 | 758,14 | 526,9 | 230,2 | 17,9 | 39,74 | 188,77 | 160,45 | 641,81 |
| 15:00 | 647,53 | 437,4 | 209,2 | 18,5 | 37,16 | 163,04 | 138,59 | 554,35 |
| 16:00 | 521,34 | 336,8 | 183,8 | 19,1 | 34,13 | 132,98 | 113,04 | 452,15 |
| 17:00 | 364,75 | 222,4 | 141,9 | 18,5 | 28,94 | 95,10 | 80,83 | 323,34 |
| 18:00 | 191,63 | 99,24 | 92,1 | 17,8 | 23,28 | 51,14 | 43,47 | 173,88 |
| 19:00 | 34,53 | 6,17 | 28,29 | 17,1 | 18,07 | 9,41 | 8,00 | 32,00 |
| 20:00 | 0 | 0 | 0 | 15,8 | 15,77 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 21:00 | 0 | 0 | 0 | 14,5 | 14,46 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 22:00 | 0 | 0 | 0 | 13,2 | 13,15 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 23:00 | 0 | 0 | 0 | 12,5 | 12,45 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | | | | | | | Gen. Diaria (Wh) | 5199,02 |
| | | | | | | | Gen. Mensual (Wh) | 155970,75 |

Tabla 20. Generación de abril con inclinación de 10°.

| Hora | G(i) | Gb(i) | Gd(i) | T2m | Tc (°C) | Pm (W) | E (Wh) | Generación (Wh) |
|-------|--------|-------|-------|------|---------|--------|------------------|-----------------|
| 0:00 | 0 | 0 | 0 | 15,7 | 15,69 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1:00 | 0 | 0 | 0 | 14,7 | 14,74 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2:00 | 0 | 0 | 0 | 14,3 | 14,29 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 3:00 | 0 | 0 | 0 | 13,8 | 13,83 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 4:00 | 0 | 0 | 0 | 13,4 | 13,38 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 5:00 | 0 | 0 | 0 | 13,4 | 13,43 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 6:00 | 12,19 | 0,81 | 11,35 | 13,5 | 13,83 | 3,38 | 2,87 | 11,49 |
| 7:00 | 133,89 | 60,18 | 73,48 | 13,5 | 17,39 | 36,59 | 31,10 | 124,40 |
| 8:00 | 297,88 | 169,2 | 128,2 | 15,1 | 23,62 | 79,38 | 67,48 | 269,90 |
| 9:00 | 471,92 | 301,6 | 169,6 | 16,6 | 30,16 | 122,41 | 104,05 | 416,21 |
| 10:00 | 639,89 | 436,2 | 202,8 | 18,1 | 36,52 | 161,56 | 137,33 | 549,32 |
| 11:00 | 751 | 526,2 | 223,7 | 19,3 | 40,90 | 186,04 | 158,13 | 632,54 |
| 12:00 | 810,79 | 559,6 | 250 | 20,5 | 43,82 | 198,28 | 168,54 | 674,15 |
| 13:00 | 838,46 | 587,6 | 249,6 | 21,7 | 45,82 | 203,23 | 172,74 | 690,98 |
| 14:00 | 806,32 | 569 | 236,2 | 22,3 | 45,49 | 195,72 | 166,36 | 665,46 |
| 15:00 | 729,58 | 515,2 | 213,3 | 22,9 | 43,90 | 178,36 | 151,61 | 606,43 |
| 16:00 | 582,22 | 395,1 | 186,3 | 23,5 | 40,27 | 144,63 | 122,94 | 491,74 |
| 17:00 | 408,75 | 253,8 | 154,3 | 23 | 34,72 | 104,00 | 88,40 | 353,60 |
| 18:00 | 234,7 | 125,9 | 108,4 | 22,4 | 29,16 | 61,14 | 51,97 | 207,86 |
| 19:00 | 86,24 | 30,68 | 55,41 | 21,9 | 24,34 | 22,92 | 19,48 | 77,91 |
| 20:00 | 1,16 | 0 | 1,16 | 20,4 | 20,40 | 0,31 | 0,27 | 1,06 |
| 21:00 | 0 | 0 | 0 | 18,9 | 18,87 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 22:00 | 0 | 0 | 0 | 17,4 | 17,38 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 23:00 | 0 | 0 | 0 | 16,5 | 16,53 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | | | | | | | Gen. Diaria (Wh) | 5773,05 |
| | | | | | | | Gen. Mensual | 178964,50 |

(Wh)

Tabla 21. Generación de mayo con inclinación de 10°.

| Hora | G(i) | Gb(i) | Gd(i) | T2m | Tc (°C) | Pm (W) | E (Wh) | Generación (Wh) |
|-------|--------|-------|-------|------|---------|--------|-------------------|-----------------|
| 0:00 | 0 | 0 | 0 | 20,1 | 20,14 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1:00 | 0 | 0 | 0 | 18,9 | 18,94 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2:00 | 0 | 0 | 0 | 18,4 | 18,36 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 3:00 | 0 | 0 | 0 | 17,8 | 17,78 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 4:00 | 0 | 0 | 0 | 17,2 | 17,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 5:00 | 0 | 0 | 0 | 17,3 | 17,27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 6:00 | 29,87 | 2,99 | 26,81 | 17,3 | 18,19 | 8,14 | 6,92 | 27,66 |
| 7:00 | 163,57 | 78,56 | 84,72 | 17,4 | 22,10 | 43,86 | 37,28 | 149,13 |
| 8:00 | 341,32 | 209,3 | 131,5 | 19 | 28,76 | 89,05 | 75,70 | 302,78 |
| 9:00 | 527,56 | 361,5 | 165,3 | 20,5 | 35,67 | 133,69 | 113,64 | 454,54 |
| 10:00 | 683,15 | 479,5 | 202,7 | 22 | 41,68 | 168,65 | 143,36 | 573,42 |
| 11:00 | 804,35 | 595,8 | 207,3 | 23,4 | 46,57 | 194,31 | 165,16 | 660,64 |
| 12:00 | 884,91 | 668,4 | 215,2 | 24,8 | 50,27 | 210,20 | 178,67 | 714,69 |
| 13:00 | 908,94 | 683,4 | 224,3 | 26,2 | 52,35 | 213,86 | 181,78 | 727,11 |
| 14:00 | 877,89 | 655,3 | 221,3 | 26,9 | 52,18 | 206,72 | 175,71 | 702,84 |
| 15:00 | 766,95 | 560,6 | 205,3 | 27,7 | 49,72 | 182,64 | 155,25 | 620,99 |
| 16:00 | 618,81 | 426,1 | 191,8 | 28,4 | 46,18 | 149,74 | 127,28 | 509,13 |
| 17:00 | 453,44 | 293,8 | 159 | 27,9 | 40,89 | 112,33 | 95,48 | 381,94 |
| 18:00 | 264,73 | 146,9 | 117,4 | 27,3 | 34,92 | 67,30 | 57,20 | 228,82 |
| 19:00 | 120,86 | 50,17 | 70,47 | 26,8 | 30,23 | 31,34 | 26,64 | 106,56 |
| 20:00 | 17,61 | 0 | 17,58 | 25,2 | 25,70 | 4,65 | 3,96 | 15,82 |
| 21:00 | 0 | 0 | 0 | 23,6 | 23,63 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 22:00 | 0 | 0 | 0 | 22,1 | 22,06 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 23:00 | 0 | 0 | 0 | 21,1 | 21,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | | | | | | | Gen. Diaria (Wh) | 6176,08 |
| | | | | | | | Gen. Mensual (Wh) | 185282,43 |

Tabla 22. Generación de junio con inclinación de 10°.

| Hora | G(i) | Gb(i) | Gd(i) | T2m | Tc (°C) | Pm (W) | E (Wh) | Generación (Wh) |
|------|--------|-------|-------|------|---------|--------|--------|-----------------|
| 0:00 | 0 | 0 | 0 | 23 | 22,99 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1:00 | 0 | 0 | 0 | 21,8 | 21,76 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2:00 | 0 | 0 | 0 | 21,1 | 21,13 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 3:00 | 0 | 0 | 0 | 20,5 | 20,50 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 4:00 | 0 | 0 | 0 | 19,9 | 19,87 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 5:00 | 0 | 0 | 0 | 19,8 | 19,79 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 6:00 | 13,81 | 0,34 | 13,44 | 19,7 | 20,11 | 3,73 | 3,17 | 12,69 |
| 7:00 | 143,59 | 71,12 | 72,21 | 19,6 | 23,75 | 38,25 | 32,51 | 130,04 |

| | | | | | | | | |
|-------|--------|-------|-------|------|-------|--------|-------------------|-----------|
| 8:00 | 327,1 | 208,8 | 117,7 | 21,1 | 30,54 | 84,71 | 72,00 | 288,02 |
| 9:00 | 521,22 | 371,6 | 148,8 | 22,7 | 37,65 | 130,96 | 111,32 | 445,27 |
| 10:00 | 702,8 | 535,2 | 166,6 | 24,2 | 44,39 | 171,44 | 145,72 | 582,89 |
| 11:00 | 847,31 | 664,4 | 181,7 | 25,7 | 50,03 | 201,49 | 171,27 | 685,08 |
| 12:00 | 936,39 | 751,8 | 183,3 | 27,2 | 54,09 | 218,55 | 185,76 | 743,06 |
| 13:00 | 973,98 | 787,1 | 185,5 | 28,7 | 56,67 | 224,59 | 190,90 | 763,60 |
| 14:00 | 922,49 | 733 | 188,2 | 29,7 | 56,20 | 213,19 | 181,21 | 724,84 |
| 15:00 | 830,25 | 643,5 | 185,6 | 30,7 | 54,57 | 193,34 | 164,34 | 657,36 |
| 16:00 | 688,57 | 517,7 | 169,8 | 31,7 | 51,51 | 162,64 | 138,24 | 552,98 |
| 17:00 | 502,9 | 353 | 149,1 | 31,3 | 45,73 | 121,94 | 103,65 | 414,60 |
| 18:00 | 317,17 | 196,2 | 120,4 | 30,8 | 39,95 | 78,90 | 67,06 | 268,26 |
| 19:00 | 138,61 | 65,72 | 72,65 | 30,4 | 34,39 | 35,32 | 30,02 | 120,08 |
| 20:00 | 15,71 | 0 | 15,69 | 28,7 | 29,17 | 4,09 | 3,48 | 13,91 |
| 21:00 | 0 | 0 | 0 | 27 | 27,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 22:00 | 0 | 0 | 0 | 25,4 | 25,37 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 23:00 | 0 | 0 | 0 | 24,2 | 24,18 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | | | | | | | Gen. Diaria (Wh) | 6402,69 |
| | | | | | | | Gen. Mensual (Wh) | 198483,30 |

Tabla 23. Generación de julio con inclinación de 10°.

| Hora | G(i) | Gb(i) | Gd(i) | T2m | Tc (°C) | Pm (W) | E (Wh) | Generación (Wh) |
|-------|--------|-------|-------|------|---------|--------|--------|-----------------|
| 0:00 | 0 | 0 | 0 | 22,4 | 22,40 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1:00 | 0 | 0 | 0 | 21,4 | 21,43 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2:00 | 0 | 0 | 0 | 20,9 | 20,87 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 3:00 | 0 | 0 | 0 | 20,3 | 20,30 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 4:00 | 0 | 0 | 0 | 19,7 | 19,73 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 5:00 | 0 | 0 | 0 | 19,5 | 19,46 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 6:00 | 0 | 0 | 0 | 19,2 | 19,19 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 7:00 | 86,11 | 36,27 | 49,69 | 18,9 | 21,40 | 23,16 | 19,68 | 78,73 |
| 8:00 | 263,44 | 160,3 | 102,7 | 20,4 | 27,93 | 68,97 | 58,63 | 234,50 |
| 9:00 | 458,04 | 314,5 | 142,9 | 21,8 | 34,96 | 116,42 | 98,96 | 395,84 |
| 10:00 | 648,3 | 483,1 | 164,3 | 23,2 | 41,86 | 159,92 | 135,94 | 543,74 |
| 11:00 | 803,75 | 625,6 | 177,1 | 24,7 | 47,85 | 193,04 | 164,09 | 656,34 |
| 12:00 | 901,25 | 717,7 | 182,3 | 26,3 | 52,16 | 212,24 | 180,40 | 721,60 |
| 13:00 | 934,75 | 751,5 | 181,9 | 27,8 | 54,63 | 217,61 | 184,97 | 739,88 |
| 14:00 | 891,52 | 711,4 | 178,9 | 28,8 | 54,38 | 207,79 | 176,62 | 706,50 |
| 15:00 | 779,76 | 603,7 | 174,9 | 29,7 | 52,15 | 183,64 | 156,09 | 624,36 |
| 16:00 | 636,12 | 477,9 | 157,3 | 30,7 | 49,01 | 151,98 | 129,18 | 516,73 |
| 17:00 | 450,46 | 314 | 135,8 | 30,3 | 43,20 | 110,46 | 93,89 | 375,58 |
| 18:00 | 252,14 | 154,8 | 96,91 | 29,8 | 37,02 | 63,52 | 54,00 | 215,98 |
| 19:00 | 76,09 | 29,62 | 46,33 | 29,3 | 31,49 | 19,63 | 16,68 | 66,73 |
| 20:00 | 0,37 | 0 | 0,37 | 27,7 | 27,73 | 0,10 | 0,08 | 0,33 |
| 21:00 | 0 | 0 | 0 | 26,1 | 26,13 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

| | | | | | | | | |
|-------|---|---|---|------|-------|------|-------------------|-----------|
| 22:00 | 0 | 0 | 0 | 24,6 | 24,55 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 23:00 | 0 | 0 | 0 | 23,5 | 23,48 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | | | | | | | Gen. Diaria (Wh) | 5876,86 |
| | | | | | | | Gen. Mensual (Wh) | 182182,52 |

Tabla 24. Generación de agosto con inclinación de 10°.

| Hora | G(i) | Gb(i) | Gd(i) | T2m | Tc (°C) | Pm (W) | E (Wh) | Generación (Wh) |
|-------|--------|-------|-------|------|---------|--------|-------------------|-----------------|
| 0:00 | 0 | 0 | 0 | 19,2 | 19,24 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1:00 | 0 | 0 | 0 | 18,7 | 18,65 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2:00 | 0 | 0 | 0 | 18,2 | 18,22 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 3:00 | 0 | 0 | 0 | 17,8 | 17,80 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 4:00 | 0 | 0 | 0 | 17,4 | 17,37 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 5:00 | 0 | 0 | 0 | 17,1 | 17,07 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 6:00 | 0 | 0 | 0 | 16,8 | 16,78 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 7:00 | 25,08 | 8,05 | 16,99 | 16,5 | 17,20 | 6,86 | 5,83 | 23,32 |
| 8:00 | 186,18 | 102,1 | 83,83 | 17,8 | 23,10 | 49,72 | 42,26 | 169,05 |
| 9:00 | 368,63 | 234,1 | 134 | 19 | 29,61 | 95,84 | 81,47 | 325,86 |
| 10:00 | 542,63 | 376,7 | 165,2 | 20,3 | 35,88 | 137,38 | 116,77 | 467,10 |
| 11:00 | 691,41 | 506,9 | 183,6 | 21,5 | 41,42 | 170,89 | 145,26 | 581,03 |
| 12:00 | 773,84 | 580,8 | 192 | 22,8 | 45,06 | 188,20 | 159,97 | 639,89 |
| 13:00 | 796,91 | 601,9 | 194 | 24,1 | 46,98 | 192,15 | 163,33 | 653,31 |
| 14:00 | 753,24 | 564 | 188,2 | 24,8 | 46,44 | 182,07 | 154,76 | 619,02 |
| 15:00 | 636,55 | 458,7 | 176,9 | 25,5 | 43,79 | 155,69 | 132,34 | 529,35 |
| 16:00 | 497,66 | 344,3 | 152,7 | 26,2 | 40,51 | 123,49 | 104,97 | 419,88 |
| 17:00 | 319,2 | 202,1 | 116,6 | 25,5 | 34,65 | 81,24 | 69,06 | 276,22 |
| 18:00 | 133,29 | 68,82 | 64,28 | 24,7 | 28,57 | 34,80 | 29,58 | 118,34 |
| 19:00 | 3,03 | 0 | 3,02 | 24 | 24,10 | 0,81 | 0,69 | 2,74 |
| 20:00 | 0 | 0 | 0 | 22,9 | 22,89 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 21:00 | 0 | 0 | 0 | 21,8 | 21,76 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 22:00 | 0 | 0 | 0 | 20,6 | 20,64 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 23:00 | 0 | 0 | 0 | 19,9 | 19,94 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | | | | | | | Gen. Diaria (Wh) | 4825,11 |
| | | | | | | | Gen. Mensual (Wh) | 144753,22 |

Tabla 25. Generación de septiembre con inclinación de 10°.

| Hora | G(i) | Gb(i) | Gd(i) | T2m | Tc (°C) | Pm (W) | E (Wh) | Generación (Wh) |
|------|------|-------|-------|------|---------|--------|--------|-----------------|
| 0:00 | 0 | 0 | 0 | 15,2 | 15,23 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1:00 | 0 | 0 | 0 | 15 | 15,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2:00 | 0 | 0 | 0 | 14,7 | 14,69 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 3:00 | 0 | 0 | 0 | 14,4 | 14,37 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

| | | | | | | | | |
|-------|--------|-------|-------|------|-------|--------|-------------------|-----------|
| 4:00 | 0 | 0 | 0 | 14,1 | 14,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 5:00 | 0 | 0 | 0 | 13,8 | 13,79 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 6:00 | 0 | 0 | 0 | 13,5 | 13,53 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 7:00 | 0 | 0 | 0 | 13,3 | 13,27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 8:00 | 102,53 | 51,07 | 51,34 | 14,4 | 17,35 | 28,02 | 23,82 | 95,28 |
| 9:00 | 267,77 | 160,2 | 107,3 | 15,5 | 23,23 | 71,47 | 60,75 | 243,01 |
| 10:00 | 401,44 | 257,5 | 143,4 | 16,7 | 28,21 | 104,98 | 89,23 | 356,94 |
| 11:00 | 548,78 | 384,7 | 163,4 | 17,8 | 33,58 | 140,31 | 119,27 | 477,06 |
| 12:00 | 625,14 | 456,6 | 167,7 | 18,9 | 36,90 | 157,58 | 133,94 | 535,76 |
| 13:00 | 630,56 | 455,7 | 174,1 | 20,1 | 38,19 | 158,06 | 134,35 | 537,41 |
| 14:00 | 601,48 | 432,5 | 168,2 | 20,5 | 37,82 | 151,01 | 128,36 | 513,44 |
| 15:00 | 477,46 | 326,4 | 150,5 | 21 | 34,72 | 121,49 | 103,26 | 413,05 |
| 16:00 | 347,26 | 228 | 118,9 | 21,5 | 31,44 | 89,59 | 76,15 | 304,62 |
| 17:00 | 170,91 | 96,77 | 73,93 | 20,5 | 25,37 | 45,22 | 38,44 | 153,75 |
| 18:00 | 8,63 | 0 | 8,61 | 19,5 | 19,70 | 2,34 | 1,99 | 7,94 |
| 19:00 | 0 | 0 | 0 | 18,5 | 18,45 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 20:00 | 0 | 0 | 0 | 17,6 | 17,61 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 21:00 | 0 | 0 | 0 | 16,8 | 16,77 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 22:00 | 0 | 0 | 0 | 15,9 | 15,92 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 23:00 | 0 | 0 | 0 | 15,6 | 15,58 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | | | | | | | Gen. Diaria (Wh) | 3638,28 |
| | | | | | | | Gen. Mensual (Wh) | 112786,53 |

Tabla 26. Generación de octubre con inclinación de 10°.

| Hora | G(i) | Gb(i) | Gd(i) | T2m | Tc (°C) | Pm (W) | E (Wh) | Generación (Wh) |
|-------|--------|-------|-------|------|---------|--------|--------|-----------------|
| 0:00 | 0 | 0 | 0 | 9,61 | 9,61 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1:00 | 0 | 0 | 0 | 9,69 | 9,69 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2:00 | 0 | 0 | 0 | 9,54 | 9,54 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 3:00 | 0 | 0 | 0 | 9,38 | 9,38 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 4:00 | 0 | 0 | 0 | 9,23 | 9,23 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 5:00 | 0 | 0 | 0 | 9,05 | 9,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 6:00 | 0 | 0 | 0 | 8,88 | 8,88 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 7:00 | 0 | 0 | 0 | 8,7 | 8,70 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 8:00 | 15,43 | 7,91 | 7,5 | 9,41 | 9,85 | 4,34 | 3,69 | 14,77 |
| 9:00 | 158,26 | 87,84 | 70,23 | 10,1 | 14,67 | 43,72 | 37,16 | 148,63 |
| 10:00 | 279,76 | 173,2 | 106,2 | 10,8 | 18,87 | 76,00 | 64,60 | 258,40 |
| 11:00 | 393,1 | 255,9 | 136,7 | 11,8 | 23,08 | 104,99 | 89,24 | 356,97 |
| 12:00 | 463,47 | 317,9 | 145 | 12,7 | 26,05 | 122,29 | 103,95 | 415,78 |
| 13:00 | 486,11 | 340 | 145,5 | 13,7 | 27,66 | 127,42 | 108,30 | 433,22 |
| 14:00 | 437,13 | 297,2 | 139,4 | 13,9 | 26,50 | 115,13 | 97,86 | 391,44 |
| 15:00 | 344,82 | 224,3 | 120,1 | 14,2 | 24,10 | 91,71 | 77,96 | 311,82 |
| 16:00 | 218,42 | 129,9 | 88,25 | 14,4 | 20,72 | 58,90 | 50,06 | 200,25 |
| 17:00 | 38,22 | 8,78 | 29,39 | 13,4 | 14,51 | 10,56 | 8,98 | 35,92 |

| | | | | | | | | |
|-------|---|---|---|------|-------|------|-------------------|----------|
| 18:00 | 0 | 0 | 0 | 12,4 | 12,38 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 19:00 | 0 | 0 | 0 | 11,4 | 11,35 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 20:00 | 0 | 0 | 0 | 10,9 | 10,87 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 21:00 | 0 | 0 | 0 | 10,4 | 10,39 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 22:00 | 0 | 0 | 0 | 9,91 | 9,91 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 23:00 | 0 | 0 | 0 | 9,76 | 9,76 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | | | | | | | Gen. Diaria (Wh) | 2567,19 |
| | | | | | | | Gen. Mensual (Wh) | 77015,61 |

Tabla 27. Generación de noviembre con inclinación de 10°.

| Hora | G(i) | Gb(i) | Gd(i) | T2m | Tc (°C) | Pm (W) | E (Wh) | Generación (Wh) |
|-------|--------|-------|-------|------|---------|--------|-------------------|-----------------|
| 0:00 | 0 | 0 | 0 | 6,12 | 6,12 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1:00 | 0 | 0 | 0 | 5,94 | 5,94 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2:00 | 0 | 0 | 0 | 5,79 | 5,79 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 3:00 | 0 | 0 | 0 | 5,64 | 5,64 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 4:00 | 0 | 0 | 0 | 5,49 | 5,49 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 5:00 | 0 | 0 | 0 | 5,38 | 5,38 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 6:00 | 0 | 0 | 0 | 5,27 | 5,27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 7:00 | 0 | 0 | 0 | 5,15 | 5,15 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 8:00 | 0 | 0 | 0 | 5,68 | 5,68 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 9:00 | 87,2 | 49,94 | 37,17 | 6,21 | 8,72 | 24,65 | 20,95 | 83,81 |
| 10:00 | 216,46 | 130,8 | 85,4 | 6,74 | 12,96 | 60,19 | 51,16 | 204,66 |
| 11:00 | 320,34 | 207,5 | 112,4 | 7,8 | 17,01 | 87,67 | 74,52 | 298,08 |
| 12:00 | 380,74 | 250,8 | 129,5 | 8,86 | 19,81 | 103,04 | 87,59 | 350,35 |
| 13:00 | 404,66 | 270,7 | 133,5 | 9,93 | 21,56 | 108,75 | 92,43 | 369,74 |
| 14:00 | 368,45 | 240,5 | 127,5 | 10,1 | 20,73 | 99,35 | 84,45 | 337,78 |
| 15:00 | 301,09 | 195,3 | 105,4 | 10,4 | 19,02 | 81,75 | 69,48 | 277,94 |
| 16:00 | 191,76 | 116,7 | 74,83 | 10,6 | 16,09 | 52,67 | 44,77 | 179,09 |
| 17:00 | 16,67 | 0 | 16,65 | 9,58 | 10,06 | 4,69 | 3,98 | 15,94 |
| 18:00 | 0 | 0 | 0 | 8,59 | 8,59 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 19:00 | 0 | 0 | 0 | 7,6 | 7,60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 20:00 | 0 | 0 | 0 | 7,21 | 7,21 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 21:00 | 0 | 0 | 0 | 6,83 | 6,83 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 22:00 | 0 | 0 | 0 | 6,44 | 6,44 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 23:00 | 0 | 0 | 0 | 6,28 | 6,28 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | | | | | | | Gen. Diaria (Wh) | 2117,38 |
| | | | | | | | Gen. Mensual (Wh) | 65638,78 |

Tabla 28. Generación de diciembre con inclinación de 10°.

10.1.2 CON INCLINACIÓN DE 50°

En las siguientes tablas se muestran los resultados horarios de generación para cada mes con una inclinación de 50°, orientación sur:

| Hora | G(i) | Gb(i) | Gd(i) | T2m | Tc (°C) | Pm (W) | E (Wh) | Generación (Wh) |
|-------|--------|--------|--------|-------|---------|--------|-------------------|-----------------|
| 0:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,04 | 6,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5,94 | 5,94 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5,74 | 5,74 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 3:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5,54 | 5,54 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 4:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5,35 | 5,35 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 5:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5,18 | 5,18 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 6:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5,01 | 5,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 7:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 4,84 | 4,84 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 8:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5,38 | 5,38 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 9:00 | 151,59 | 105,89 | 43,75 | 5,91 | 10,27 | 42,60 | 36,21 | 144,83 |
| 10:00 | 345,06 | 239,98 | 99,15 | 6,45 | 16,37 | 94,68 | 80,47 | 321,90 |
| 11:00 | 495,95 | 353,87 | 132,72 | 7,65 | 21,91 | 133,09 | 113,13 | 452,51 |
| 12:00 | 611,10 | 451,41 | 147,86 | 8,86 | 26,43 | 160,99 | 136,84 | 547,37 |
| 13:00 | 652,34 | 483,21 | 156,35 | 10,07 | 28,82 | 170,16 | 144,64 | 578,54 |
| 14:00 | 639,52 | 469,75 | 157,40 | 10,42 | 28,81 | 166,83 | 141,80 | 567,22 |
| 15:00 | 512,43 | 365,03 | 137,69 | 10,76 | 25,49 | 135,52 | 115,19 | 460,77 |
| 16:00 | 392,04 | 276,39 | 108,98 | 11,11 | 22,38 | 105,01 | 89,26 | 357,02 |
| 17:00 | 146,98 | 97,85 | 46,81 | 10,03 | 14,26 | 40,67 | 34,57 | 138,26 |
| 18:00 | 0,02 | 0,00 | 0,02 | 8,94 | 8,94 | 0,01 | 0,00 | 0,02 |
| 19:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 7,85 | 7,85 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 20:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 7,35 | 7,35 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 21:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,84 | 6,84 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 22:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,34 | 6,34 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 23:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,19 | 6,19 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | | | | | | | Gen. Diaria (Wh) | 3568,45 |
| | | | | | | | Gen. Mensual (Wh) | 110621,88 |

Tabla 29. Generación de enero con inclinación de 50°.

| Hora | G(i) | Gb(i) | Gd(i) | T2m | Tc (°C) | Pm (W) | E (Wh) | Generación (Wh) |
|------|------|-------|-------|------|---------|--------|--------|-----------------|
| 0:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,10 | 6,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5,87 | 5,87 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5,63 | 5,63 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 3:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5,39 | 5,39 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 4:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5,15 | 5,15 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 5:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 4,92 | 4,92 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 6:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 4,70 | 4,70 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

| | | | | | | | | |
|-------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|-------------------|-----------|
| 7:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 4,48 | 4,48 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 8:00 | 8,00 | 4,72 | 3,12 | 5,32 | 5,55 | 2,29 | 1,95 | 7,78 |
| 9:00 | 245,74 | 165,53 | 75,57 | 6,16 | 13,23 | 68,26 | 58,03 | 232,10 |
| 10:00 | 464,81 | 329,55 | 125,53 | 7,00 | 20,36 | 125,52 | 106,69 | 426,76 |
| 11:00 | 635,98 | 469,68 | 152,40 | 8,19 | 26,47 | 167,52 | 142,39 | 569,55 |
| 12:00 | 755,35 | 565,93 | 172,54 | 9,39 | 31,11 | 195,16 | 165,88 | 663,53 |
| 13:00 | 811,07 | 614,61 | 178,33 | 10,58 | 33,90 | 207,09 | 176,03 | 704,11 |
| 14:00 | 784,54 | 594,19 | 172,89 | 11,04 | 33,60 | 200,58 | 170,49 | 681,96 |
| 15:00 | 688,18 | 512,91 | 160,20 | 11,49 | 31,28 | 177,68 | 151,02 | 604,10 |
| 16:00 | 526,17 | 380,77 | 134,31 | 11,95 | 27,08 | 138,25 | 117,51 | 470,04 |
| 17:00 | 331,61 | 231,38 | 93,93 | 10,86 | 20,39 | 89,54 | 76,11 | 304,42 |
| 18:00 | 23,91 | 8,55 | 14,60 | 9,78 | 10,47 | 6,71 | 5,71 | 22,83 |
| 19:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 8,69 | 8,69 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 20:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 7,96 | 7,96 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 21:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 7,24 | 7,24 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 22:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,51 | 6,51 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 23:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,31 | 6,31 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | | | | | | | Gen. Diaria (Wh) | 4687,19 |
| | | | | | | | Gen. Mensual (Wh) | 131241,20 |

Tabla 30. Generación de febrero con inclinación de 50°.

| Hora | G(i) | Gb(i) | Gd(i) | T2m | Tc (°C) | Pm (W) | E (Wh) | Generación (Wh) |
|-------|--------|--------|--------|-------|---------|--------|--------|-----------------|
| 0:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 9,01 | 9,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 8,42 | 8,42 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 8,12 | 8,12 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 3:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 7,83 | 7,83 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 4:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 7,54 | 7,54 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 5:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 7,27 | 7,27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 6:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,99 | 6,99 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 7:00 | 0,27 | 0,00 | 0,25 | 6,72 | 6,73 | 0,08 | 0,07 | 0,26 |
| 8:00 | 113,47 | 59,65 | 50,45 | 7,99 | 11,25 | 31,76 | 27,00 | 108,00 |
| 9:00 | 330,11 | 211,80 | 109,21 | 9,25 | 18,74 | 89,72 | 76,27 | 305,06 |
| 10:00 | 528,39 | 355,98 | 157,90 | 10,52 | 25,71 | 139,62 | 118,67 | 474,69 |
| 11:00 | 697,92 | 494,08 | 184,88 | 11,70 | 31,77 | 179,82 | 152,85 | 611,38 |
| 12:00 | 801,25 | 580,22 | 199,28 | 12,88 | 35,92 | 202,83 | 172,40 | 689,62 |
| 13:00 | 797,77 | 556,48 | 219,31 | 14,06 | 37,00 | 201,01 | 170,86 | 683,44 |
| 14:00 | 778,27 | 553,69 | 203,32 | 14,57 | 36,95 | 196,14 | 166,72 | 666,88 |
| 15:00 | 673,24 | 467,20 | 187,61 | 15,08 | 34,44 | 171,51 | 145,78 | 583,12 |
| 16:00 | 536,34 | 362,71 | 158,95 | 15,59 | 31,01 | 138,63 | 117,83 | 471,34 |
| 17:00 | 351,05 | 222,88 | 118,51 | 14,68 | 24,77 | 93,11 | 79,15 | 316,59 |
| 18:00 | 141,06 | 75,77 | 61,28 | 13,76 | 17,82 | 38,48 | 32,71 | 130,84 |
| 19:00 | 0,57 | 0,00 | 0,54 | 12,85 | 12,87 | 0,16 | 0,13 | 0,54 |
| 20:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 11,86 | 11,86 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

| | | | | | | | | |
|-------|------|------|------|-------|-------|------|-------------------|-----------|
| 21:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 10,88 | 10,88 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 22:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 9,90 | 9,90 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 23:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 9,45 | 9,45 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | | | | | | | Gen. Diaria (Wh) | 5041,76 |
| | | | | | | | Gen. Mensual (Wh) | 156294,49 |

Tabla 31. Generación de marzo con inclinación de 50°.

| Hora | G(i) | Gb(i) | Gd(i) | T2m | Tc (°C) | Pm (W) | E (Wh) | Generación (Wh) |
|-------|--------|--------|--------|-------|---------|--------|-------------------|-----------------|
| 0:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 11,74 | 11,74 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 11,01 | 11,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 10,71 | 10,71 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 3:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 10,42 | 10,42 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 4:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 10,12 | 10,12 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 5:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 9,97 | 9,97 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 6:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 9,81 | 9,81 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 7:00 | 31,69 | 0,46 | 28,88 | 9,66 | 10,57 | 8,89 | 7,56 | 30,24 |
| 8:00 | 185,19 | 88,45 | 88,99 | 11,09 | 16,41 | 50,80 | 43,18 | 172,73 |
| 9:00 | 367,85 | 217,99 | 136,53 | 12,52 | 23,10 | 98,24 | 83,51 | 334,02 |
| 10:00 | 560,76 | 364,19 | 177,57 | 13,95 | 30,07 | 145,51 | 123,68 | 494,74 |
| 11:00 | 695,16 | 470,00 | 202,40 | 15,08 | 35,07 | 176,61 | 150,12 | 600,49 |
| 12:00 | 794,01 | 552,69 | 215,72 | 16,21 | 39,04 | 198,30 | 168,56 | 674,23 |
| 13:00 | 812,95 | 561,50 | 225,32 | 17,35 | 40,72 | 201,54 | 171,31 | 685,25 |
| 14:00 | 780,74 | 535,15 | 220,36 | 17,94 | 40,39 | 193,84 | 164,77 | 659,07 |
| 15:00 | 657,57 | 437,27 | 198,63 | 18,54 | 37,45 | 165,36 | 140,56 | 562,24 |
| 16:00 | 514,22 | 325,61 | 171,00 | 19,14 | 33,92 | 131,28 | 111,59 | 446,36 |
| 17:00 | 339,93 | 198,89 | 128,50 | 18,45 | 28,22 | 88,89 | 75,56 | 302,23 |
| 18:00 | 154,12 | 69,28 | 77,99 | 17,77 | 22,20 | 41,31 | 35,11 | 140,46 |
| 19:00 | 22,43 | 0,00 | 21,38 | 17,08 | 17,72 | 6,12 | 5,20 | 20,81 |
| 20:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 15,77 | 15,77 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 21:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 14,46 | 14,46 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 22:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 13,15 | 13,15 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 23:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 12,45 | 12,45 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | | | | | | | Gen. Diaria (Wh) | 5122,87 |
| | | | | | | | Gen. Mensual (Wh) | 153686,09 |

Tabla 32. Generación de abril con inclinación de 50°.

| Hora | G(i) | Gb(i) | Gd(i) | T2m | Tc (°C) | Pm (W) | E (Wh) | Generación (Wh) |
|------|------|-------|-------|-------|---------|--------|--------|-----------------|
| 0:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 15,69 | 15,69 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 14,74 | 14,74 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

| | | | | | | | | |
|-------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|-------------------|-----------|
| 2:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 14,29 | 14,29 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 3:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 13,83 | 13,83 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 4:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 13,38 | 13,38 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 5:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 13,43 | 13,43 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 6:00 | 10,29 | 0,00 | 9,81 | 13,48 | 13,78 | 2,85 | 2,42 | 9,70 |
| 7:00 | 58,81 | 0,07 | 55,56 | 13,54 | 15,23 | 16,21 | 13,78 | 55,11 |
| 8:00 | 210,74 | 95,89 | 103,93 | 15,06 | 21,12 | 56,73 | 48,22 | 192,90 |
| 9:00 | 390,81 | 227,84 | 146,29 | 16,59 | 27,83 | 102,36 | 87,01 | 348,04 |
| 10:00 | 570,09 | 366,73 | 181,18 | 18,12 | 34,51 | 145,18 | 123,41 | 493,62 |
| 11:00 | 694,65 | 465,67 | 203,22 | 19,31 | 39,28 | 173,30 | 147,31 | 589,23 |
| 12:00 | 761,88 | 506,55 | 227,62 | 20,51 | 42,41 | 187,48 | 159,36 | 637,44 |
| 13:00 | 791,83 | 534,56 | 228,67 | 21,71 | 44,48 | 193,08 | 164,12 | 656,47 |
| 14:00 | 755,45 | 512,03 | 215,87 | 22,31 | 44,03 | 184,58 | 156,89 | 627,56 |
| 15:00 | 668,71 | 449,93 | 193,70 | 22,92 | 42,15 | 164,75 | 140,04 | 560,15 |
| 16:00 | 508,35 | 323,26 | 164,80 | 23,53 | 38,15 | 127,45 | 108,33 | 433,34 |
| 17:00 | 325,36 | 179,91 | 130,86 | 22,97 | 32,32 | 83,63 | 71,09 | 284,35 |
| 18:00 | 150,47 | 56,76 | 84,95 | 22,41 | 26,74 | 39,59 | 33,65 | 134,61 |
| 19:00 | 44,90 | 0,00 | 42,81 | 21,86 | 23,15 | 11,99 | 10,19 | 40,76 |
| 20:00 | 0,90 | 0,00 | 0,86 | 20,37 | 20,40 | 0,24 | 0,21 | 0,83 |
| 21:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 18,87 | 18,87 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 22:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 17,38 | 17,38 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 23:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 16,53 | 16,53 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | | | | | | | Gen. Diaria (Wh) | 5064,11 |
| | | | | | | | Gen. Mensual (Wh) | 156987,33 |

Tabla 33. Generación de mayo con inclinación de 50°.

| Hora | G(i) | Gb(i) | Gd(i) | T2m | Tc (°C) | Pm (W) | E (Wh) | Generación (Wh) |
|-------|--------|--------|--------|-------|---------|--------|--------|-----------------|
| 0:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 20,14 | 20,14 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 18,94 | 18,94 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 18,36 | 18,36 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 3:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 17,78 | 17,78 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 4:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 17,20 | 17,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 5:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 17,27 | 17,27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 6:00 | 23,24 | 0,00 | 22,16 | 17,33 | 18,00 | 6,34 | 5,39 | 21,54 |
| 7:00 | 68,46 | 0,00 | 65,28 | 17,40 | 19,37 | 18,56 | 15,78 | 63,11 |
| 8:00 | 213,86 | 98,96 | 102,14 | 18,95 | 25,10 | 56,65 | 48,15 | 192,61 |
| 9:00 | 404,30 | 246,45 | 138,91 | 20,50 | 32,12 | 104,01 | 88,41 | 353,63 |
| 10:00 | 575,57 | 374,01 | 177,57 | 22,04 | 38,59 | 144,03 | 122,42 | 489,70 |
| 11:00 | 709,60 | 495,39 | 186,33 | 23,44 | 43,84 | 173,52 | 147,49 | 589,96 |
| 12:00 | 798,79 | 572,40 | 195,92 | 24,83 | 47,80 | 191,90 | 163,11 | 652,45 |
| 13:00 | 825,53 | 589,66 | 204,62 | 26,22 | 49,95 | 196,38 | 166,93 | 667,70 |
| 14:00 | 790,21 | 558,89 | 201,06 | 26,94 | 49,66 | 188,23 | 160,00 | 640,00 |
| 15:00 | 671,52 | 461,46 | 183,42 | 27,67 | 46,98 | 161,92 | 137,63 | 550,52 |

| | | | | | | | | |
|-------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|-------------------|-----------|
| 16:00 | 514,13 | 325,76 | 166,57 | 28,39 | 43,17 | 126,09 | 107,18 | 428,72 |
| 17:00 | 339,38 | 191,18 | 131,82 | 27,85 | 37,61 | 85,29 | 72,49 | 289,98 |
| 18:00 | 158,61 | 58,61 | 90,01 | 27,31 | 31,87 | 40,85 | 34,72 | 138,88 |
| 19:00 | 57,31 | 0,00 | 54,64 | 26,76 | 28,41 | 14,97 | 12,73 | 50,91 |
| 20:00 | 13,67 | 0,00 | 13,03 | 25,19 | 25,58 | 3,61 | 3,07 | 12,29 |
| 21:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 23,63 | 23,63 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 22:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 22,06 | 22,06 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 23:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 21,10 | 21,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | | | | | | | Gen. Diaria (Wh) | 5142,00 |
| | | | | | | | Gen. Mensual (Wh) | 154260,05 |

Tabla 34. Generación de junio con inclinación de 50°.

| Hora | G(i) | Gb(i) | Gd(i) | T2m | Tc (°C) | Pm (W) | E (Wh) | Generación (Wh) |
|-------|--------|--------|--------|-------|---------|--------|-------------------|-----------------|
| 0:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 22,99 | 22,99 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 21,76 | 21,76 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 21,13 | 21,13 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 3:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 20,50 | 20,50 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 4:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 19,87 | 19,87 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 5:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 19,79 | 19,79 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 6:00 | 11,70 | 0,00 | 11,15 | 19,71 | 20,05 | 3,16 | 2,69 | 10,76 |
| 7:00 | 58,79 | 0,00 | 56,05 | 19,62 | 21,31 | 15,82 | 13,44 | 53,77 |
| 8:00 | 203,70 | 100,19 | 91,29 | 21,14 | 27,00 | 53,54 | 45,51 | 182,03 |
| 9:00 | 405,40 | 260,44 | 126,33 | 22,66 | 34,32 | 103,33 | 87,83 | 351,31 |
| 10:00 | 601,93 | 428,66 | 148,76 | 24,18 | 41,49 | 148,73 | 126,42 | 505,68 |
| 11:00 | 762,72 | 566,29 | 167,26 | 25,67 | 47,60 | 183,39 | 155,88 | 623,54 |
| 12:00 | 862,99 | 659,67 | 171,31 | 27,17 | 51,98 | 203,39 | 172,88 | 691,54 |
| 13:00 | 904,25 | 696,48 | 174,56 | 28,67 | 54,67 | 210,48 | 178,91 | 715,63 |
| 14:00 | 849,31 | 642,49 | 175,27 | 29,68 | 54,10 | 198,22 | 168,48 | 673,94 |
| 15:00 | 745,75 | 547,17 | 169,98 | 30,70 | 52,14 | 175,63 | 149,29 | 597,15 |
| 16:00 | 588,11 | 412,95 | 151,12 | 31,71 | 48,62 | 140,76 | 119,64 | 478,58 |
| 17:00 | 389,07 | 245,16 | 125,91 | 31,27 | 42,46 | 95,72 | 81,37 | 325,46 |
| 18:00 | 196,06 | 91,21 | 92,97 | 30,83 | 36,47 | 49,51 | 42,09 | 168,35 |
| 19:00 | 59,31 | 0,00 | 56,55 | 30,40 | 32,11 | 15,26 | 12,97 | 51,88 |
| 20:00 | 12,20 | 0,00 | 11,63 | 28,72 | 29,07 | 3,18 | 2,70 | 10,81 |
| 21:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 27,04 | 27,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 22:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 25,37 | 25,37 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 23:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 24,18 | 24,18 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | | | | | | | Gen. Diaria (Wh) | 5440,43 |
| | | | | | | | Gen. Mensual (Wh) | 168653,22 |

Tabla 35. Generación de julio con inclinación de 50°.

| Hora | G(i) | Gb(i) | Gd(i) | T2m | Tc (°C) | Pm (W) | E (Wh) | Generación (Wh) |
|-------|--------|--------|--------|-------|---------|--------|-------------------|-----------------|
| 0:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 22,40 | 22,40 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 21,43 | 21,43 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 20,87 | 20,87 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 3:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 20,30 | 20,30 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 4:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 19,73 | 19,73 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 5:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 19,46 | 19,46 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 6:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 19,19 | 19,19 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 7:00 | 40,05 | 0,07 | 38,04 | 18,92 | 20,07 | 10,83 | 9,20 | 36,81 |
| 8:00 | 198,02 | 102,92 | 85,58 | 20,36 | 26,05 | 52,25 | 44,41 | 177,65 |
| 9:00 | 406,35 | 261,82 | 128,63 | 21,79 | 33,47 | 103,94 | 88,35 | 353,40 |
| 10:00 | 617,13 | 440,35 | 154,75 | 23,22 | 40,96 | 152,84 | 129,91 | 519,64 |
| 11:00 | 792,43 | 593,94 | 171,49 | 24,74 | 47,52 | 190,60 | 162,01 | 648,05 |
| 12:00 | 903,61 | 694,48 | 179,03 | 26,25 | 52,23 | 212,72 | 180,82 | 723,26 |
| 13:00 | 942,06 | 730,85 | 180,05 | 27,76 | 54,84 | 219,10 | 186,23 | 744,94 |
| 14:00 | 893,16 | 687,77 | 175,62 | 28,75 | 54,43 | 208,13 | 176,91 | 707,64 |
| 15:00 | 767,34 | 572,38 | 168,74 | 29,73 | 51,79 | 181,01 | 153,86 | 615,43 |
| 16:00 | 603,56 | 433,63 | 148,30 | 30,72 | 48,07 | 144,81 | 123,09 | 492,37 |
| 17:00 | 396,25 | 258,61 | 121,98 | 30,25 | 41,64 | 97,84 | 83,17 | 332,66 |
| 18:00 | 184,61 | 95,60 | 79,85 | 29,77 | 35,08 | 46,90 | 39,87 | 159,46 |
| 19:00 | 37,39 | 0,00 | 35,65 | 29,30 | 30,37 | 9,69 | 8,24 | 32,95 |
| 20:00 | 0,29 | 0,00 | 0,27 | 27,72 | 27,73 | 0,08 | 0,06 | 0,26 |
| 21:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 26,13 | 26,13 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 22:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 24,55 | 24,55 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 23:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 23,48 | 23,48 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | | | | | | | Gen. Diaria (Wh) | 5544,52 |
| | | | | | | | Gen. Mensual (Wh) | 171880,04 |

Tabla 36. Generación de agosto con inclinación de 50°.

| Hora | G(i) | Gb(i) | Gd(i) | T2m | Tc (°C) | Pm (W) | E (Wh) | Generación (Wh) |
|-------|--------|--------|--------|-------|---------|--------|--------|-----------------|
| 0:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 19,24 | 19,24 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 18,65 | 18,65 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 18,22 | 18,22 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 3:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 17,80 | 17,80 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 4:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 17,37 | 17,37 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 5:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 17,07 | 17,07 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 6:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 16,78 | 16,78 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 7:00 | 17,73 | 2,97 | 13,80 | 16,48 | 16,99 | 4,85 | 4,12 | 16,50 |
| 8:00 | 187,89 | 103,53 | 78,08 | 17,75 | 23,15 | 50,17 | 42,64 | 170,57 |
| 9:00 | 394,21 | 251,80 | 130,25 | 19,01 | 30,34 | 102,18 | 86,85 | 347,40 |
| 10:00 | 596,85 | 413,85 | 165,30 | 20,28 | 37,44 | 150,10 | 127,58 | 510,34 |

| | | | | | | | | |
|-------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|-------------------|-----------|
| 11:00 | 772,47 | 562,82 | 187,26 | 21,54 | 43,75 | 188,97 | 160,62 | 642,50 |
| 12:00 | 868,57 | 645,94 | 197,63 | 22,81 | 47,78 | 208,67 | 177,37 | 709,49 |
| 13:00 | 896,74 | 669,96 | 201,07 | 24,07 | 49,85 | 213,42 | 181,41 | 725,64 |
| 14:00 | 845,61 | 627,59 | 193,69 | 24,78 | 49,09 | 201,95 | 171,66 | 686,64 |
| 15:00 | 707,88 | 507,70 | 179,53 | 25,49 | 45,84 | 171,56 | 145,82 | 583,30 |
| 16:00 | 546,83 | 376,99 | 153,60 | 26,20 | 41,92 | 134,86 | 114,63 | 458,51 |
| 17:00 | 339,28 | 214,53 | 114,19 | 25,47 | 35,22 | 86,14 | 73,22 | 292,88 |
| 18:00 | 126,47 | 63,74 | 58,15 | 24,74 | 28,38 | 33,05 | 28,09 | 112,37 |
| 19:00 | 2,35 | 0,00 | 2,24 | 24,01 | 24,08 | 0,63 | 0,53 | 2,13 |
| 20:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 22,89 | 22,89 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 21:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 21,76 | 21,76 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 22:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 20,64 | 20,64 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 23:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 19,94 | 19,94 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | | | | | | | Gen. Diaria (Wh) | 5258,25 |
| | | | | | | | Gen. Mensual (Wh) | 157747,58 |

Tabla 37. Generación de septiembre con inclinación de 50°.

| Hora | G(i) | Gb(i) | Gd(i) | T2m | Tc (°C) | Pm (W) | E (Wh) | Generación (Wh) |
|-------|--------|--------|--------|-------|---------|--------|------------------|-----------------|
| 0:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 15,23 | 15,23 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 15,01 | 15,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 14,69 | 14,69 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 3:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 14,37 | 14,37 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 4:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 14,05 | 14,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 5:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 13,79 | 13,79 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 6:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 13,53 | 13,53 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 7:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 13,27 | 13,27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 8:00 | 140,27 | 83,14 | 54,02 | 14,40 | 18,43 | 38,17 | 32,45 | 129,79 |
| 9:00 | 350,70 | 228,50 | 113,98 | 15,53 | 25,61 | 92,70 | 78,80 | 315,19 |
| 10:00 | 512,50 | 348,37 | 151,71 | 16,67 | 31,40 | 132,25 | 112,41 | 449,64 |
| 11:00 | 700,32 | 507,46 | 175,91 | 17,80 | 37,93 | 175,74 | 149,38 | 597,53 |
| 12:00 | 799,84 | 597,29 | 183,29 | 18,93 | 41,93 | 197,25 | 167,66 | 670,65 |
| 13:00 | 806,36 | 596,88 | 190,05 | 20,06 | 43,24 | 197,70 | 168,05 | 672,19 |
| 14:00 | 774,20 | 570,72 | 184,99 | 20,53 | 42,79 | 190,20 | 161,67 | 646,68 |
| 15:00 | 615,89 | 438,36 | 162,84 | 20,99 | 38,70 | 154,05 | 130,94 | 523,75 |
| 16:00 | 462,24 | 320,00 | 131,68 | 21,46 | 34,75 | 117,60 | 99,96 | 399,83 |
| 17:00 | 236,81 | 149,97 | 81,72 | 20,46 | 27,27 | 62,17 | 52,85 | 211,38 |
| 18:00 | 6,70 | 0,00 | 6,39 | 19,45 | 19,64 | 1,81 | 1,54 | 6,17 |
| 19:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 18,45 | 18,45 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 20:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 17,61 | 17,61 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 21:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 16,77 | 16,77 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 22:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 15,92 | 15,92 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 23:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 15,58 | 15,58 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | | | | | | | Gen. Diaria (Wh) | 4622,79 |

| | |
|----------------------|-----------|
| Gen. Mensual (Wh) | 143306,47 |
|----------------------|-----------|

Tabla 38. Generación de octubre con inclinación de 50°.

| Hora | G(i) | Gb(i) | Gd(i) | T2m | Tc (°C) | Pm (W) | E (Wh) | Generación (Wh) |
|-------|--------|--------|--------|-------|---------|--------|----------------------|-----------------|
| 0:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 9,61 | 9,61 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 9,69 | 9,69 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 9,54 | 9,54 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 3:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 9,38 | 9,38 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 4:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 9,23 | 9,23 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 5:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 9,05 | 9,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 6:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 8,88 | 8,88 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 7:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 8,70 | 8,70 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 8:00 | 29,37 | 20,22 | 8,72 | 9,41 | 10,25 | 8,25 | 7,02 | 28,06 |
| 9:00 | 256,49 | 170,41 | 81,69 | 10,12 | 17,49 | 70,06 | 59,55 | 238,21 |
| 10:00 | 419,30 | 291,65 | 119,59 | 10,83 | 22,88 | 112,08 | 95,27 | 381,07 |
| 11:00 | 568,88 | 405,21 | 152,17 | 11,78 | 28,14 | 148,82 | 126,49 | 505,97 |
| 12:00 | 665,90 | 489,37 | 162,93 | 12,73 | 31,87 | 171,49 | 145,77 | 583,07 |
| 13:00 | 702,16 | 521,97 | 165,98 | 13,68 | 33,87 | 179,31 | 152,41 | 609,65 |
| 14:00 | 635,48 | 464,22 | 158,51 | 13,93 | 32,20 | 163,43 | 138,92 | 555,67 |
| 15:00 | 516,48 | 367,93 | 138,63 | 14,19 | 29,04 | 134,60 | 114,41 | 457,64 |
| 16:00 | 349,63 | 238,34 | 105,21 | 14,44 | 24,49 | 92,84 | 78,92 | 315,67 |
| 17:00 | 45,45 | 18,71 | 25,51 | 13,41 | 14,72 | 12,55 | 10,67 | 42,68 |
| 18:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 12,38 | 12,38 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 19:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 11,35 | 11,35 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 20:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 10,87 | 10,87 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 21:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 10,39 | 10,39 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 22:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 9,91 | 9,91 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 23:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 9,76 | 9,76 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | | | | | | | Gen. Diaria (Wh) | 3717,68 |
| | | | | | | | Gen. Mensual (Wh) | 111530,34 |

Tabla 39. Generación de noviembre con inclinación de 50°.

| Hora | G(i) | Gb(i) | Gd(i) | T2m | Tc (°C) | Pm (W) | E (Wh) | Generación (Wh) |
|------|------|-------|-------|------|---------|--------|--------|-----------------|
| 0:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,12 | 6,12 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5,94 | 5,94 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5,79 | 5,79 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 3:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5,64 | 5,64 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 4:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5,49 | 5,49 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 5:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5,38 | 5,38 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 6:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5,27 | 5,27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 7:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5,15 | 5,15 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

| | | | | | | | | |
|-------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|-------------------|-----------|
| 8:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5,68 | 5,68 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 9:00 | 175,73 | 124,28 | 49,33 | 6,21 | 11,26 | 49,19 | 41,81 | 167,25 |
| 10:00 | 361,84 | 254,39 | 101,58 | 6,74 | 17,14 | 98,98 | 84,13 | 336,52 |
| 11:00 | 503,88 | 365,14 | 129,75 | 7,80 | 22,29 | 135,01 | 114,76 | 459,05 |
| 12:00 | 581,01 | 422,89 | 147,27 | 8,86 | 25,56 | 153,61 | 130,57 | 522,28 |
| 13:00 | 616,49 | 452,61 | 152,35 | 9,93 | 27,65 | 161,59 | 137,35 | 549,41 |
| 14:00 | 567,29 | 410,39 | 146,44 | 10,14 | 26,45 | 149,44 | 127,02 | 508,09 |
| 15:00 | 488,05 | 353,79 | 125,95 | 10,36 | 24,39 | 129,66 | 110,21 | 440,83 |
| 16:00 | 342,35 | 242,48 | 94,88 | 10,58 | 20,42 | 92,43 | 78,56 | 314,25 |
| 17:00 | 12,94 | 0,00 | 12,34 | 9,58 | 9,95 | 3,64 | 3,09 | 12,38 |
| 18:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 8,59 | 8,59 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 19:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 7,60 | 7,60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 20:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 7,21 | 7,21 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 21:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,83 | 6,83 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 22:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,44 | 6,44 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 23:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,28 | 6,28 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | | | | | | | Gen. Diaria (Wh) | 3310,06 |
| | | | | | | | Gen. Mensual (Wh) | 102611,72 |

Tabla 40. Generación de diciembre con inclinación de 50°.

10.1.3 CONSUMO NETO MENSUAL

A continuación, a partir de los datos de generación obtenidos, se ha calculado el consumo neto horario para cada mes con la inclinación de 10°.

| Hora | Generación (Wh) | Consumo (Wh) | Quedan almacenados (Wh) | Consumo neto (Wh) |
|-------|-----------------|--------------|-------------------------|-------------------|
| 0:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 1:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 2:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 3:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 4:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 5:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 6:00 | 0,00 | 487,50 | 0,00 | 487,50 |
| 7:00 | 0,00 | 487,50 | 0,00 | 487,50 |
| 8:00 | 0,00 | 437,50 | 0,00 | 437,50 |
| 9:00 | 74,77 | 437,50 | 0,00 | 362,73 |
| 10:00 | 202,54 | 437,50 | 0,00 | 234,96 |
| 11:00 | 304,33 | 437,50 | 0,00 | 133,17 |
| 12:00 | 376,31 | 437,50 | 0,00 | 61,19 |
| 13:00 | 401,58 | 437,50 | 0,00 | 35,92 |
| 14:00 | 390,24 | 437,50 | 0,00 | 47,26 |
| 15:00 | 310,97 | 437,50 | 0,00 | 126,53 |
| 16:00 | 223,81 | 437,50 | 0,00 | 213,69 |

| | | | | |
|-------|-------|--------|------|--------|
| 17:00 | 81,89 | 437,50 | 0,00 | 355,61 |
| 18:00 | 0,02 | 487,50 | 0,00 | 487,48 |
| 19:00 | 0,00 | 487,50 | 0,00 | 487,50 |
| 20:00 | 0,00 | 487,50 | 0,00 | 487,50 |
| 21:00 | 0,00 | 487,50 | 0,00 | 487,50 |
| 22:00 | 0,00 | 487,50 | 0,00 | 487,50 |
| 23:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |

Tabla 41. Consumo neto de enero.

| Hora | Generación (Wh) | Consumo (Wh) | Quedan almacenados (Wh) | Consumo neto (Wh) |
|-------|-----------------|--------------|-------------------------|-------------------|
| 0:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 1:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 2:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 3:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 4:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 5:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 6:00 | 0,00 | 487,50 | 0,00 | 487,50 |
| 7:00 | 0,00 | 487,50 | 0,00 | 487,50 |
| 8:00 | 5,19 | 437,50 | 0,00 | 432,31 |
| 9:00 | 154,24 | 437,50 | 0,00 | 283,26 |
| 10:00 | 306,65 | 437,50 | 0,00 | 130,85 |
| 11:00 | 424,10 | 437,50 | 0,00 | 13,40 |
| 12:00 | 503,71 | 437,50 | 66,21 | 0,00 |
| 13:00 | 535,79 | 437,50 | 164,50 | 0,00 |
| 14:00 | 517,09 | 437,50 | 244,09 | 0,00 |
| 15:00 | 451,36 | 437,50 | 257,95 | 0,00 |
| 16:00 | 340,46 | 437,50 | 160,91 | 0,00 |
| 17:00 | 204,30 | 437,50 | 0,00 | 72,29 |
| 18:00 | 21,64 | 487,50 | 0,00 | 465,86 |
| 19:00 | 0,00 | 487,50 | 0,00 | 487,50 |
| 20:00 | 0,00 | 487,50 | 0,00 | 487,50 |
| 21:00 | 0,00 | 487,50 | 0,00 | 487,50 |
| 22:00 | 0,00 | 487,50 | 0,00 | 487,50 |
| 23:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |

Tabla 42. Consumo neto de febrero.

| Hora | Generación (Wh) | Consumo (Wh) | Quedan almacenados (Wh) | Consumo neto (Wh) |
|------|-----------------|--------------|-------------------------|-------------------|
| 0:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 1:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 2:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 3:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 4:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 5:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |

| | | | | |
|-------|--------|--------|--------|--------|
| 6:00 | 0,00 | 487,50 | 0,00 | 487,50 |
| 7:00 | 0,36 | 487,50 | 0,00 | 487,14 |
| 8:00 | 97,40 | 437,50 | 0,00 | 340,10 |
| 9:00 | 263,39 | 437,50 | 0,00 | 174,11 |
| 10:00 | 410,78 | 437,50 | 0,00 | 26,72 |
| 11:00 | 527,45 | 437,50 | 89,95 | 0,00 |
| 12:00 | 596,27 | 437,50 | 248,72 | 0,00 |
| 13:00 | 596,35 | 437,50 | 407,56 | 0,00 |
| 14:00 | 578,52 | 437,50 | 548,59 | 0,00 |
| 15:00 | 505,34 | 437,50 | 616,42 | 0,00 |
| 16:00 | 407,06 | 437,50 | 585,99 | 0,00 |
| 17:00 | 273,11 | 437,50 | 421,59 | 0,00 |
| 18:00 | 114,66 | 437,50 | 98,75 | 0,00 |
| 19:00 | 0,70 | 487,50 | 0,00 | 388,05 |
| 20:00 | 0,00 | 487,50 | 0,00 | 487,50 |
| 21:00 | 0,00 | 487,50 | 0,00 | 487,50 |
| 22:00 | 0,00 | 487,50 | 0,00 | 487,50 |
| 23:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |

Tabla 43. Consumo neto de marzo.

| Hora | Generación (Wh) | Consumo (Wh) | Quedan almacenados (Wh) | Consumo neto (Wh) |
|-------|-----------------|--------------|-------------------------|-------------------|
| 0:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 1:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 2:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 3:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 4:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 5:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 6:00 | 0,00 | 487,50 | 0,00 | 487,50 |
| 7:00 | 57,66 | 487,50 | 0,00 | 429,84 |
| 8:00 | 203,63 | 437,50 | 0,00 | 233,87 |
| 9:00 | 352,65 | 437,50 | 0,00 | 84,85 |
| 10:00 | 497,31 | 437,50 | 59,81 | 0,00 |
| 11:00 | 589,69 | 437,50 | 212,01 | 0,00 |
| 12:00 | 655,57 | 437,50 | 430,08 | 0,00 |
| 13:00 | 664,99 | 437,50 | 657,57 | 0,00 |
| 14:00 | 641,81 | 437,50 | 861,88 | 0,00 |
| 15:00 | 554,35 | 437,50 | 978,73 | 0,00 |
| 16:00 | 452,15 | 437,50 | 993,38 | 0,00 |
| 17:00 | 323,34 | 437,50 | 879,21 | 0,00 |
| 18:00 | 173,88 | 437,50 | 615,59 | 0,00 |
| 19:00 | 32,00 | 437,50 | 210,08 | 0,00 |
| 20:00 | 0,00 | 487,50 | 0,00 | 277,42 |
| 21:00 | 0,00 | 487,50 | 0,00 | 487,50 |
| 22:00 | 0,00 | 487,50 | 0,00 | 487,50 |
| 23:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |

Tabla 44. Consumo neto abril.

| Hora | Generación (Wh) | Consumo (Wh) | Quedan almacenados (Wh) | Consumo neto (Wh) |
|-------|-----------------|--------------|-------------------------|-------------------|
| 0:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 1:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 2:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 3:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 4:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 5:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 6:00 | 11,49 | 487,50 | 0,00 | 476,01 |
| 7:00 | 124,40 | 437,50 | 0,00 | 313,10 |
| 8:00 | 269,90 | 437,50 | 0,00 | 167,60 |
| 9:00 | 416,21 | 437,50 | 0,00 | 21,29 |
| 10:00 | 549,32 | 437,50 | 111,82 | 0,00 |
| 11:00 | 632,54 | 437,50 | 306,85 | 0,00 |
| 12:00 | 674,15 | 437,50 | 543,51 | 0,00 |
| 13:00 | 690,98 | 437,50 | 796,99 | 0,00 |
| 14:00 | 665,46 | 437,50 | 1024,94 | 0,00 |
| 15:00 | 606,43 | 437,50 | 1193,87 | 0,00 |
| 16:00 | 491,74 | 437,50 | 1248,11 | 0,00 |
| 17:00 | 353,60 | 437,50 | 1164,21 | 0,00 |
| 18:00 | 207,86 | 437,50 | 934,57 | 0,00 |
| 19:00 | 77,91 | 437,50 | 574,99 | 0,00 |
| 20:00 | 1,06 | 437,50 | 138,55 | 0,00 |
| 21:00 | 0,00 | 487,50 | 0,00 | 348,95 |
| 22:00 | 0,00 | 487,50 | 0,00 | 487,50 |
| 23:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |

Tabla 45. Consumo neto de mayo.

| Hora | Generación (Wh) | Consumo (Wh) | Quedan almacenados (Wh) | Consumo neto (Wh) |
|-------|-----------------|--------------|-------------------------|-------------------|
| 0:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 1:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 2:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 3:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 4:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 5:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 6:00 | 27,66 | 487,50 | 0,00 | 459,84 |
| 7:00 | 149,13 | 437,50 | 0,00 | 288,37 |
| 8:00 | 302,78 | 437,50 | 0,00 | 134,72 |
| 9:00 | 454,54 | 437,50 | 17,04 | 0,00 |
| 10:00 | 573,42 | 437,50 | 152,97 | 0,00 |
| 11:00 | 660,64 | 437,50 | 376,11 | 0,00 |
| 12:00 | 714,69 | 437,50 | 653,30 | 0,00 |
| 13:00 | 727,11 | 437,50 | 942,92 | 0,00 |

| | | | | |
|-------|--------|--------|---------|--------|
| 14:00 | 702,84 | 437,50 | 1208,25 | 0,00 |
| 15:00 | 620,99 | 437,50 | 1391,74 | 0,00 |
| 16:00 | 509,13 | 437,50 | 1463,37 | 0,00 |
| 17:00 | 381,94 | 437,50 | 1407,81 | 0,00 |
| 18:00 | 228,82 | 437,50 | 1199,13 | 0,00 |
| 19:00 | 106,56 | 437,50 | 868,18 | 0,00 |
| 20:00 | 15,82 | 437,50 | 446,50 | 0,00 |
| 21:00 | 0,00 | 487,50 | 0,00 | 41,00 |
| 22:00 | 0,00 | 487,50 | 0,00 | 487,50 |
| 23:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |

Tabla 46. Consumo neto de junio.

| Hora | Generación (Wh) | Consumo (Wh) | Quedan almacenados (Wh) | Consumo neto (Wh) |
|-------|-----------------|--------------|-------------------------|-------------------|
| 0:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 1:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 2:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 3:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 4:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 5:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 6:00 | 12,69 | 487,50 | 0,00 | 474,81 |
| 7:00 | 130,04 | 437,50 | 0,00 | 307,46 |
| 8:00 | 288,02 | 437,50 | 0,00 | 149,48 |
| 9:00 | 445,27 | 437,50 | 7,77 | 0,00 |
| 10:00 | 582,89 | 437,50 | 153,17 | 0,00 |
| 11:00 | 685,08 | 437,50 | 400,75 | 0,00 |
| 12:00 | 743,06 | 437,50 | 706,30 | 0,00 |
| 13:00 | 763,60 | 437,50 | 1032,40 | 0,00 |
| 14:00 | 724,84 | 437,50 | 1319,74 | 0,00 |
| 15:00 | 657,36 | 475,00 | 1502,10 | 0,00 |
| 16:00 | 552,98 | 475,00 | 1580,08 | 0,00 |
| 17:00 | 414,60 | 475,00 | 1519,69 | 0,00 |
| 18:00 | 268,26 | 475,00 | 1312,94 | 0,00 |
| 19:00 | 120,08 | 475,00 | 958,03 | 0,00 |
| 20:00 | 13,91 | 437,50 | 534,44 | 0,00 |
| 21:00 | 0,00 | 487,50 | 46,94 | 0,00 |
| 22:00 | 0,00 | 487,50 | 0,00 | 440,56 |
| 23:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |

Tabla 47. Consumo neto de julio.

| Hora | Generación (Wh) | Consumo (Wh) | Quedan almacenados (Wh) | Consumo neto (Wh) |
|------|-----------------|--------------|-------------------------|-------------------|
| 0:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 1:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 2:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |

| | | | | |
|-------|--------|--------|---------|--------|
| 3:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 4:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 5:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 6:00 | 0,00 | 487,50 | 0,00 | 487,50 |
| 7:00 | 78,73 | 487,50 | 0,00 | 408,77 |
| 8:00 | 234,50 | 437,50 | 0,00 | 203,00 |
| 9:00 | 395,84 | 437,50 | 0,00 | 41,66 |
| 10:00 | 543,74 | 437,50 | 106,24 | 0,00 |
| 11:00 | 656,34 | 437,50 | 325,08 | 0,00 |
| 12:00 | 721,60 | 437,50 | 609,18 | 0,00 |
| 13:00 | 739,88 | 437,50 | 911,57 | 0,00 |
| 14:00 | 706,50 | 437,50 | 1180,56 | 0,00 |
| 15:00 | 624,36 | 437,50 | 1367,42 | 0,00 |
| 16:00 | 516,73 | 475,00 | 1409,15 | 0,00 |
| 17:00 | 375,58 | 475,00 | 1309,73 | 0,00 |
| 18:00 | 215,98 | 437,50 | 1088,21 | 0,00 |
| 19:00 | 66,73 | 437,50 | 717,45 | 0,00 |
| 20:00 | 0,33 | 487,50 | 230,28 | 0,00 |
| 21:00 | 0,00 | 487,50 | 0,00 | 257,22 |
| 22:00 | 0,00 | 487,50 | 0,00 | 487,50 |
| 23:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |

Tabla 48. Consumo medio de agosto.

| Hora | Generación (Wh) | Consumo (Wh) | Quedan almacenados (Wh) | Consumo neto (Wh) |
|-------|-----------------|--------------|-------------------------|-------------------|
| 0:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 1:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 2:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 3:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 4:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 5:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 6:00 | 0,00 | 487,50 | 0,00 | 487,50 |
| 7:00 | 23,32 | 487,50 | 0,00 | 464,18 |
| 8:00 | 169,05 | 437,50 | 0,00 | 268,45 |
| 9:00 | 325,86 | 437,50 | 0,00 | 111,64 |
| 10:00 | 467,10 | 437,50 | 29,60 | 0,00 |
| 11:00 | 581,03 | 437,50 | 173,13 | 0,00 |
| 12:00 | 639,89 | 437,50 | 375,52 | 0,00 |
| 13:00 | 653,31 | 437,50 | 591,32 | 0,00 |
| 14:00 | 619,02 | 437,50 | 772,85 | 0,00 |
| 15:00 | 529,35 | 437,50 | 864,69 | 0,00 |
| 16:00 | 419,88 | 437,50 | 847,07 | 0,00 |
| 17:00 | 276,22 | 437,50 | 685,80 | 0,00 |
| 18:00 | 118,34 | 437,50 | 366,63 | 0,00 |
| 19:00 | 2,74 | 437,50 | 0,00 | 68,13 |
| 20:00 | 0,00 | 487,50 | 0,00 | 487,50 |

| | | | | |
|-------|------|--------|------|--------|
| 21:00 | 0,00 | 487,50 | 0,00 | 487,50 |
| 22:00 | 0,00 | 487,50 | 0,00 | 487,50 |
| 23:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |

Tabla 49. Consumo neto de septiembre.

| Hora | Generación (Wh) | Consumo (Wh) | Quedan almacenados (Wh) | Consumo neto (Wh) |
|-------|-----------------|--------------|-------------------------|-------------------|
| 0:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 1:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 2:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 3:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 4:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 5:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 6:00 | 0,00 | 487,50 | 0,00 | 487,50 |
| 7:00 | 0,00 | 487,50 | 0,00 | 487,50 |
| 8:00 | 95,28 | 487,50 | 0,00 | 392,22 |
| 9:00 | 243,01 | 437,50 | 0,00 | 194,49 |
| 10:00 | 356,94 | 437,50 | 0,00 | 80,56 |
| 11:00 | 477,06 | 437,50 | 39,56 | 0,00 |
| 12:00 | 535,76 | 437,50 | 137,83 | 0,00 |
| 13:00 | 537,41 | 437,50 | 237,74 | 0,00 |
| 14:00 | 513,44 | 437,50 | 313,68 | 0,00 |
| 15:00 | 413,05 | 437,50 | 289,24 | 0,00 |
| 16:00 | 304,62 | 437,50 | 156,35 | 0,00 |
| 17:00 | 153,75 | 437,50 | 0,00 | 127,40 |
| 18:00 | 7,94 | 437,50 | 0,00 | 429,56 |
| 19:00 | 0,00 | 487,50 | 0,00 | 487,50 |
| 20:00 | 0,00 | 487,50 | 0,00 | 487,50 |
| 21:00 | 0,00 | 487,50 | 0,00 | 487,50 |
| 22:00 | 0,00 | 487,50 | 0,00 | 487,50 |
| 23:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |

Tabla 50. Consumo neto de octubre.

| Hora | Generación (Wh) | Consumo (Wh) | Quedan almacenados (Wh) | Consumo neto (Wh) |
|------|-----------------|--------------|-------------------------|-------------------|
| 0:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 1:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 2:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 3:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 4:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 5:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 6:00 | 0,00 | 487,50 | 0,00 | 487,50 |
| 7:00 | 0,00 | 487,50 | 0,00 | 487,50 |
| 8:00 | 14,77 | 437,50 | 0,00 | 422,73 |
| 9:00 | 148,63 | 437,50 | 0,00 | 288,87 |

| | | | | |
|-------|--------|--------|------|--------|
| 10:00 | 258,40 | 437,50 | 0,00 | 179,10 |
| 11:00 | 356,97 | 437,50 | 0,00 | 80,53 |
| 12:00 | 415,78 | 437,50 | 0,00 | 21,72 |
| 13:00 | 433,22 | 437,50 | 0,00 | 4,28 |
| 14:00 | 391,44 | 437,50 | 0,00 | 46,06 |
| 15:00 | 311,82 | 437,50 | 0,00 | 125,68 |
| 16:00 | 200,25 | 437,50 | 0,00 | 237,25 |
| 17:00 | 35,92 | 437,50 | 0,00 | 401,58 |
| 18:00 | 0,00 | 487,50 | 0,00 | 487,50 |
| 19:00 | 0,00 | 487,50 | 0,00 | 487,50 |
| 20:00 | 0,00 | 487,50 | 0,00 | 487,50 |
| 21:00 | 0,00 | 487,50 | 0,00 | 487,50 |
| 22:00 | 0,00 | 487,50 | 0,00 | 487,50 |
| 23:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |

Tabla 51. Consumo neto de noviembre.

| Hora | Generación (Wh) | Consumo (Wh) | Quedan almacenados (Wh) | Consumo neto (Wh) |
|-------|-----------------|--------------|-------------------------|-------------------|
| 0:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 1:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 2:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 3:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 4:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 5:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |
| 6:00 | 0,00 | 487,50 | 0,00 | 487,50 |
| 7:00 | 0,00 | 487,50 | 0,00 | 487,50 |
| 8:00 | 0,00 | 487,50 | 0,00 | 487,50 |
| 9:00 | 83,81 | 437,50 | 0,00 | 353,69 |
| 10:00 | 204,66 | 437,50 | 0,00 | 232,84 |
| 11:00 | 298,08 | 437,50 | 0,00 | 139,42 |
| 12:00 | 350,35 | 437,50 | 0,00 | 87,15 |
| 13:00 | 369,74 | 437,50 | 0,00 | 67,76 |
| 14:00 | 337,78 | 437,50 | 0,00 | 99,72 |
| 15:00 | 277,94 | 437,50 | 0,00 | 159,56 |
| 16:00 | 179,09 | 437,50 | 0,00 | 258,41 |
| 17:00 | 15,94 | 437,50 | 0,00 | 421,56 |
| 18:00 | 0,00 | 487,50 | 0,00 | 487,50 |
| 19:00 | 0,00 | 487,50 | 0,00 | 487,50 |
| 20:00 | 0,00 | 487,50 | 0,00 | 487,50 |
| 21:00 | 0,00 | 487,50 | 0,00 | 487,50 |
| 22:00 | 0,00 | 487,50 | 0,00 | 487,50 |
| 23:00 | 0,00 | 50,00 | 0,00 | 50,00 |

Tabla 52. Consumo neto de diciembre.

10.1.4 GENERACIÓN DE UNA PLACA SOLAR EN DICIEMBRE (50°)

| Hora | G(i) | Gb(i) | Gd(i) | T2m | Tc (°C) | Pm (W) | E (Wh) | Generación (Wh) |
|-------|--------|--------|--------|-------|---------|--------|------------------|-----------------|
| 0:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,12 | 6,12 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5,94 | 5,94 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5,79 | 5,79 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 3:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5,64 | 5,64 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 4:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5,49 | 5,49 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 5:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5,38 | 5,38 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 6:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5,27 | 5,27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 7:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5,15 | 5,15 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 8:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5,68 | 5,68 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 9:00 | 175,73 | 124,28 | 49,33 | 6,21 | 11,26 | 49,19 | 41,81 | 41,81 |
| 10:00 | 361,84 | 254,39 | 101,58 | 6,74 | 17,14 | 98,98 | 84,13 | 84,13 |
| 11:00 | 503,88 | 365,14 | 129,75 | 7,80 | 22,29 | 135,01 | 114,76 | 114,76 |
| 12:00 | 581,01 | 422,89 | 147,27 | 8,86 | 25,56 | 153,61 | 130,57 | 130,57 |
| 13:00 | 616,49 | 452,61 | 152,35 | 9,93 | 27,65 | 161,59 | 137,35 | 137,35 |
| 14:00 | 567,29 | 410,39 | 146,44 | 10,14 | 26,45 | 149,44 | 127,02 | 127,02 |
| 15:00 | 488,05 | 353,79 | 125,95 | 10,36 | 24,39 | 129,66 | 110,21 | 110,21 |
| 16:00 | 342,35 | 242,48 | 94,88 | 10,58 | 20,42 | 92,43 | 78,56 | 78,56 |
| 17:00 | 12,94 | 0,00 | 12,34 | 9,58 | 9,95 | 3,64 | 3,09 | 3,09 |
| 18:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 8,59 | 8,59 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 19:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 7,60 | 7,60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 20:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 7,21 | 7,21 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 21:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,83 | 6,83 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 22:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,44 | 6,44 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 23:00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,28 | 6,28 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | | | | | | | Gen. Diaria (Wh) | 827,51 |

Tabla 53. Generación de energía de una placa en diciembre.

10.2 ANEXO II: CÁLCULO ESTRUCTURAL

10.2.1 SEMIPÓRTICO MARQUESINA AISLADA DE LA RED (INCLINACIÓN 50°)

Como se ha comentado en el apartado de normativa, para hallar las cargas que actúan sobre la marquesina, se seguirá lo indicado en el CTE (Código Técnico de la Edificación), en el Documento Básico; Seguridad Estructural; Acciones en la edificación; (DB SE-AE). La estructura cuenta con seis semipórticos cuenta de perfiles de acero separados 2 metros entre sí, para el cálculo de las acciones se estudiará un semipórtico central al ser los más solicitados.

10.2.1.1 ACCIONES

Según el DB SE-AE existen tres tipos de acciones:

- Acciones permanentes: peso propio, pretensado y acciones del terreno. En este proyecto solo influye el peso propio.
- Acciones variables: sobrecarga de uso, de nieve y de viento; acciones sobre barandillas y elementos divisorios; y acciones térmicas. En este proyecto solo se estudiarán las sobrecargas de uso, viento y nieve.
- Acciones accidentales: sismo, incendio e impacto.

10.2.1.1.1 PESO PROPIO

De acuerdo al SB SE-AE: “El peso propio a tener en cuenta es el de los elementos estructurales, los cerramientos y elementos separadores, la tabiquería, todo tipo de carpinterías, revestimientos y equipo fijo.”

Los pesos a tener en cuenta son:

- Panel sándwich:

$$16 \frac{kg}{m^2} \times 2 m \times 9,81 \frac{m}{s^2} = 313,92 \frac{N}{m}$$

- Paneles solares: al estar situados sobre el panel sándwich habrá que considerar la superficie de éste.

$$\frac{2 \text{ paneles} \times 18,2 kg}{2 m \times 2,35 m} = 7,74 \frac{kg}{m^2} \times 2 m \times 9,81 \frac{m}{s^2} = 151,95 \frac{N}{m}$$

- Soporte: igual que los paneles solares.

$$\frac{35 kg}{2 m \times 2,35 m} = 7,45 \frac{kg}{m^2} \times 2 m \times 9,81 \frac{m}{s^2} = 146,11 \frac{N}{m}$$

- Estructura: por definir, se calculará automáticamente en MEFI.

Por tanto, de momento, $q_g = 313,92 + 151,95 + 146,11 = 611,98 \frac{N}{m}$.

10.2.1.1.2 SOBRECARGA DE USO

Al estar el banco anclado al suelo y tener la cubierta una inclinación de 50°, según la Tabla 3.1 del DB SE-AE, la carga uniforme sobre cubiertas únicamente accesibles para conservación con inclinación superior a 40° es de 0 kN/m².

10.2.1.1.3 SOBRECARGA DE NIEVE

La carga de nieve por unidad de superficie en proyección horizontal se calcula como:

$$q_n = \mu \cdot s_k = 0,33 \cdot 500 \frac{N}{m^2} = 165 \frac{N}{m^2}$$

$$q_{nl} = 330 \frac{N}{m}$$

Siendo:

- μ : coeficiente de forma de la cubierta. Según el DB SE-AE, en el punto 3.5.3, para un faldón limitado inferiormente por cornisas o limatesas, y en el que no hay impedimento al deslizamiento de nieve, $\mu = 0,33$.
- s_k : valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal. Según el DB SE-AE, en la Tabla 3.8, para Zaragoza, $s_k = 500 \frac{N}{m^2}$.

10.2.1.1.4 SOBRECARGA DE VIENTO

La acción del viento (q_e), fuerza perpendicular a la superficie de cada punto expuesto, puede expresarse como:

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

Siendo:

- q_b : la presión dinámica del viento. Para Zaragoza, según el anejo D.1 del DB SE-AE:

$$q_b = 0,5 \cdot \delta \cdot v_b^2 = 0,5 \cdot 1,25 \frac{kg}{m^3} \cdot \left(27 \frac{m}{s}\right)^2 = 455,63 \frac{N}{m^2}$$

- c_e : coeficiente de exposición. Para zona urbana en general de altura 3,9 m, según la Tabla 3.4 del DB SE-AE: $c_e = 1,33$.
- c_p : coeficiente eólico o de presión. Interpolando en la Tabla D.10 para marquesinas a un agua del DB SE-AE, y teniendo en cuenta que, en este caso, $\varphi = 1 - \frac{1,50 m \cdot 2 m}{2,1 m \cdot 2 m} = 0,286$. Hay que considerar dos situaciones:
 - Situación en la que el viento empuja hacia abajo: $c_{p1} = 3,4$.
 - Situación en la que el viento empuja hacia arriba: $c_{p2} = -3,53$.

Por tanto, habrá dos cargas de viento, no simultaneas, diferentes:

$$q_{e1} = q_b \cdot c_e \cdot c_p = 455,63 \frac{N}{m^2} \cdot 1,33 \cdot 3,4 = 2060,36 \frac{N}{m^2}$$

$$q_{e2} = q_b \cdot c_e \cdot c_p = 455,63 \frac{N}{m^2} \cdot 1,33 \cdot (-3,53) = -2139,14 \frac{N}{m^2}$$

$$q_{el1} = 4120,72 \frac{N}{m}$$

$$q_{el2} = -4278,27 \frac{N}{m}$$

10.2.1.2 COMBINACIÓN DE ACCIONES

Para comprobar los estados límite últimos, según el DB SE: “El valor de cálculo de los efectos de las acciones correspondiente a una situación persistente o transitoria, se determina mediante combinaciones de acciones a partir de la expresión

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

es decir, considerando la actuación simultánea de:

- todas las acciones permanentes, en valor de cálculo ($\gamma_G \cdot G_k$), incluido el pretensado ($\gamma_P \cdot P$);
- una acción variable cualquiera, en valor de cálculo ($\gamma_Q \cdot Q_k$), debiendo adoptarse como tal una tras otra sucesivamente en distintos análisis;
- el resto de las acciones variables, en valor de cálculo de combinación ($\gamma_Q \cdot \Psi_0 \cdot Q_k$).

Los valores de los coeficientes de seguridad, γ , se establecen en la tabla 4.1 para cada tipo de acción, atendiendo para comprobaciones de resistencia a si su efecto es favorable o desfavorable, considerada globalmente.

Para comprobaciones de estabilidad, se diferenciará, aun dentro de la misma acción, la parte favorable (la estabilizadora), de la desfavorable (la desestabilizadora).

Los valores de los coeficientes de simultaneidad, Ψ , se establecen en la tabla 4.2”.

Al estar las cargas aplicadas en diferentes partes de la estructura y con diferentes orientaciones, no se puede hacer la suma aritmética de las mismas, por lo que habrá que resolver la estructura para todas las hipótesis y considerar la más desfavorable a la hora de seleccionar su perfil. Para calcular todos los parámetros correspondientes a la resistencia de materiales se empleará el programa MEFI.

10.2.1.2.1 HIPÓTESIS 1: SOBRECARGA DE NIEVE COMO CARGA VARIABLE PRINCIPAL.

Las cargas se ponderarán con los siguientes coeficientes según las tablas 4.1 y 4.2 del DB SE:

- Cargas permanentes (G):
 - Peso propio (desfavorable): $\gamma_G = 1,35$;
- Cargas variables (Q):
 - Nieve: $\gamma_{Q,1} = 1,50$;
 - Viento de presión (desfavorable): $\gamma_{Q,2} = 1,50$; $\Psi_{0,2} = 0,6$;
 - Viento de succión (favorable): $\gamma_{Q,3} = 1,50$; $\Psi_{0,3} = 0$;

```

TITULO HIPOTESIS 1
PARAMETROS
$ par val
qg -611.98 $N/m
qn1 -330.00 $N/m
qe11 -4120.72 $N/m
qe12 4278.27 $N/m
gamg 1.35
gamq1 1.50
gamq2 1.50
gamq3 1.50
ps102 0.6
ps103 0
PUNTOS
$ pun X Y
1 0.0 0.0
2 0.0 2.1
3 0.0 3.9
4 1.51 2.1
LINEAS
$ lln tipo pun
1 POL 2 3
2 POL 3 4
3 POL 4 2
4 POL 1 2
MATERIALES
$ mat pro
1 YOU 210.0e6
PROPIEDADES
$ pro are iner
1 1.0 2.0e-3
ELEMENTOS_LINEAS
$ lln tipo mat pro
1 TODAS RIG 1 1
DESPLAZAMIENTOS_GLOBALES_PUNTOS
$ pun est DX DY GZ
1 1 0.0 0.0 0.0
2 1 LIB LIB LIB
3 1 LIB LIB LIB
4 1 LIB LIB LIB
CARGAS_GLOBALES_LINEAS
$ lln est tipo px py
2 1 UNI 0.0 gamq1*qn1
CARGAS_LOCALES_LINEAS
$ lln est tipo px py
2 1 UNI 0.0 gamq2*ps102*qe11
3 1 UNI 0.0 gamq3*ps103*qe12
2 1 UNI -gamg*qg*cos((40*pi)/180) gamg*qg*sen((40*pi)/180)
    
```

Figura 14. Código MEFI para hipótesis 1.

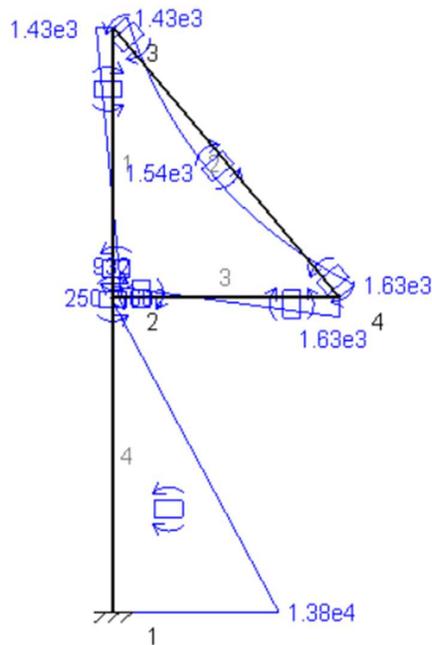


Figura 15. Momentos flectores (Nm) para hipótesis 1.

10.2.1.2.2 HIPÓTESIS 2: SOBRECARGA DE VIENTO DE PRESIÓN COMO CARGA VARIABLE PRINCIPAL.

Las cargas se ponderarán con los siguientes coeficientes según las tablas 4.1 y 4.2 del DB SE:

- Cargas permanentes (G):
 - Peso propio (desfavorable): $\gamma_G = 1,35$;
- Cargas variables (Q):
 - Viento de presión: $\gamma_{Q,1} = 1,50$;
 - Nieve (desfavorable): $\gamma_{Q,2} = 1,50$; $\Psi_{0,2} = 0,5$;
 - Viento de succión (favorable): $\gamma_{Q,3} = 1,50$; $\Psi_{0,3} = 0$;

```

TITULO HIPOTESIS 2
PARAMETROS
$ par val
  qg -611.98 $N/m
  qn1 -330.00 $N/m
  qe11 -4120.72 $N/m
  qe12 4278.27 $N/m
  gamg 1.35
  gamq1 1.50
  gamq2 1.50
  gamq3 1.50
  psi02 0.5
  psi03 0

PUNTOS
$ pun X Y
  1 0.0 0.0
  2 0.0 2.1
  3 0.0 3.9
  4 1.51 2.1

LINEAS
$ lin tipo pun
  1 POL 2 3
  2 POL 3 4
  3 POL 4 2
  4 POL 1 2

MATERIALES
$ mat pro
  1 YOU 210.0e6

PROPIEDADES
$ pro are iner
  1 1.0 2.0e-3

ELEMENTOS_LINEAS
$ lin tipo mat pro
  TODAS RIG 1 1

DESPLAZAMIENTOS_GLOBALES_PUNTOS
$ pun est DX DY GZ
  1 1 0.0 0.0 0.0
  2 1 LIB LIB LIB
  3 1 LIB LIB LIB
  4 1 LIB LIB LIB

CARGAS_GLOBALES_LINEAS
$ lin est tipo px py
  2 1 UNI 0.0 gamq2*psi02*qn1

CARGAS_LOCALES_LINEAS
$ lin est tipo px py
  2 1 UNI 0.0 gamq2*qe11
  3 1 UNI 0.0 gamq3*psi03*qe12
  2 1 UNI -gamg*qg*cos((40*p1)/180) gamg*qg*sen((40*p1)/180)
    
```

Figura 16. Código MEFI para hipótesis 2.

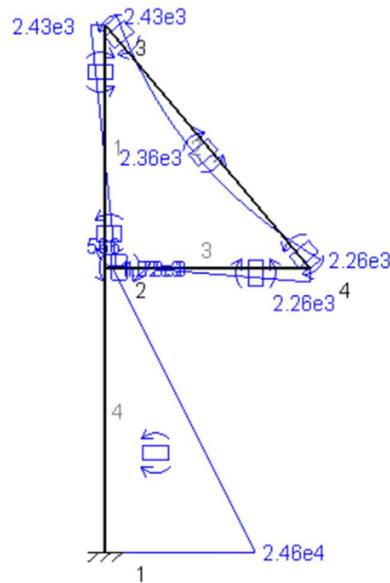


Figura 17. Momentos flectores (Nm) para hipótesis 2.

10.2.1.2.3 HIPÓTESIS 3: SOBRECARGA DE VIENTO DE SUCCIÓN COMO CARGA VARIABLE PRINCIPAL.

Las cargas se ponderarán con los siguientes coeficientes según las tablas 4.1 y 4.2 del DB SE:

- Cargas permanentes (G):
 - Peso propio (favorable): $\gamma_G = 0,8$;
- Cargas variables (Q):
 - Viento de succión: $\gamma_{Q,1} = 1,50$;
 - Nieve (favorable): $\gamma_{Q,2} = 1,50$; $\Psi_{0,2} = 0$;
 - Viento de presión (favorable): $\gamma_{Q,3} = 1,50$; $\Psi_{0,3} = 0$;

```

TITULO HIPOTESIS 3
PARAMETROS
$ par val
  qg -611.98 $N/m
  qn1 -330.00 $N/m
  qe11 -4120.72 $N/m
  qe12 -4278.27 $N/m
  gamg 0.8
  gamq1 1.50
  gamq2 1.50
  gamq3 1.50
  psi02 0
  psi03 0
PUNTOS
$ pun X Y
  1 0.0 0.0
  2 0.0 2.1
  3 0.0 3.9
  4 1.51 2.1
LINEAS
$ lin tipo pun
  1 POL 2 3
  2 POL 3 4
  3 POL 4 2
  4 POL 1 2
MATERIALES
$ mat pro
  1 YOU 210.0e6
PROPIEDADES
$ pro are iner
  1 1.0 2.0e-3
ELEMENTOS_LINEAS
$ lin tipo mat pro
  TODAS RIG 1 1
DESPLAZAMIENTOS_GLOBALES_PUNTOS
$ pun est DX DY GZ
  1 1 0.0 0.0 0.0
  2 1 LIB LIB LIB
  3 1 LIB LIB LIB
  4 1 LIB LIB LIB
CARGAS_GLOBALES_LINEAS
$ lin est tipo px py
  2 1 UNI 0.0 gamq2*psi02*qn1
CARGAS_LOCALES_LINEAS
$ lin est tipo px py
  2 1 UNI 0.0 gamq2*psi03*qe11
  3 1 UNI 0.0 gamq3*qe12
  2 1 UNI -gamg*qg*cos((40*pi)/180) gamg*qg*sen((40*pi)/180)
  
```

Figura 18. Código MEFI para hipótesis 3.

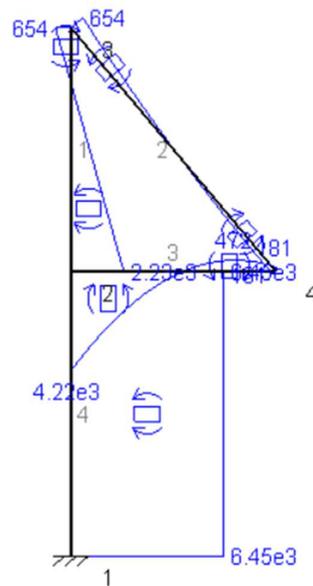


Figura 19. Momentos flectores (Nm) para hipótesis 3.

La hipótesis con los mayores momentos flectores es la 2, por lo que será esta la que se estudiará para determinar el perfil de la estructura.

10.2.1.3 DIMENSIONADO DEL PERFIL

Se va a emplear como material el acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, en perfiles laminados en caliente, piezas simples, para aplicaciones estructurales, de las series L, LD, T, redondo, cuadrado, rectangular o pletina, acabado con imprimación antioxidante.

Tabla 4.1 Características mecánicas mínimas de los aceros UNE EN 10025

| DESIGNACIÓN | Espesor nominal t (mm) | | | | Temperatura del ensayo Charpy °C |
|-------------|--|-------------|-------------|---|-------------------------------------|
| | Tensión de límite elástico f_y (N/mm ²) | | | Tensión de rotura f_u (N/mm ²) | |
| | t ≤ 16 | 16 < t ≤ 40 | 40 < t ≤ 63 | 3 ≤ t ≤ 100 | |
| S235JR | | | | | 20 |
| S235J0 | 235 | 225 | 215 | 360 | 0 |
| S235J2 | | | | | -20 |
| S275JR | | | | | 20 |
| S275J0 | 275 | 265 | 255 | 410 | 0 |
| S275J2 | | | | | -20 |
| S355JR | | | | | 20 |
| S355J0 | 355 | 345 | 335 | 470 | 0 |
| S355J2 | | | | | -20 |
| S355K2 | | | | | -20 ⁽¹⁾ |
| S450J0 | 450 | 430 | 410 | 550 | 0 |

⁽¹⁾ Se le exige una energía mínima de 40J.

Tabla 54. Tabla 4.1 DB SE-A.

Según el DB SE-A: “Aunque en el caso de las clases 1 y 2 es una opción holgadamente segura, es admisible utilizar en cualquier caso criterios de comprobación basados en distribuciones elásticas de tensiones, siempre que, en ningún punto de la sección, (y en clase 4, considerando sólo la eficaz), las tensiones de cálculo, combinadas conforme al criterio de plastificación de Von Mises, superen la resistencia de cálculo”. Es decir,

$$\sigma_{VM} \leq f_{yd}$$

En este caso, según el DB SE-A,

$$f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{275}{1,05} = 261,90 \frac{N}{mm^2} = 2,619 \cdot 10^8 \frac{N}{m^2}$$

Se va a dividir la estructura en dos partes, por un lado, el pilar principal y por otro la ménsula y el dintel que cierran el triángulo superior.

Para el pilar, teniendo en cuenta que:

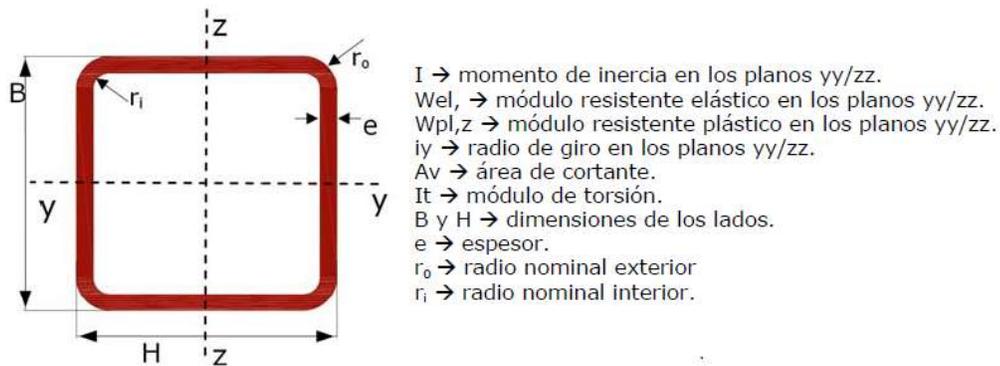
$$M_{el,Rd} = 2,46 \cdot 10^4 Nm$$

se necesita una sección con:

$$w_{el} = \frac{M_{el,Rd}}{f_{yd}} = \frac{2,46 \cdot 10^4}{2,619 \cdot 10^8} = 9,39 \cdot 10^{-5} m^3 = 93,9 \cdot 10^3 mm^3$$

Para el caso del pilar estudiarán perfiles cuadrados huecos que se encuentran en el prontuario de perfiles de acero de la Universidad Politécnica de Madrid.

Se analiza primero el perfil con el w_{el} más cercano (por arriba) al obtenido.



| Perfil | | Peso G (kg/m) | Dimensiones (mm) | | | | | Área secc. Transv A (mm ²) | Propiedades de la sección | | | | | | |
|-------------|-----------|---------------------|---------------------|-----|----------------|----------------|-----|--|---|---|---|-----------|--------------------------------------|--|--|
| HxB (mm) | e (mm) | | B | H | r _o | r _i | e | | ejes y-y/z-z | | | | | C _t *10 ³ (mm ³) | I _t *10 ⁴ (mm ⁴) |
| | | | | | | | | | I *10 ⁴ (mm ⁴) | W _{el} *10 ³ (mm ³) | W _{pl} *10 ³ (mm ³) | i (mm) | A _v (mm ²) | | |
| 120x120 | 3 | 10,84 | 120 | 120 | 6 | 3 | 3,0 | 1380,82 | 312,3 | 52,06 | 60,24 | 47,56 | 684,0 | 78,15 | 487,7 |
| 120x120 | 4 | 14,25 | 120 | 120 | 8 | 4 | 4,0 | 1814,80 | 402,3 | 67,05 | 78,33 | 47,08 | 896,0 | 100,8 | 636,6 |
| 120x120 | 5 | 17,55 | 120 | 120 | 10 | 5 | 5,0 | 2235,62 | 485,5 | 80,91 | 95,45 | 46,60 | 1.100 | 121,8 | 778,5 |
| 120x120 | 6 | 20,75 | 120 | 120 | 12 | 6 | 6,0 | 2643,29 | 562,2 | 93,69 | 111,61 | 46,12 | 1.296 | 141,22 | 913,5 |
| 120x120 | 7 | 23,52 | 120 | 120 | 17,5 | 10,5 | 7,0 | 2995,75 | 617,3 | 102,9 | 124,29 | 45,39 | 1.484 | 158,4 | 1.044 |

Tabla 55. Propiedades perfil cuadrado hueco.

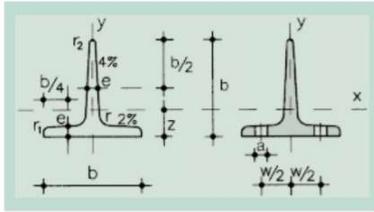
Para la ménsula y el dintel, teniendo en cuenta que:

$$M_{el,Rd} = 2,43 \cdot 10^3 \text{ Nm}$$

se necesita una sección con:

$$w_{el} = \frac{M_{el,Rd}}{f_{yd}} = \frac{2,43 \cdot 10^3}{2,619 \cdot 10^8} = 9,28 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 = 9,28 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

Para el caso de la ménsula y el dintel se estudiarán perfiles T. Se analiza primero el perfil con el w_{el} más cercano (por arriba) al obtenido.



A = Área de la sección
 I_x = Momento de inercia de media sección, respecto al eje X
 $W_x = I_x : (b - z)$. Módulo resistente de la sección, respecto al eje X
 $i_x = \sqrt{I_x : A}$. Radio de giro de la sección, respecto a X
 I_y = Momento de inercia de la sección, respecto a Y
 $W_y = 2I_y : b$ Módulo resistente de la sección, respecto a Y.
 $i_y = \sqrt{I_y : A}$. Radio de giro, de la secc., respecto a Y
 u = Perímetro de la sección
 p = Peso por m
 I_t = Módulo de torsión de la sección

| Perfil | Dimensiones | | | | | Posición del centro | Términos de sección | | | | | | | Agujeros | | Peso | | |
|----------|-------------|--------|-------------------|-------------------|------|---------------------|---------------------|-------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------|--------------------------------|------|-------|------|
| | b mm | e=r mm | r ₁ mm | r ₂ mm | u mm | | z cm | A cm ² | I _x cm ⁴ | W _x cm ³ | i _x cm | I _y cm ⁴ | W _y cm ³ | i _y cm | I _t cm ⁴ | | w mm | a mm |
| T 40 5 | 40 | 5 | 2,5 | 1,0 | 153 | 1,12 | 3,77 | 5,28 | 1,84 | 1,18 | 2,58 | 1,29 | 0,83 | 0,350 | 21 | 6,4 | 2,96 | C |
| T 50 6 | 50 | 6 | 3,0 | 1,5 | 191 | 1,39 | 5,66 | 12,10 | 3,36 | 1,46 | 6,06 | 2,42 | 1,03 | 0,757 | 30 | 6,4 | 4,44 | C |
| T 60 7 | 60 | 7 | 3,5 | 2,0 | 229 | 1,66 | 7,94 | 23,80 | 5,48 | 1,73 | 12,20 | 4,07 | 1,24 | 1,450 | 34 | 8,4 | 6,23 | C |
| T 70 8 | 70 | 8 | 4,0 | 2,0 | 268 | 1,94 | 10,60 | 44,50 | 8,79 | 2,05 | 22,10 | 6,32 | 1,44 | 2,520 | 38 | 11,0 | 8,32 | C |
| T 80 9 | 80 | 9 | 4,5 | 2,0 | 307 | 2,22 | 13,60 | 73,70 | 12,80 | 2,33 | 37,00 | 9,25 | 1,65 | 4,110 | 45 | 11,0 | 10,70 | C |
| T 100 11 | 100 | 11 | 5,5 | 3,0 | 383 | 2,74 | 20,90 | 179,00 | 24,60 | 2,92 | 88,30 | 17,70 | 2,05 | 9,380 | 60 | 13,0 | 16,40 | C |

Tabla 56. Propiedades perfil T.

Introduciendo los datos en MEFI, esta vez teniendo en cuenta también el peso de la estructura, se obtiene:

```

TITULO HIPOTESIS 2
PARAMETROS
$ par val
qg -611.98 $N/m
qn1 -330.00 $N/m
qe1 -4120.72 $N/m
qe2 4278.27 $N/m
gamg 1.35
gamq1 1.50
gamq2 1.50
gamq3 1.50
ps102 0.5
ps103 0
Ac 2995.75e-6
Ic 617.3e-8
At 13.6e-4
It 73.7e-8
PUNTOS
$ pun x y
1 0.0 0.0
2 0.0 2.1
3 0.0 3.9
4 1.51 2.1
LINEAS
$ lln tipo pun
1 POL 2 3
2 POL 3 4
3 POL 4 2
4 POL 1 2
MATERIALES
$ mat pro 210.0e9 pro2 7850
YOU DEN
PROPIEDADES
$ pro are iner
1 Ac Ic
2 At It
ELEMENTOS_LINEAS
$ lln tipo mat pro
1,4 RIG 1 1
2,3 RIG 1 2
DESPLAZAMIENTOS_GLOBALES_PUNTOS
$ pun est Dx Dy Gz
1 1 0.0 0.0 0.0
2 1 LIB LIB LIB
3 1 LIB LIB LIB
4 1 LIB LIB LIB
CARGAS_GRAVITATORIAS
$ est ax ay
1 0.0 -9.81
CARGAS_GLOBALES_LINEAS
$ lln est tipo px py
2 1 UNI 0.0 gamq2*ps102*qn1
CARGAS_LOCALES_LINEAS
$ lln est tipo px py
2 1 UNI 0.0 gamq2*qe11
3 1 UNI 0.0 gamq3*ps103*qe12
2 1 UNI -gamq*qq*cos((40*pi)/180) gamq*qq*sen((40*pi)/180)
    
```

Figura 20. Código MEFI con sección de pilar 120x120 mm.

| estado 1 | | | | | | |
|----------|-------------|-------------|------------|------------|------------|-------------|
| pun | desX | desY | girZ | reaX | reaY | momZ |
| 1 | 0.0000e+00 | 0.0000e+00 | 0.0000e+00 | 1.1126e+04 | 1.2952e+04 | -2.4279e+04 |
| 2 | -2.8050e-02 | -4.2427e-05 | 2.0406e-02 | | | |
| 3 | -6.4939e-02 | -7.1499e-05 | 1.9318e-02 | | | |
| 4 | -2.8093e-02 | 3.0788e-02 | 2.5389e-02 | | | |

| lín | punIni | punFin | axiIni | axiFin | axiMáx | xAXiMáx | xAXiNu1 |
|-----|--------|--------|-------------|-------------|------------|------------|------------|
| | | | corIni | corFin | corMáx | XCorMáx | XCorNu1 |
| | | | fleIni | fleFin | fleMáx | XFleMáx | XFleNu1 |
| | | | desIni | desFin | desMáx | XDesMáx | XDesNu1 |
| 1 | 2 | 3 | -1.0369e+04 | -9.9534e+03 | | | |
| | | | -3.0353e+03 | -3.0353e+03 | | | |
| | | | 1.9482e+03 | -3.5154e+03 | | | 6.4183e-01 |
| | | | 2.8050e-02 | 6.4939e-02 | | | |
| 2 | 3 | 4 | 5.6748e+03 | 3.7130e+03 | | | |
| | | | 8.7224e+03 | -7.4460e+03 | 2.0124e+03 | 1.2675e+00 | 1.2675e+00 |
| | | | -3.5154e+03 | -2.0159e+03 | | | 5.0274e-01 |
| | | | -4.9797e-02 | -1.7352e-03 | | | 2.0322e+00 |
| 3 | 4 | 2 | -8.0908e+03 | -8.0908e+03 | | | |
| | | | 1.9409e+03 | 2.0990e+03 | | | |
| | | | -2.0159e+03 | 1.0342e+03 | | | 1.0111e+00 |
| | | | -3.0788e-02 | 4.2427e-05 | | | |
| 4 | 1 | 2 | -1.2952e+04 | -1.2468e+04 | | | |
| | | | -1.1126e+04 | -1.1126e+04 | | | |
| | | | 2.4279e+04 | 9.1397e+02 | | | |
| | | | 0.0000e+00 | 2.8050e-02 | | | |

tensión equivalente von Mises máxima

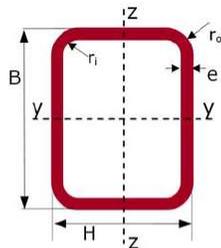
3.1356e+08

Figura 21. Resultados MEFI con sección de pilar 120x120 mm.

Se observa que:

$$\sigma_{VM} = 3,1356 \cdot 10^8 \frac{N}{m^2} > f_{yd} = 2,619 \cdot 10^8 \frac{N}{m^2}$$

Al no cumplir se debe reforzar el pilar, al estar sometido a mayores esfuerzos, esta vez con una sección rectangular, se prueba hasta obtener el resultado deseado. El seleccionado es el perfil hueco rectangular de 150x120 mm y 6 mm de espesor.



- I → momento de inercia en los planos yy/zz.
- Wel → módulo resistente elástico en los planos yy/zz.
- Wpl,z → módulo resistente plástico en los planos yy/zz.
- iy → radio de giro en los planos yy/zz.
- Av → área de cortante.
- It → módulo de torsión.
- B y H → dimensiones de los lados.
- e → espesor.
- r_o → radio nominal exterior
- r_i → radio nominal interior.

| Perfil | | Peso G (kg/m) | Dimensiones | | | | Área sección transv. A (mm ²) | Propiedades de la sección | | | | | | |
|-------------|-----------|---------------------|-------------|-----------|-------------|-------------|--|--|--|------------------------|---------------------------------------|-------|--|--|
| HxB (mm) | e (mm) | | H (mm) | B (mm) | r_o (mm) | r_i (mm) | | eje y-y | | | | | C _t *10 ³ (mm ³) | I _t *10 ⁴ (mm ⁴) |
| | | | | | | | I _y *10 ⁴ (mm ⁴) | W _{ely} *10 ³ (mm ³) | W _{ply} *10 ³ (mm ³) | i _y (mm) | A _{vy} (mm ²) | | | |
| 150x120 | 4.0 | 16.13 | 150 | 120 | 8 | 4 | 2055 | 679.9 | 90.65 | 107.35 | 57.52 | 1.136 | 127.65 | 891.2 |
| 150x120 | 5.0 | 19.90 | 150 | 120 | 10 | 5 | 2536 | 824.4 | 109.92 | 131.23 | 57.02 | 1.400 | 154.79 | 1092.4 |
| 150x120 | 6.0 | 23.58 | 150 | 120 | 12 | 6 | 3003 | 959.2 | 127.89 | 153.96 | 56.51 | 1.656 | 180.16 | 1284.8 |
| 150x120 | 7.0 | 26.81 | 150 | 120 | 17.5 | 10.5 | 3416 | 1060.7 | 141.43 | 172.38 | 55.73 | 1.904 | 290.54 | 1472.8 |
| 150x120 | 8.0 | 30.18 | 150 | 120 | 20 | 12 | 3844 | 1169.6 | 155.95 | 191.88 | 55.16 | 2.144 | 319.56 | 1646.4 |

Figura 22. Propiedades perfil hueco rectangular 150x120 mm.

| estado 1 | | | | | | | |
|--------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|------------|
| pun | desX | desY | girZ | reaX | reaY | momZ | |
| 1 | 0.0000e+00 | 0.0000e+00 | 0.0000e+00 | 1.1126e+04 | 1.2954e+04 | -2.4279e+04 | |
| 2 | -1.8052e-02 | -4.2329e-05 | 1.3132e-02 | | | | |
| 3 | -4.1767e-02 | -7.1386e-05 | 1.2391e-02 | | | | |
| 4 | -1.8094e-02 | 1.9737e-02 | 1.7980e-02 | | | | |
| lín | punIni | punFin | axiIni | axiFin | axiMáx | xAximáx | xAxinul |
| | | | corIni | corFin | corMáx | xCorMáx | xCorNul |
| | | | fleIni | fleFin | fleMáx | xFleMáx | xFleNul |
| | | | desIni | desFin | desMáx | xDesMáx | |
| 1 | 2 | 3 | -1.0388e+04 | -9.9720e+03 | | | |
| | | | -3.0860e+03 | -3.0860e+03 | | | |
| | | | 1.9480e+03 | -3.6068e+03 | | | 6.3124e-01 |
| | | | 1.8052e-02 | 4.1767e-02 | | | |
| 2 | 3 | 4 | 5.6564e+03 | 3.6946e+03 | | | |
| | | | 8.7732e+03 | -7.3952e+03 | | | 1.2749e+00 |
| | | | -3.6068e+03 | -1.9881e+03 | 1.9855e+03 | 1.2749e+00 | 5.1523e-01 |
| | | | -3.2045e-02 | -1.1772e-03 | | | 2.0345e+00 |
| 3 | 4 | 2 | -8.0402e+03 | -8.0402e+03 | | | |
| | | | 1.9223e+03 | 2.0805e+03 | | | |
| | | | -1.9881e+03 | 1.0340e+03 | | | 1.0066e+00 |
| | | | -1.9737e-02 | 4.2329e-05 | | | |
| 4 | 1 | 2 | -1.2954e+04 | -1.2469e+04 | | | |
| | | | -1.1126e+04 | -1.1126e+04 | | | |
| | | | 2.4279e+04 | 9.1397e+02 | | | |
| | | | 0.0000e+00 | 1.8052e-02 | | | |
| tensión equivalente von Mises máxima | | | | | | | |
| 2.5209e+08 | | | | | | | |

Se observa que:

$$\sigma_{VM} = 2,5209 \cdot 10^8 \frac{N}{m^2} < f_{yd} = 2,619 \cdot 10^8 \frac{N}{m^2}$$

Falta comprobar si cumple con los estados límite de servicio. Para ello se aplicará una nueva combinación de cargas, denominada combinación característica:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + Q_k + \sum_{i > 1} \psi_0 \cdot Q_k$$

siguiendo con la hipótesis 2, al ser la más desfavorable. Se deberá cumplir, según el DB SE-AE y siendo una estructura con tabique frágil, los desplazamientos no deben superar 1/500 de la longitud de la barra.

Introduciendo los datos en MEFI:

```

TITULO HIPOTESIS 2.3
PARAMETROS
$ par val
  qg -611.98 $N/m
  qn1 -330.00 $N/m
  qe11 -4120.72 $N/m
  qe12 4278.27 $N/m
  psi02 0.5
  psi03 0
  Ar 3003e-6
  Ir 959.2e-8
  At 13.6e-4
  It 73.7e-8
PUNTOS
$ pun X Y
  1 0.0 0.0
  2 0.0 2.1
  3 0.0 3.9
  4 1.51 2.1
LINEAS
$ lin tipo pun
  1 POL 2 3
  2 POL 3 4
  3 POL 4 2
  4 POL 1 2
MATERIALES
$ mat pro pro2
  1 YOU 210.0e9 DEN 7850
PROPIEDADES
$ pro are iner
  1 Ar Ir
  2 At It
ELEMENTOS_LINEAS
$ lin tipo mat pro
  1,4 RIG 1 1
  2,3 RIG 1 2
DESPLAZAMIENTOS_GLOBALES_PUNTOS
$ pun est DX DY GZ
  1 1 0.0 0.0 0.0
  2 1 LIB LIB LIB
  3 1 LIB LIB LIB
  4 1 LIB LIB LIB
CARGAS_GRAVITATORIAS
$ est ax ay
  1 0.0 -9.81
CARGAS_GLOBALES_LINEAS
$ lin est tipo px py
  2 1 UNI 0.0 psi02*qn1
CARGAS_LOCALES_LINEAS
$ lin est tipo px py
  2 1 UNI 0.0 qe11
  3 1 UNI 0.0 psi03*qe12
  2 1 UNI -qg*cos((40*pi)/180) qg*sen((40*pi)/180)
    
```

Figura 23. Código MEF1 ELS.

Se obtiene:

| pun | desX | desY | girZ | reaX | reaY | momZ |
|-----|-------------|-------------|------------|------------|------------|-------------|
| 1 | 0.0000e+00 | 0.0000e+00 | 0.0000e+00 | 7.4175e+03 | 9.2154e+03 | -1.5976e+04 |
| 2 | -1.1804e-02 | -2.9879e-05 | 8.5356e-03 | | | |
| 3 | -2.7121e-02 | -5.0054e-05 | 7.9535e-03 | | | |
| 4 | -1.1833e-02 | 1.2740e-02 | 1.1753e-02 | | | |

Figura 24. Desplazamientos con sección 150x120 mm.

$$2,71 \text{ cm} > \frac{390}{500} = 0,78 \text{ cm}$$

No cumple con el requisito, por lo que habrá que ir reforzando el pilar hasta que cumpla. El seleccionado es el perfil rectangular hueco de sección 200x180 mm y 8 mm de espesor.

| Perfil | | Peso G (kg/m) | Dimensiones | | | | Área sección transv. A (mm ²) | Propiedades de la sección | | | | | | |
|-------------|-----------|---------------------|-------------|-----------|------------------------|------------------------|--|--|--|------------------------|---------------------------------------|-------|--|--|
| HxB (mm) | e (mm) | | H (mm) | B (mm) | r _o (mm) | r _i (mm) | | eje y-y | | | | | C _t *10 ³ (mm ³) | I _t *10 ⁴ (mm ⁴) |
| | | | | | | | I _y *10 ⁴ (mm ⁴) | W _{ely} *10 ³ (mm ³) | W _{ply} *10 ³ (mm ³) | i _y (mm) | A _{vy} (mm ³) | | | |
| 200x180 | 4,0 | 23,04 | 200 | 180 | 8 | 4 | 2935 | 1.814 | 181,4 | 210,8 | 78,63 | 1.536 | 264,6 | 2592 |
| 200x180 | 5,0 | 28,54 | 200 | 180 | 10 | 5 | 3636 | 2.220 | 222,0 | 259,4 | 78,14 | 1.900 | 323,8 | 3197 |
| 200x180 | 6,0 | 33,94 | 200 | 180 | 12 | 6 | 4323 | 2.607 | 260,7 | 306,4 | 77,65 | 2.256 | 380,4 | 3785 |
| 200x180 | 7,0 | 38,90 | 200 | 180 | 17,5 | 10,5 | 4956 | 2.933 | 293,3 | 347,6 | 76,93 | 2.604 | 628,6 | 4373 |
| 200x180 | 8,0 | 43,99 | 200 | 180 | 20 | 12 | 5604 | 3.271 | 327,1 | 390,1 | 76,40 | 2.944 | 699,6 | 4928 |

Figura 25. Propiedades perfil hueco rectangular 200x180 mm.

| pun | desX | desY | girz | reaX | reaY | momZ |
|-----|-------------|-------------|------------|------------|------------|-------------|
| 1 | 0.0000e+00 | 0.0000e+00 | 0.0000e+00 | 7.4175e+03 | 1.0354e+04 | -1.5706e+04 |
| 2 | -3.3750e-03 | -1.7667e-05 | 2.4206e-03 | | | |
| 3 | -7.6650e-03 | -2.9301e-05 | 2.1962e-03 | | | |
| 4 | -3.4042e-03 | 3.5082e-03 | 5.6211e-03 | | | |

Figura 26. Desplazamientos con sección 200x180 mm.

$$0,767 \text{ cm} < \frac{390}{500} = 0,78 \text{ cm}$$

10.2.2 SEMIPÓRTICO MARQUESINA CONECTADA A LA RED (INCLINACIÓN 10°)

Se seguirá el mismo procedimiento que para la marquesina aislada de red.

10.2.2.1 ACCIONES

10.2.2.1.1 PESO PROPIO

Los pesos a tener en cuenta son:

- Panel sándwich:

$$16 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \times 2 \text{ m} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 313,92 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

- Paneles solares: al estar situados sobre el panel sándwich habrá que considerar la superficie de éste.

$$\frac{2 \text{ paneles} \times 18,2 \text{ kg}}{2 \text{ m} \times 1,726 \text{ m}} = 10,54 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \times 2 \text{ m} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 206,89 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

- Soporte: igual que los paneles solares.

$$\frac{35 \text{ kg}}{2 \text{ m} \times 1,726 \text{ m}} = 10,14 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \times 2 \text{ m} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 198,93 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

- Estructura: por definir, se calculará automáticamente en MEFI.

Por tanto, de momento, $q_g = 313,92 + 206,89 + 198,93 = 719,74 \frac{\text{N}}{\text{m}}$.

10.2.2.1.2 SOBRECARGA DE USO

Al estar el banco anclado al suelo y tener la cubierta una inclinación de 10° , según la Tabla 3.1 del DB SE-AE, la carga uniforme sobre cubiertas únicamente accesibles para conservación con inclinación inferior a 20° es de 1 kN/m^2 . Sin embargo, esta carga no se considera concomitante con el resto de acciones variables.

$$q_u = 2 \text{ m} \cdot 1000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 2000 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

10.2.2.1.3 SOBRECARGA DE NIEVE

La carga de nieve por unidad de superficie en proyección horizontal se calcula como:

$$q_n = \mu \cdot s_k = 1 \cdot 500 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 500 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$q_{nl} = 1000 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Siendo:

- μ : coeficiente de forma de la cubierta. Según el DB SE-AE, en el punto 3.5.3, para una cubierta con inclinación inferior a 30° , $\mu = 1$.
- s_k : valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal. Según el DB SE-AE, en la Tabla 3.8, para Zaragoza, $s_k = 500 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$.

10.2.2.1.4 SOBRECARGA DE VIENTO

La acción del viento (q_e), fuerza perpendicular a la superficie de cada punto expuesto, puede expresarse como:

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

Siendo:

- q_b : la presión dinámica del viento. Para Zaragoza, según el anejo D.1 del DB SE-AE:

$$q_b = 0,5 \cdot \delta \cdot v_b^2 = 0,5 \cdot 1,25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \left(27 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = 455,63 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

- c_e : coeficiente de exposición. Para zona urbana en general de altura $2,4 \text{ m}$, según la Tabla 3.4 del DB SE-AE: $c_e = 1,3$.

- c_p : coeficiente eólico o de presión. Interpolando en la Tabla D.10 para marquesinas a un agua del DB SE-AE, y teniendo en cuenta que, en este caso, $\varphi = 1 - \frac{1,50 \text{ m} \cdot 2 \text{ m}}{2,1 \text{ m} \cdot 2 \text{ m}} = 0,286$. Hay que considerar dos situaciones:

- Situación en la que el viento empuja hacia abajo: $c_{p1} = 1,2$.
- Situación en la que el viento empuja hacia arriba: $c_{p2} = -1,67$.

Por tanto, habrá dos cargas de viento, no simultaneas, diferentes:

$$q_{e1} = q_b \cdot c_e \cdot c_p = 455,63 \frac{N}{m^2} \cdot 1,3 \cdot 1,2 = 710,78 \frac{N}{m^2}$$

$$q_{e2} = q_b \cdot c_e \cdot c_p = 455,63 \frac{N}{m^2} \cdot 1,3 \cdot (-1,67) = -989,17 \frac{N}{m^2}$$

$$q_{el1} = 1421,56 \frac{N}{m}$$

$$q_{el2} = -1978,34 \frac{N}{m}$$

10.2.2.2 COMBINACIÓN DE ACCIONES

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

10.2.2.2.1 HIPÓTESIS 1: SOBRECARGA DE NIEVE COMO CARGA VARIABLE PRINCIPAL.

Las cargas se ponderarán con los siguientes coeficientes según las tablas 4.1 y 4.2 del DB SE:

- Cargas permanentes (G):
 - Peso propio (desfavorable): $\gamma_G = 1,35$;
- Cargas variables (Q):
 - Nieve: $\gamma_{Q,1} = 1,50$;
 - Viento de presión (desfavorable): $\gamma_{Q,2} = 1,50$; $\Psi_{0,2} = 0,6$;
 - Viento de succión (favorable): $\gamma_{Q,3} = 1,50$; $\Psi_{0,3} = 0$;
 - Sobrecarga de uso (desfavorable, no concomitante): $\gamma_{Q,4} = 1,50$; $\Psi_{0,4} = 0$;

```

TITULO HIPOTESIS 1
PARAMETROS
$ par val
qg -719.74 $N/m
qn1 -1000 $N/m
qe11 -1421.56 $N/m
qe12 1978.34 $N/m
qu -2000 $N/m
gamg 1.35
gamq1 1.50
gamq2 1.50
gamq3 1.50
gamq4 1.50
psi02 0.6
psi03 0
psi04 0

PUNTOS
$ pun X Y
1 0.0 0.0
2 0.0 2.1
3 0.0 2.4
4 1.7 2.1

LINEAS
$ lin tipo pun
1 POL 2 3
2 POL 3 4
3 POL 4 2
4 POL 1 2

MATERIALES
$ mat pro
1 YDU 210.0e6

PROPIEDADES
$ pro are iner
1 1.0 2.0e-3

ELEMENTOS_LINEAS
$ lin tipo mat pro
TODAS RIG 1 1

DESPLAZAMIENTOS_GLOBALES_PUNTOS
$ pun est DX DY GZ
1 1 0.0 0.0 0.0
2 1 LIB LIB LIB
3 1 LIB LIB LIB
4 1 LIB LIB LIB

CARGAS_GLOBALES_LINEAS
$ lin est tipo px py
2 1 UNI 0.0 gamq1*qn1
2 1 UNI 0.0 gamq4*psi04*qu

CARGAS_LOCALES_LINEAS
$ lin est tipo px py
2 1 UNI 0.0 gamq2*psi02*qe11
3 1 UNI 0.0 gamq3*psi03*qe12
2 1 UNI -gamg*qg*cos((80*pi)/180) gamg*qg*sen((80*pi)/180)
    
```

Figura 27. Código MEF para hipótesis 1.

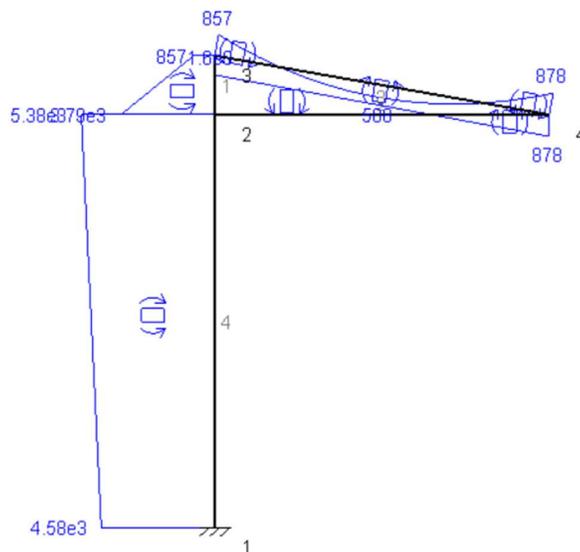


Figura 28. Momentos flectores (Nm) para hipótesis 1.

10.2.2.2.2 HIPÓTESIS 2: SOBRECARGA DE VIENTO DE PRESIÓN COMO CARGA VARIABLE PRINCIPAL.

Las cargas se ponderarán con los siguientes coeficientes según las tablas 4.1 y 4.2 del DB SE:

- Cargas permanentes (G):
 - Peso propio (desfavorable): $\gamma_G = 1,35$;
- Cargas variables (Q):
 - Viento de presión: $\gamma_{Q,1} = 1,50$;
 - Nieve (desfavorable): $\gamma_{Q,2} = 1,50$; $\Psi_{0,2} = 0,5$;
 - Viento de succión (favorable): $\gamma_{Q,3} = 1,50$; $\Psi_{0,3} = 0$;
 - Sobrecarga de uso (desfavorable, no concomitante): $\gamma_{Q,4} = 1,50$; $\Psi_{0,4} = 0$;

```

TITULO HIPOTESIS 2
PARAMETROS
$ par val
  qq -719.74 $N/m
  qn1 -1000 $N/m
  qe11 -1421.56 $N/m
  qe12 1978.34 $N/m
  qu -2000 $N/m
  gamg 1.35
  gamq1 1.50
  gamq2 1.50
  gamq3 1.50
  gamq4 1.50
  psi02 0.5
  psi03 0
  psi04 0

PUNTOS
$ pun x y
  1 0.0 0.0
  2 0.0 2.1
  3 0.0 2.4
  4 1.7 2.1

LINEAS
$ lin tipo pun
  1 POL 2 3
  2 POL 3 4
  3 POL 4 2
  4 POL 1 2

MATERIALES
$ mat pro
  1 YOU 210.0e6

PROPIEDADES
$ pro are iner
  1 1.0 2.0e-3

ELEMENTOS_LINEAS
$ lin tipo mat pro
  TODAS RIG 1 1

DESPLAZAMIENTOS_GLOBALES_PUNTOS
$ pun est dx dy gz
  1 1 0.0 0.0 0.0
  2 1 LIB LIB LIB
  3 1 LIB LIB LIB
  4 1 LIB LIB LIB

CARGAS_GLOBALES_LINEAS
$ lin est tipo px py
  2 1 UNI 0.0 gamq1*psi02*qn1
  2 1 UNI 0.0 gamq4*psi04*qu

CARGAS_LOCALES_LINEAS
$ lin est tipo dx dy
  2 1 UNI 0.0 gamq2*qe11
  3 1 UNI 0.0 gamq3*psi03*qe12
  2 1 UNI -gamg*qq*cos((80*pi)/180) gamq*qq*sen((80*pi)/180)
    
```

Figura 29. Código MEFI para hipótesis 2.

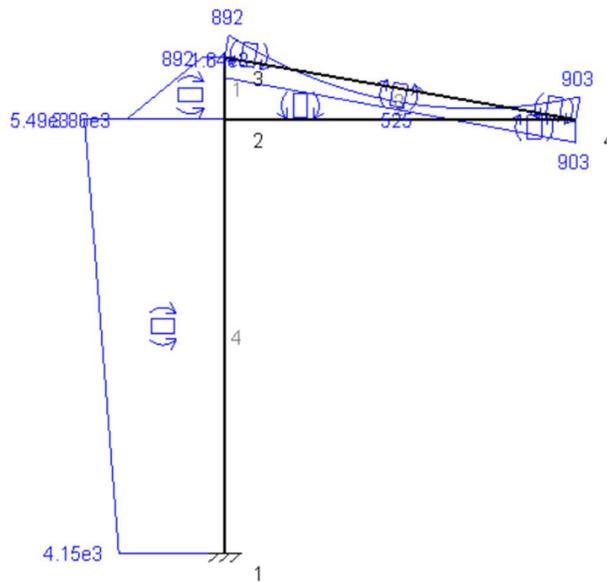


Figura 30. Momentos flectores (Nm) para hipótesis 2.

10.2.2.2.3 HIPÓTESIS 3: SOBRECARGA DE VIENTO DE SUCCIÓN COMO CARGA VARIABLE PRINCIPAL.

Las cargas se ponderarán con los siguientes coeficientes según las tablas 4.1 y 4.2 del DB SE:

- Cargas permanentes (G):
 - Peso propio (favorable): $\gamma_G = 0,8$;
- Cargas variables (Q):
 - Viento de succión: $\gamma_{Q,1} = 1,50$;
 - Nieve (favorable): $\gamma_{Q,2} = 1,50$; $\Psi_{0,2} = 0$;
 - Viento de presión (favorable): $\gamma_{Q,3} = 1,50$; $\Psi_{0,3} = 0$;
 - Sobrecarga de uso (favorable, no concomitante): $\gamma_{Q,4} = 1,50$; $\Psi_{0,4} = 0$;

```

TITULO HIPOTESIS 3
PARAMETROS
$ par val
  qg -719.74 $N/m
  qn1 -1000 $N/m
  qe11 -1421.56 $N/m
  qe12 1978.34 $N/m
  qu -2000 $N/m
  gamg 0.8
  gamq1 1.50
  gamq2 1.50
  gamq3 1.50
  gamq4 1.50
  psi02 0
  psi03 0
  psi04 0

PUNTOS
$ pun X Y
  1 0.0 0.0
  2 0.0 2.1
  3 0.0 2.4
  4 1.7 2.1

LINEAS
$ lin tipo pun
  1 POL 2 3
  2 POL 3 4
  3 POL 4 2
  4 POL 1 2

MATERIALES
$ mat pro
  1 YOU 210.0e6

PROPIEDADES
$ pro are iner
  1 1.0 2.0e-3

ELEMENTOS_LINEAS
$ lin tipo mat pro
  TODAS RIG 1 1

DESPLAZAMIENTOS_GLOBALES_PUNTOS
$ pun est DX DY GZ
  1 1 0.0 0.0 0.0
  2 1 LIB LIB LIB
  3 1 LIB LIB LIB
  4 1 LIB LIB LIB

CARGAS_GLOBALES_LINEAS
$ lin est tipo px py
  2 1 UNI 0.0 gamq1*psi02*qn1
  2 1 UNI 0.0 gamq4*psi04*qu

CARGAS_LOCALES_LINEAS
$ lin est tipo px py
  2 1 UNI 0.0 gamq2*psi03*qe11
  3 1 UNI 0.0 gamq3*qe12
  2 1 UNI -gamg*qg*cos((80*pi)/180) gamg*qg*sen((80*pi)/180)
  
```

Figura 31. Código MEFI para hipótesis 3.

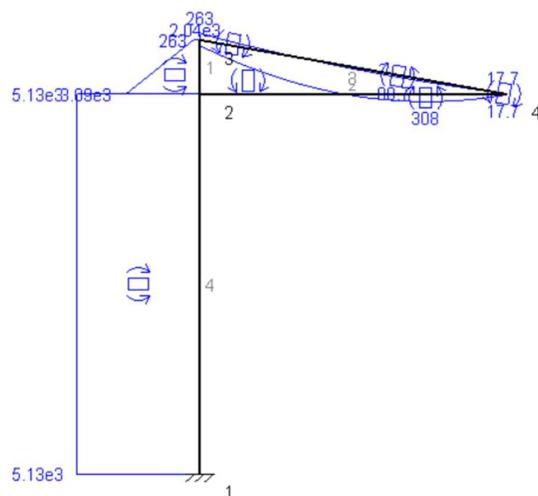


Figura 32. Momentos flectores (Nm) para hipótesis 3.

10.2.2.2.4 HIPÓTESIS 4: SOBRECARGA DE USO COMO CARGA VARIABLE PRINCIPAL.

Las cargas se ponderarán con los siguientes coeficientes según las tablas 4.1 y 4.2 del DB SE:

- Cargas permanentes (G):
 - Peso propio (desfavorable): $\gamma_G = 1,35$;
- Cargas variables (Q):
 - Sobrecarga de uso: $\gamma_{Q,4} = 1,50$;
 - Nieve (desfavorable, no concomitante): $\gamma_{Q,2} = 1,50$; $\Psi_{0,2} = 0$;
 - Viento de presión (desfavorable, no concomitante): $\gamma_{Q,3} = 1,50$; $\Psi_{0,3} = 0$;
 - Viento de succión (favorable, no concomitante): $\gamma_{Q,1} = 1,50$; $\Psi_{0,4} = 0$;

```

TITULO HIPOTESIS 4
PARAMETROS
$ par val
  qg -719.74 $N/m
  qn1 -1000 $N/m
  qe11 -1421.56 $N/m
  qe12 1978.34 $N/m
  qu -2000 $N/m
  gamg 0.8
  gamq1 1.50
  gamq2 1.50
  gamq3 1.50
  gamq4 1.50
  psi02 0
  psi03 0
  psi04 0

PUNTOS
$ pun X Y
  1 0.0 0.0
  2 0.0 2.1
  3 0.0 2.4
  4 1.7 2.1

LINEAS
$ lin tipo pun
  1 POL 2 3
  2 POL 3 4
  3 POL 4 2
  4 POL 1 2

MATERIALES
$ mat pro
  1 YOU 210.0e6

PROPIEDADES
$ pro are iner
  1 1.0 2.0e-3

ELEMENTOS_LINEAS
$ lin tipo mat pro
  TODAS RIG 1 1

DESPLAZAMIENTOS_GLOBALES_PUNTOS
$ pun est dx dy GZ
  1 1 0.0 0.0 0.0
  2 1 LIB LIB LIB
  3 1 LIB LIB LIB
  4 1 LIB LIB LIB

CARGAS_GLOBALES_LINEAS
$ lin est tipo px py
  2 1 UNI 0.0 gamq1*psi02*qn1
  2 1 UNI 0.0 gamq4*qu

CARGAS_LOCALES_LINEAS
$ lin est tipo px py
  2 1 UNI 0.0 gamq2*psi03*qe11
  3 1 UNI 0.0 gamq3*psi04*qe12
  2 1 UNI -gamg*qg*cos((80*pi)/180) gamg*qg*sen((80*pi)/180)

```

Figura 33. Código MEFI para hipótesis 4.

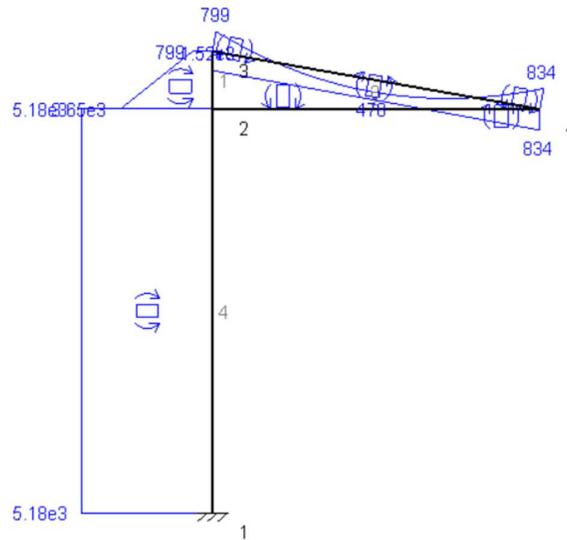


Figura 34. Momentos flectores (Nm) para hipótesis 3.

La hipótesis con los mayores momentos flectores es la 2, por lo que será esta la que se estudiará para determinar el perfil de la estructura.

10.2.2.3 DIMENSIONADO DEL PERFIL

Se va a emplear el mismo acero y los mismos criterios que en el apartado 9.2.1.3. Es decir,

$$\sigma_{VM} \leq f_{yd}$$

En este caso, según el DB SE-A,

$$f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{275}{1,05} = 261,90 \frac{N}{mm^2} = 2,619 \cdot 10^8 \frac{N}{m^2}$$

Se va a dividir la estructura en dos partes, por un lado, el pilar principal y por otro la ménsula y el dintel que cierran el triángulo superior.

Para el pilar, teniendo en cuenta que:

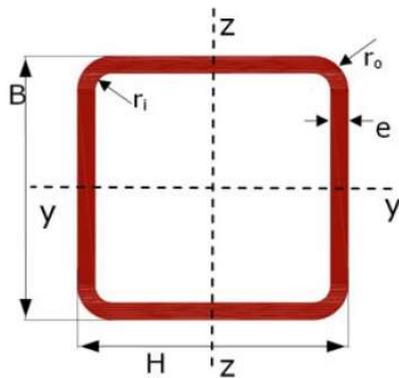
$$M_{el,Rd} = 5,49 \cdot 10^3 Nm$$

se necesita una sección con:

$$w_{el} = \frac{M_{el,Rd}}{f_{yd}} = \frac{5,49 \cdot 10^3}{2,619 \cdot 10^8} = 2,096 \cdot 10^{-5} m^3 = 20,96 \cdot 10^3 mm^3$$

Para el caso del pilar estudiarán perfiles cuadrados huecos que se encuentran en el prontuario de perfiles de acero de la Universidad Politécnica de Madrid.

Se analiza primero el perfil con el w_{el} más cercano (por arriba) al obtenido.



$I \rightarrow$ momento de inercia en los planos yy/zz .
 W_{el} \rightarrow módulo resistente elástico en los planos yy/zz .
 $W_{pl,z}$ \rightarrow módulo resistente plástico en los planos yy/zz .
 $i_y \rightarrow$ radio de giro en los planos yy/zz .
 $A_v \rightarrow$ área de cortante.
 $I_t \rightarrow$ módulo de torsión.
 B y $H \rightarrow$ dimensiones de los lados.
 $e \rightarrow$ espesor.
 $r_o \rightarrow$ radio nominal exterior
 $r_i \rightarrow$ radio nominal interior.

| Perfil | | Peso G (kg/m) | Dimensiones (mm) | | | | | Área secc. Transv A (mm ²) | Propiedades de la sección | | | | | | |
|-------------|-----------|---------------------|---------------------|----|----------------|----------------|-----|--|---|---|---|-----------|--------------------------------------|--|--|
| HxB (mm) | e (mm) | | B | H | r _o | r _i | e | | ejes y-y/z-z | | | | | C _t *10 ³ (mm ³) | I _t *10 ⁴ (mm ⁴) |
| | | | | | | | | | I *10 ⁴ (mm ⁴) | W _{el} *10 ³ (mm ³) | W _{pl} *10 ³ (mm ³) | i (mm) | A _v (mm ³) | | |
| 80x80 | 2 | 4,82 | 80 | 80 | 4 | 2 | 2,0 | 613,70 | 61,70 | 15,42 | 17,85 | 31,71 | 304,0 | 23,16 | 96,34 |
| 80x80 | 3 | 7,07 | 80 | 80 | 6 | 3 | 3,0 | 900,82 | 87,84 | 21,96 | 25,78 | 31,23 | 444,0 | 33,02 | 139,9 |
| 80x80 | 4 | 9,22 | 80 | 80 | 8 | 4 | 4,0 | 1174,80 | 111,0 | 27,76 | 33,07 | 30,74 | 576,0 | 41,84 | 180,4 |
| 80x80 | 5 | 11,27 | 80 | 80 | 10 | 5 | 5,0 | 1435,62 | 131,44 | 32,86 | 39,74 | 30,26 | 700,0 | 49,68 | 217,8 |
| 80x80 | 6 | 13,21 | 80 | 80 | 12 | 6 | 6,0 | 1683,29 | 149,2 | 37,29 | 45,79 | 29,77 | 816,0 | 56,59 | 252,1 |

Tabla 57. Propiedades perfil cuadrado hueco.

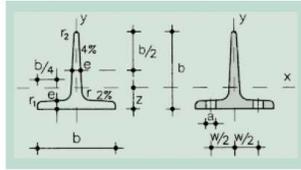
Para la ménsula y el dintel, teniendo en cuenta que:

$$M_{el,Rd} = 903 \text{ Nm}$$

se necesita una sección con:

$$w_{el} = \frac{M_{el,Rd}}{f_{yd}} = \frac{903}{2,619 \cdot 10^8} = 3,45 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 = 3,45 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

Para el caso de la ménsula y el dintel se estudiarán perfiles T. Se analiza primero el perfil con el w_{el} más cercano (por arriba) al obtenido.



A = Área de la sección
 I_x = Momento de inercia de media sección, respecto al eje X
 $W_x = I_x / (b - z)$: Módulo resistente de la sección, respecto a X
 $i_x = \sqrt{I_x / A}$: Radio de giro de la sección, respecto a X
 I_y = Momento de inercia de la sección, respecto a Y
 $W_y = 2I_y / b$: Módulo resistente de la sección, respecto a Y
 $i_y = \sqrt{I_y / A}$: Radio de giro, de la secc., respecto a Y
 u = Perímetro de la sección
 p = Peso por m
 I_t = Módulo de torsión de la sección

| Perfil | Dimensiones | | | | | Posición del centro | | Términos de sección | | | | | | | Agujeros | | Peso | |
|----------|-------------|--------|-------|-------|------|---------------------|-------|-----------------------|-----------------------|----------|-----------------------|-----------------------|----------|-----------------------|----------|------|--------|---|
| | b mm | e-r mm | r1 mm | r2 mm | u mm | z cm | A cm | I_x cm ⁴ | W_x cm ³ | i_x cm | I_y cm ⁴ | W_y cm ³ | i_y cm | I_t cm ⁴ | w mm | a mm | p kp/m | C |
| T 40 5 | 40 | 5 | 2,5 | 1,0 | 153 | 1,12 | 3,77 | 5,28 | 1,84 | 1,18 | 2,58 | 1,29 | 0,83 | 0,350 | 21 | 6,4 | 2,96 | C |
| T 50 6 | 50 | 6 | 3,0 | 1,5 | 191 | 1,39 | 5,66 | 12,10 | 3,36 | 1,46 | 6,06 | 2,42 | 1,03 | 0,757 | 30 | 6,4 | 4,44 | C |
| T 60 7 | 60 | 7 | 3,5 | 2,0 | 229 | 1,66 | 7,94 | 23,80 | 5,48 | 1,73 | 12,20 | 4,07 | 1,24 | 1,450 | 34 | 8,4 | 6,23 | C |
| T 70 8 | 70 | 8 | 4,0 | 2,0 | 268 | 1,94 | 10,60 | 44,50 | 8,79 | 2,05 | 22,10 | 6,32 | 1,44 | 2,520 | 38 | 11,0 | 8,32 | C |
| T 80 9 | 80 | 9 | 4,5 | 2,0 | 307 | 2,22 | 13,60 | 73,70 | 12,80 | 2,33 | 37,00 | 9,25 | 1,65 | 4,110 | 45 | 11,0 | 10,70 | C |
| T 100 11 | 100 | 11 | 5,5 | 3,0 | 383 | 2,74 | 20,90 | 179,00 | 24,60 | 2,92 | 88,30 | 17,70 | 2,05 | 9,380 | 60 | 13,0 | 16,40 | C |

Tabla 58. Propiedades perfil T.

Introduciendo los datos en MEF1, esta vez teniendo en cuenta también el peso de la estructura, se obtiene:

```

TITULO HIPOTESIS 2.2
PARAMETROS
$ par val
qg -719.74 $N/m
qn1 -1000 $N/m
qe11 -1421.56 $N/m
qe12 1978.34 $N/m
qu -2000 $N/m
gamg 1.35
gamq1 1.50
gamq2 1.50
gamq3 1.50
gamq4 1.50
ps102 0.5
ps103 0
ps104 0
Ar 900.82e-6
Ir 87.84e-8
At 7.94e-4
It 23.8e-8

PUNTOS
$ pun x y
1 0.0 0.0
2 0.0 2.1
3 0.0 2.4
4 1.7 2.1

LINEAS
$ lln tipo pun
1 POL 2 3
2 POL 3 4
3 POL 4 2
4 POL 1 2

MATERIALES
$ mat pro prq2
1 YDU 210.0e9 DEN 7850

PROPIEDADES
$ pro are iner
1 Ar Ir
2 At It

ELEMENTOS_LINEAS
$ lln tipo mat pro
1,4 RIG 1 1
2,3 RIG 1 2

DESPLAZAMIENTOS_GLOBALES_PUNTOS
$ pun est dx dy dz
1 1 0.0 0.0 0.0
2 1 LIS LIS LIS
3 1 LIS LIS LIS
4 1 LIS LIS LIS

CARGAS_GRAVITATORIAS
$ est ax ay
1 0.0 -9.81

CARGAS_GLOBALES_LINEAS
$ lln est tipo dx dy
2 1 UNI 0.0 gamq1*ps102*qn1
2 1 UNI 0.0 gamq4*ps104*qu

CARGAS_LOCALES_LINEAS
$ lln est tipo dx dy
2 1 UNI 0.0 gamq2*qe11
3 1 UNI 0.0 gamq3*ps103*qe12
2 1 UNI -gamg*qq*cos((80*pi)/180) gamg*qq*sen((80*pi)/180)
    
```

Figura 35. Código MEF1 con sección de pilar 80x80 mm.

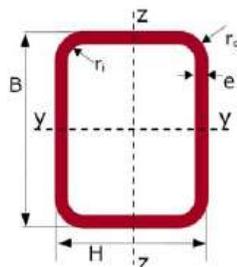
| estado 1 | | | | | | | |
|--------------------------------------|------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|
| pun | desX | desY | girZ | reaX | reaY | momZ | |
| 1 | 0.0000e+00 | 0.0000e+00 | 0.0000e+00 | 6.3994e+02 | 6.9533e+03 | 4.3289e+03 | |
| 2 | 5.7101e-02 | -7.6380e-05 | -5.6931e-02 | | | | |
| 3 | 7.5077e-02 | -8.5860e-05 | -6.1842e-02 | | | | |
| 4 | 5.6960e-02 | -1.0357e-01 | -5.7428e-02 | | | | |
| lin | punIni | punFin | axiIni | axiFin | axiMáx | xAximáx | xAxinul |
| | | | corIni | corFin | corMáx | xCorMáx | xCorNul |
| | | | fleIni | fleFin | fleMáx | xFleMáx | xFleNul |
| | | | desIni | desFin | desMáx | xDesMáx | |
| 1 | 2 | 3 | -5.9885e+03 | -5.9677e+03 | | | |
| | | | 1.3148e+04 | 1.3148e+04 | | | |
| | | | -4.9914e+03 | -1.0471e+03 | | | |
| | | | -5.7101e-02 | -7.5077e-02 | | | |
| 2 | 3 | 4 | 1.3985e+04 | 1.3454e+04 | | | |
| | | | 3.5920e+03 | -3.1004e+03 | | | |
| | | | -1.0471e+03 | -6.2277e+02 | 6.1696e+02 | 9.2654e-01 | 9.2654e-01 |
| | | | 1.2963e-02 | -9.2091e-02 | | | 3.6237e-01 |
| | | | -1.3788e+04 | -1.3788e+04 | | | 1.4907e+00 |
| | | | 7.1518e+02 | 8.1912e+02 | | | |
| | | | -6.2277e+02 | 6.8139e+02 | | | 8.4058e-01 |
| | | | 1.0357e-01 | 7.6380e-05 | | | |
| 3 | 4 | 2 | -6.9533e+03 | -6.8076e+03 | | | |
| | | | -6.3994e+02 | -6.3994e+02 | | | |
| | | | -4.3289e+03 | -5.6728e+03 | | | |
| | | | 0.0000e+00 | -5.7101e-02 | | | |
| tensión equivalente von Mises máxima | | | | | | | |
| 3.5685e+08 | | | | | | | |

Figura 36. Resultados MEFI con sección de pilar 80x80 mm.

Se observa que:

$$\sigma_{VM} = 3,5685 \cdot 10^8 \frac{N}{m^2} > f_{yd} = 2,619 \cdot 10^8 \frac{N}{m^2}$$

Al no cumplir se debe reforzar el pilar, al estar sometido a mayores esfuerzos, esta vez con una sección rectangular, se prueba hasta obtener el resultado deseado. El seleccionado es el perfil hueco rectangular de 100x80 mm y 3 mm de espesor.



- I → momento de inercia en los planos yy/zz.
- Wel → módulo resistente elástico en los planos yy/zz.
- Wply → módulo resistente plástico en los planos yy/zz.
- iy → radio de giro en los planos yy/zz.
- Av → área de cortante.
- It → módulo de torsión.
- B y H → dimensiones de los lados.
- e → espesor.
- r0 → radio nominal exterior.
- r1 → radio nominal interior.

| Perfil | | Peso G (kg/m) | Dimensiones | | | | Área sección transv. A (mm ²) | Propiedades de la sección | | | | |
|-------------|-----------|---------------------|-------------|-----------|------------|------------|---|--|--|------------|---------------------------|-------|
| HxB (mm) | e (mm) | | H (mm) | B (mm) | r0 (mm) | r1 (mm) | | eje y-y | | | | |
| | | | | | | | Iy *10 ⁴ (mm ⁴) | Wely *10 ³ (mm ³) | Wply *10 ³ (mm ³) | iy (mm) | Avy (mm ³) | |
| 100x80 | 2,0 | 5,45 | 100 | 80 | 4 | 2 | 693,7 | 103,8 | 20,76 | 24,38 | 38,68 | 384,0 |
| 100x80 | 3,0 | 8,01 | 100 | 80 | 6 | 3 | 1021 | 148,8 | 29,76 | 35,39 | 38,18 | 564,0 |
| 100x80 | 4,0 | 10,48 | 100 | 80 | 8 | 4 | 1335 | 189,5 | 37,89 | 45,62 | 37,68 | 736,0 |
| 100x80 | 5,0 | 12,84 | 100 | 80 | 10 | 5 | 1636 | 225,9 | 45,19 | 55,09 | 37,17 | 900,0 |
| 100x80 | 6,0 | 15,10 | 100 | 80 | 12 | 6 | 1923 | 258,4 | 51,68 | 63,82 | 36,65 | 1.056 |

Figura 37. Propiedades perfil hueco rectangular 100x80 mm.

| estado 1 | | | | | | | |
|--------------------------------------|------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|
| pun | desX | desY | girZ | reaX | reaY | momZ | |
| 1 | 0.0000e+00 | 0.0000e+00 | 0.0000e+00 | 6.3994e+02 | 6.9755e+03 | 4.3289e+03 | |
| 2 | 3.3708e-02 | -6.7512e-05 | -3.3608e-02 | | | | |
| 3 | 4.4337e-02 | -7.6031e-05 | -3.6613e-02 | | | | |
| 4 | 3.3566e-02 | -6.1935e-02 | -3.2837e-02 | | | | |
| lín | punIni | punFin | axiIni | axiFin | axiMáx | xAxIMáx | xAxINu1 |
| | | | corIni | corFin | corMáx | xCorMáx | xCorNu1 |
| | | | fleIni | fleFin | fleMáx | xFleMáx | xFleNu1 |
| | | | desIni | desFin | desMáx | xDesMáx | |
| 1 | 2 | 3 | -6.1005e+03 | -6.0769e+03 | | | |
| | | | 1.3273e+04 | 1.3273e+04 | | | |
| | | | -5.1215e+03 | -1.1397e+03 | | | |
| | | | -3.3708e-02 | -4.4337e-02 | | | |
| 2 | 3 | 4 | 1.4127e+04 | 1.3596e+04 | | | |
| | | | 3.6778e+03 | -3.0146e+03 | 6.0488e+02 | 9.4868e-01 | 9.4868e-01 |
| | | | -1.1397e+03 | -5.6716e+02 | | | 3.9006e-01 |
| | | | 7.6302e-03 | -5.5160e-02 | | | 1.5073e+00 |
| 3 | 4 | 2 | -1.3913e+04 | -1.3913e+04 | | | |
| | | | 6.0594e+02 | 7.0989e+02 | | | |
| | | | -5.6716e+02 | 5.5130e+02 | | | 8.9553e-01 |
| | | | 6.1935e-02 | 6.7512e-05 | | | |
| 4 | 1 | 2 | -6.9755e+03 | -6.8104e+03 | | | |
| | | | -6.3994e+02 | -6.3994e+02 | | | |
| | | | -4.3289e+03 | -5.6728e+03 | | | |
| | | | 0.0000e+00 | -3.3708e-02 | | | |
| tensión equivalente von Mises máxima | | | | | | | |
| 2.5875e+08 | | | | | | | |

Figura 38. Resultados MEFI con sección de pilar 100x80 mm

Se observa que:

$$\sigma_{VM} = 2,5875 \cdot 10^8 \frac{N}{m^2} < f_{yd} = 2,619 \cdot 10^8 \frac{N}{m^2}$$

Falta comprobar si cumple con los estados límite de servicio. Para ello se aplicará una nueva combinación de cargas, denominada combinación característica:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + Q_k + \sum_{i > 1} \Psi_0 \cdot Q_k$$

siguiendo con la hipótesis 2, al ser la más desfavorable. Se deberá cumplir, según el DB SE-AE y siendo una estructura con tabique frágil, los desplazamientos no deben superar 1/500 de la longitud de la barra.

Introduciendo los datos en MEFI:

```

TITULO HIPOTESIS 2.3]
PARAMETROS
$ par val
  qg -719.74 $N/m
  qn1 -1000 $N/m
  qe11 -1421.56 $N/m
  qe12 1978.34 $N/m
  qu -2000 $N/m
  psi02 0.5
  psi03 0
  psi04 0
  Ar 1021e-6
  Ir 148.8e-8
  At 7.94e-4
  It 23.8e-8

PUNTOS
$ pun x y
  1 0.0 0.0
  2 0.0 2.1
  3 0.0 2.4
  4 1.7 2.1

LINEAS
$ lin tipo pun
  1 POL 2 3
  2 POL 3 4
  3 POL 4 2
  4 POL 1 2

MATERIALES
$ mat pro pro2
  1 YOU 210.0e9 DEN 7850

PROPIEDADES
$ pro are iner
  1 Ar Ir
  2 At It

ELEMENTOS_LINEAS
$ lin tipo mat pro
  1,4 RIG 1 1
  2,3 RIG 1 2

DESPLAZAMIENTOS_GLOBALES_PUNTOS
$ pun est dx dy gz
  1 1 0.0 0.0 0.0
  2 1 LIB LIB LIB
  3 1 LIB LIB LIB
  4 1 LIB LIB LIB

CARGAS_GRAVITATORIAS
$ est ax ay
  1 0.0 -9.81

CARGAS_GLOBALES_LINEAS
$ lin est tipo px py
  2 1 UNI 0.0 psi02*qn1
  2 1 UNI 0.0 psi04*qu

CARGAS_LOCALES_LINEAS
$ lin est tipo px py
  2 1 UNI 0.0 qe11
  3 1 UNI 0.0 psi03*qe12
  2 1 UNI -qg*cos((80*pi)/180) qg*sen((80*pi)/180)
    
```

Figura 39. Código MEF I ELS.

Se obtiene:

| pun | desx | desy | girZ | reaX | reaY | momZ |
|-----|------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|
| 1 | 0.0000e+00 | 0.0000e+00 | 0.0000e+00 | 4.2664e+02 | 4.9073e+03 | 3.0509e+03 |
| 2 | 2.3636e-02 | -4.7255e-05 | -2.3514e-02 | | | |
| 3 | 3.1069e-02 | -5.3162e-05 | -2.5600e-02 | | | |
| 4 | 2.3537e-02 | -4.3310e-02 | -2.2979e-02 | | | |

Figura 40. Desplazamientos con sección 100x80 mm.

$$3,1 \text{ cm} > \frac{240}{500} = 0,48 \text{ cm}$$

No cumple con el requisito, por lo que habrá que ir reforzando el pilar hasta que cumpla. El seleccionado es el perfil rectangular hueco de sección 150x100 mm y 8 mm de espesor.

| Perfil | | Peso | Dimensiones | | | | Área sección transv. | Propiedades de la sección | | | | |
|----------|--------|----------|-------------|--------|---------------------|---------------------|----------------------|--|--|--|---------------------|------------------------------------|
| HxB (mm) | e (mm) | G (kg/m) | H (mm) | B (mm) | r _o (mm) | r _i (mm) | A (mm ²) | eje y-y | | | | |
| | | | | | | | | I _y *10 ⁴ (mm ⁴) | W _{ely} *10 ³ (mm ³) | W _{ply} *10 ³ (mm ³) | i _y (mm) | A _{vy} (mm ²) |
| 150x100 | 8,0 | 27,67 | 150 | 100 | 20 | 12 | 3524 | 1008,1 | 134,42 | 169,16 | 53,48 | 2.144 |

Figura 41. Propiedades perfil hueco rectangular 150x100 mm.

| pun | desX | desY | girZ | reaX | reaY | momZ |
|-----|------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|
| 1 | 0.0000e+00 | 0.0000e+00 | 0.0000e+00 | 4.2664e+02 | 5.3699e+03 | 3.0509e+03 |
| 2 | 3.4887e-03 | -1.4430e-05 | -3.4707e-03 | | | |
| 3 | 4.5883e-03 | -1.6193e-05 | -3.7934e-03 | | | |
| 4 | 3.3891e-03 | -7.3936e-03 | -1.7775e-03 | | | |

Figura 42. Desplazamientos con sección 150x100 mm.

$$0,459 \text{ cm} < \frac{390}{500} = 0,48 \text{ cm}$$

10.2.3 ANCLAJE MARQUESINA AISLADA DE RED

10.2.3.1 PLACA BASE DEL ANCLAJE

10.2.3.1.1 DIMENSIONES A X B

Entre el borde de la placa y el borde del perfil debe haber una distancia mínima de 100 mm.

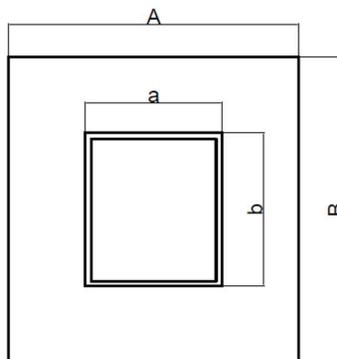


Figura 43. Dimensiones placa de anclaje.

En el caso de la marquesina aislada de red $a = 180 \text{ mm}$, $b = 200 \text{ mm}$. Por tanto, $A = 380 \text{ mm}$ y $B = 400 \text{ mm}$.

10.2.3.1.2 ESPESOR (E)

El espesor de la placa (e) se calcula como el cociente entre la distancia al borde (v) y un coeficiente de 2,5.

$$e = \frac{v}{2,5} = \frac{100}{2,5} = 40 \text{ mm}$$

10.2.3.2 PERNOS

10.2.3.2.1 CÁLCULO DE TRACCIÓN EN LOS PERNOS

Para obtener la tracción (T_{sd}) en los pernos es necesario conocer el momento (M_k) y el axil (N_k) que soporta la sección. Para ello, se emplean los diagramas obtenidos en MEF1.

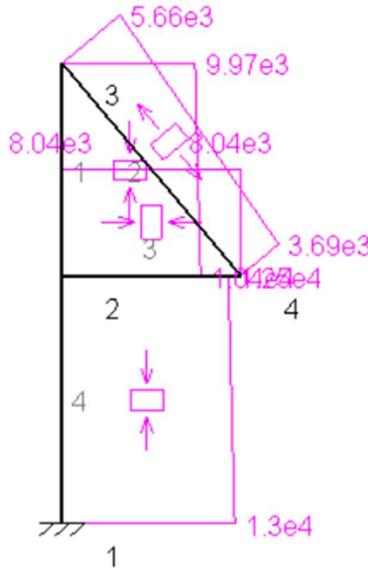


Figura 44. Esfuerzos axiales sección 200x180 mm.

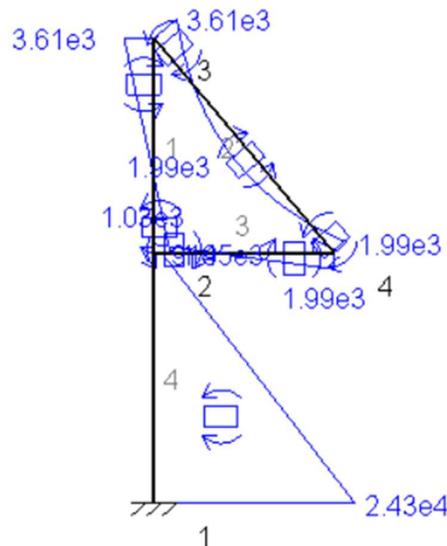


Figura 45. Momentos flectores sección 200x180 mm.

Se va a suponer que un cuarto de la placa se encuentra comprimido contra la zapata para estudiar la distribución de tensiones.

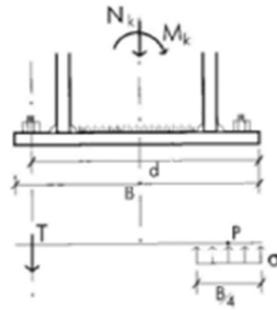


Figura 46. Equilibrio en la sección.

Por tanto, los pernos opuestos se encontrarán traccionados y se despreciará la contribución de los comprimidos y se tiene:

$$T_{sd} = 1,5 \frac{8 \left(\frac{e}{B} \right) - 3}{8 \left(\frac{d}{B} \right) - 1} N_k = 1,5 \frac{8 \left(\frac{1,87}{0,4} \right) - 3}{8 \left(\frac{0,35}{0,4} \right) - 1} 13 = 111,8 \text{ kN}$$

Ecuación 3. Tracción del perno.

Siendo:

$$e = \frac{M_k}{N_k} = \frac{24,3 \text{ kNm}}{13 \text{ kN}} = 1,87 \text{ m}$$

$$d = B - \frac{v}{2} = 0,4 - \frac{0,1}{2} = 0,35 \text{ m}$$

10.2.3.2.2 ÁREA DE LOS PERNOS

El área de los pernos (Ω) se calcula como:

$$\Omega = \frac{T_{sd}}{\frac{f_y}{\gamma_{M0}}} = \frac{111800}{\frac{275}{1,05}} = 426,87 \text{ mm}^2$$

10.2.3.2.3 DIAMETRO DE CADA PERNO

El diámetro de cada perno (D) calcula como:

$$\frac{\Omega}{4 \text{ pernos}} = \frac{426,87}{4} = 106,72 \text{ mm}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 106,72}{\pi}} = 11,66 \text{ mm}$$

Se escoge un valor normalizado, 12 mm.

10.2.3.3 COMPROBACIÓN DE LAS DIMENSIONES DE LA PLACA

La tensión de contacto (σ) no debe superar la resistencia del hormigón (f_{cd}) de la base.

$$\sum F = 0 \rightarrow N + T = \sigma \frac{B}{4} A$$

$$\frac{4(N_{sd} + T_{sd})}{AB} = \frac{4(1,5 \cdot 13000 + 111800)}{380 \cdot 400} = 3,455 \frac{N}{mm^2} \leq f_{cd} = 16,67 \frac{N}{mm^2}$$

Siendo:

$$N_{sd} = 1,5N_k; f_{cd} = \frac{f_{ck}}{1,5} = \frac{25 \frac{N}{mm^2}}{1,5} = 16,67 \frac{N}{mm^2} \text{ (hormigón HA - 25)}$$

10.2.4 ANCLAJE MARQUESINA CONECTADA A RED

10.2.4.1 PLACA BASE DEL ANCLAJE

10.2.4.1.1 DIMENSIONES A X B

Entre el borde de la placa y el borde del perfil debe haber una distancia mínima de 100 mm.

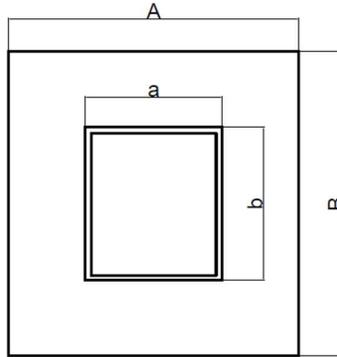


Figura 47. Dimensiones placa de anclaje.

En el caso de la marquesina conectada a red $a = 100$ mm, $b = 150$ mm. Por tanto, $A = 300$ mm y $B = 350$ mm.

10.2.4.1.2 ESPESOR

El espesor de la placa (e) se calcula como el cociente entre la distancia al borde (v) y un coeficiente de 2,5.

$$e = \frac{v}{2,5} = \frac{100}{2,5} = 40 \text{ mm}$$

10.2.4.2 PERNOS

10.2.4.2.1 CÁLCULO DE TRACCIÓN EN LOS PERNOS

Para obtener la tracción (T_{sd}) en los pernos es necesario conocer el momento (M_k) y el axil (N_k) que soporta la sección. Para ello, se emplean los diagramas obtenidos en MEFI.

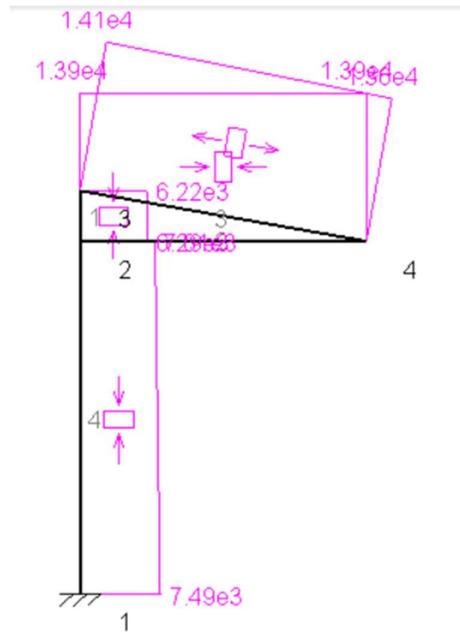


Figura 48. Esfuerzos axiales sección 150x100 mm.

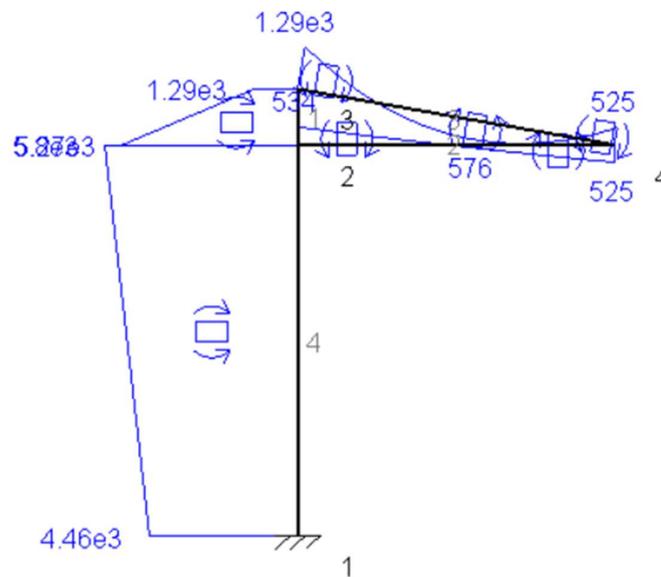


Figura 49. Momentos flectores sección 150x100 mm.

Se procede como antes:

$$T_{sd} = 1,5 \frac{8 \left(\frac{e}{B} \right) - 3}{8 \left(\frac{d}{B} \right) - 1} N_k = 1,5 \frac{8 \left(\frac{0,595}{0,35} \right) - 3}{8 \left(\frac{0,3}{0,35} \right) - 1} 7,49 = 20,33 \text{ kN}$$

Ecuación 4. Tracción del perno.

Siendo:

$$e = \frac{M_k}{N_k} = \frac{4,46 \text{ kNm}}{7,49 \text{ kN}} = 0,595 \text{ m}$$

$$d = B - \frac{v}{2} = 0,35 - \frac{0,1}{2} = 0,3 \text{ m}$$

10.2.4.2.2 ÁREA DE LOS PERNOS

El área de los pernos (Ω) se calcula como:

$$\Omega = \frac{T_{sd}}{\frac{f_y}{\gamma_{M0}}} = \frac{20330}{\frac{275}{1,05}} = 77,63 \text{ mm}^2$$

10.2.4.2.3 DIAMETRO DE CADA PERNO

El diámetro de cada perno (D) calcula como:

$$\frac{\Omega}{4 \text{ pernos}} = \frac{77,63}{4} = 19,41 \text{ mm}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 19,41}{\pi}} = 4,97 \text{ mm}$$

Se escoge un valor normalizado, 12 mm.

10.2.4.3 COMPROBACIÓN DE LAS DIMENSIONES DE LA PLACA

La tensión de contacto (σ) no debe superar la resistencia del hormigón (f_{cd}) de la base.

$$\sum F = 0 \rightarrow N + T = \sigma \frac{B}{4} A$$

$$\frac{4(N_{sd} + T_{sd})}{AB} = \frac{4(1,5 \cdot 7490 + 20330)}{300 \cdot 350} = 1,202 \frac{N}{\text{mm}^2} \leq f_{cd} = 16,67 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Siendo:

$$N_{sd} = 1,5N_k; f_{cd} = \frac{f_{ck}}{1,5} = \frac{25 \frac{N}{\text{mm}^2}}{1,5} = 16,67 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

10.3 ANEXO III: CÁLCULOS ELÉCTRICOS

10.3.1 SELECCIÓN DEL INVERSOR

10.3.1.1 MARQUESINA CONECTADA A RED

El inversor debe tener la capacidad de conectarse a la red, aunque no será necesario que pueda inyectar energía a esta puesto que en ningún momento ocurrirá como se ha visto en el ANEXO I, en el apartado de consumo mensual.

Además, debe ser capaz de proporcionar potencia suficiente para satisfacer los picos de potencia de los elementos conectados.

$$P_{m\acute{a}x} = P_{Pto\ de\ venta} + P_{vent/LED} + P_{cargador} + P_{panel} = 500 + 70 + 15 + 270 = 855\ W$$

A su vez, debe ser capaz de soportar la potencia, intensidad y tensión de las placas solares.

$$P_{placas} = 4 \cdot 265 = 1060\ W$$

$$V_{oc} = 37,7\ V; I_{total} = 4 \cdot I_{sc} = 4 \cdot 9,23 = 36,92\ A$$

Se ha seleccionado el Axpert V VM3000-24 Plus, con las siguientes características:

Prestaciones:

- Inversor cargador maximizador múltiple de onda senoidal pura
- Selección de tipos de batería y de corriente de carga según las aplicaciones conectadas
- Selección del rango de tensión de entrada para electrodomésticos y ordenadores personales
- Posibilidad de elegir la fuente de alimentación prioritaria (baterías, placas, red)
- Compatible con generador eléctrico y/o red eléctrica
- Protección ante posible sobrecarga o cortocircuito
- Máxima optimización del rendimiento de las baterías por su cargador inteligente
- Función de arranque en frío
- Pantalla LCD multifunción
- Sin relé de arranque de grupo

Figura 50. Características inversor Axpert V VM3000-24 Plus.

Como se indica en la ficha técnica en el ANEXO IV:

| $P_{nom\ trabajo}$ | $V_{m\acute{a}x}$ | $P_{m\acute{a}x\ absorci\acute{o}n}$ | $I_{m\acute{a}x}$ |
|--------------------|-------------------|--------------------------------------|-------------------|
| 3000W | 145 V | 1500 W | 60 A |

10.3.1.2 MARQUESINA AISLADA DE RED

En este caso no es necesario que sea compatible con la red.

$$P_{m\acute{a}x} = P_{Pto\ de\ venta} + P_{vent/LED} + P_{cargador} + P_{panel} = 500 + 140 + 15 + 270 = 925\ W$$

A su vez, debe ser capaz de soportar la potencia, intensidad y tensi3n de las placas solares.

$$P_{placas} = 10 \cdot 265 = 2650\ W$$

$$V_{total} = 2 \cdot V_{oc} = 2 \cdot 37,7 = 75,4\ V; I_{total} = 4 \cdot I_{sc} = 5 \cdot 9,23 = 46,15\ A$$

Se ha seleccionado el modelo superior al de la marquesina conectada a red, el Axpert VM5000-48. Como se indica en la ficha t3cnica en el ANEXO IV:

| $P_{nom\ trabajo}$ | $V_{m\acute{a}x}$ | $P_{m\acute{a}x\ absorci3n}$ | $I_{m\acute{a}x}$ |
|--------------------|-------------------|------------------------------|-------------------|
| 5000W | 145 V | 3000 W | 60 A |

10.3.2 CABLEADO

Para determinar la secci3n de cada tramo se seguir3 el REBT (Tabla ITC BT-19) y se van a emplear dos criterios:

- Intensidad m3xima admisible.
- Ca3da de tensi3n m3xima permitida.

Intensidades admisibles (A) al aire 40 °C
Nº de conductores con carga y naturaleza del aislamiento

| | | | 3x PVC | 2x PVC | | 3x XLPE o EPR | 2x XLPE o EPR | | | | | | |
|-------|---|--|--------|--------|--------|---------------|---------------|-----|-----|---------------|---------------|-----|-----|
| A |  | Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes | | | | | | | | | | | |
| A2 |  | Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes | 3x PVC | 2x PVC | | 3x XLPE o EPR | 2x XLPE o EPR | | | | | | |
| B |  | Conductores aislados en tubos ²⁾ en montaje superficial o empotrados en obra | | | | 3x PVC | 2x PVC | | | 3x XLPE o EPR | 2x XLPE o EPR | | |
| B2 |  | Cables multiconductores en tubos ²⁾ en montaje superficial o empotrados en obra | | | 3x PVC | 2x PVC | | | | 3x XLPE o EPR | 2x XLPE o EPR | | |
| | | mm ² | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Cobre | | 1,5 | 11 | 11,5 | 13 | 13,5 | 15 | 16 | — | 18 | 21 | 24 | — |
| | | 2,5 | 15 | 16 | 17,5 | 18,5 | 21 | 22 | — | 25 | 29 | 33 | — |
| | | 4 | 20 | 21 | 23 | 24 | 27 | 30 | — | 34 | 38 | 45 | — |
| | | 6 | 25 | 27 | 30 | 32 | 36 | 37 | — | 44 | 49 | 57 | — |
| | | 10 | 34 | 37 | 40 | 44 | 50 | 52 | — | 60 | 68 | 76 | — |
| | | 16 | 45 | 49 | 54 | 59 | 66 | 70 | — | 80 | 91 | 105 | — |
| | | 25 | 59 | 64 | 70 | 77 | 84 | 88 | 96 | 106 | 116 | 123 | 166 |
| | | 35 | | 77 | 86 | 96 | 104 | 110 | 119 | 131 | 144 | 154 | 206 |
| | | 50 | | 94 | 103 | 117 | 125 | 133 | 145 | 159 | 175 | 188 | 250 |
| | | 70 | | | | 149 | 160 | 171 | 188 | 202 | 224 | 244 | 321 |
| | | 95 | | | | 180 | 194 | 207 | 230 | 245 | 271 | 296 | 391 |
| | | 120 | | | | 208 | 225 | 240 | 267 | 284 | 314 | 348 | 455 |
| | | 150 | | | | 236 | 260 | 278 | 310 | 338 | 363 | 404 | 525 |
| | | 185 | | | | 268 | 297 | 317 | 354 | 386 | 415 | 464 | 601 |
| | 240 | | | | 315 | 350 | 374 | 419 | 455 | 490 | 552 | 711 | |
| | 300 | | | | 360 | 404 | 423 | 484 | 524 | 565 | 640 | 821 | |

Tabla 59. Tabla ITC BT-19.

10.3.2.1 MARQUESINA CONECTADA A RED

10.3.2.1.1 PLACAS SOLARES-INVERSOR

Las placas tienen unos cables de sección 4 mm² que se unen en paralelo para conectar las placas con el inversor. Por tanto:

$$I_{m\acute{a}x} = 4 \cdot I_{sc} = 4 \cdot 9,23 = 36,92 A$$

Según la tabla emplearemos una sección de 10 mm². Comprobamos el criterio de caída de tensión (máx. 3%):

$$\Delta U = \frac{2 \cdot P \cdot L}{U \cdot \gamma \cdot S} = \frac{2 \cdot 265 \cdot 4 \cdot 10}{37,7 \cdot 56 \cdot 10} = 1 V$$

$$u(\%) = \left(1 - \frac{37,7 - 1}{37,7}\right) \cdot 100 = 2,65\%$$

10.3.2.1.2 BATERÍA-INVERSOR

$$I_{m\acute{a}x} = 60 A$$

Según la tabla emplearemos una sección de 25 mm². Comprobamos el criterio de caída de tensión (máx. 3%):

$$\Delta U = \frac{2 \cdot P \cdot L}{U \cdot \gamma \cdot S} = \frac{2 \cdot 1500 \cdot 1}{24 \cdot 56 \cdot 25} = 0,09 \text{ V}$$

$$u(\%) = \left(1 - \frac{24 - 0,09}{24}\right) \cdot 100 = 0,375 \%$$

10.3.2.1.3 INVERSOR-RED-ELEMENTOS CONECTADOS

Se calculan cables individuales para cada elemento que se unen en paralelo a otro que se conecta al inversor. Se supone un factor de potencia de 0,85 para todos los elementos.

- Panel informativo:

$$I_{m\acute{a}x} = \frac{P}{U \cdot \cos\varphi} = \frac{270}{230 \cdot 0,85} = 1,38 \text{ A}$$

Según la tabla emplearemos una sección de 1,5 mm². Comprobamos el criterio de caída de tensión (máx. 3%):

$$\Delta U = \frac{2 \cdot P \cdot L}{U \cdot \gamma \cdot S} = \frac{2 \cdot 270 \cdot 10}{230 \cdot 56 \cdot 1,5} = 0,27 \text{ V}$$

$$u(\%) = \left(1 - \frac{230 - 0,27}{230}\right) \cdot 100 = 0,122 \%$$

- Punto de venta y recarga de tarjetas:

$$I_{m\acute{a}x} = \frac{P}{U \cdot \cos\varphi} = \frac{500}{230 \cdot 0,85} = 2,56 \text{ A}$$

Según la tabla emplearemos una sección de 1,5 mm². Comprobamos el criterio de caída de tensión (máx. 3%):

$$\Delta U = \frac{2 \cdot P \cdot L}{U \cdot \gamma \cdot S} = \frac{2 \cdot 500 \cdot 10}{230 \cdot 56 \cdot 1,5} = 0,52 \text{ V}$$

$$u(\%) = \left(1 - \frac{230 - 0,52}{230}\right) \cdot 100 = 0,22 \%$$

- Ventilador con LED:

$$I_{m\acute{a}x} = \frac{P}{U \cdot \cos\varphi} = \frac{70}{230 \cdot 0,85} = 0,36 \text{ A}$$

Según la tabla emplearemos una sección de 1,5 mm². Comprobamos el criterio de caída de tensión (máx. 3%):

$$\Delta U = \frac{2 \cdot P \cdot L}{U \cdot \gamma \cdot S} = \frac{2 \cdot 70 \cdot 10}{230 \cdot 56 \cdot 1,5} = 0,072 \text{ V}$$

$$u(\%) = \left(1 - \frac{230 - 0,072}{230}\right) \cdot 100 = 0,032 \%$$

- Estación de carga USB:

$$I_{m\acute{a}x} = \frac{P}{U \cdot \cos\varphi} = \frac{15}{230 \cdot 0,85} = 0,077 \text{ A}$$

Según la tabla emplearemos una sección de 1,5 mm². Comprobamos el criterio de caída de tensión (máx. 3%):

$$\Delta U = \frac{2 \cdot P \cdot L}{U \cdot \gamma \cdot S} = \frac{2 \cdot 15 \cdot 10}{230 \cdot 56 \cdot 1,5} = 0,016 \text{ V}$$

$$u(\%) = \left(1 - \frac{230 - 0,016}{230}\right) \cdot 100 = 0,007 \%$$

- Conexión al inversor:

$$I_{m\acute{a}x} = \frac{P}{U \cdot \cos\varphi} = \frac{270 + 500 + 70 + 15}{230 \cdot 0,85} = 4,37 \text{ A}$$

Según la tabla emplearemos una sección de 1,5 mm². Comprobamos el criterio de caída de tensión (máx. 3%):

$$\Delta U = \frac{2 \cdot P \cdot L}{U \cdot \gamma \cdot S} = \frac{2 \cdot 855 \cdot 1}{230 \cdot 56 \cdot 1,5} = 0,09 \text{ V}$$

$$u(\%) = \left(1 - \frac{230 - 0,09}{230}\right) \cdot 100 = 0,038 \%$$

10.3.2.2 MARQUSINA AISLADA DE RED

10.3.2.2.1 PLACAS SOLARES-INVERSOR

Las placas van unidas en 5 ramas en paralelo con 2 en serie cada rama. Por tanto:

$$I_{m\acute{a}x} = 5 \cdot I_{sc} = 5 \cdot 9,23 = 46,15 \text{ A}$$

Según la tabla emplearemos una sección de 16 mm². Comprobamos el criterio de caída de tensión (máx. 3%):

$$\Delta U = \frac{2 \cdot P \cdot L}{U \cdot \gamma \cdot S} = \frac{2 \cdot 265 \cdot 5 \cdot 15}{2 \cdot 27,7 \cdot 56 \cdot 16} = 0,59 \text{ V}$$

$$u(\%) = \left(1 - \frac{75,1 - 0,59}{75,1}\right) \cdot 100 = 0,79\%$$

10.3.2.2 BATERÍA-INVERSOR

$$I_{m\acute{a}x} = 60 A$$

Según la tabla emplearemos una sección de 25 mm². Comprobamos el criterio de caída de tensión (máx. 3%):

$$\Delta U = \frac{2 \cdot P \cdot L}{U \cdot \gamma \cdot S} = \frac{2 \cdot 3000 \cdot 1}{48 \cdot 56 \cdot 25} = 0,09 V$$

$$u(\%) = \left(1 - \frac{48 - 0,09}{48}\right) \cdot 100 = 0,188 \%$$

10.3.2.3 INVERSOR-RED-ELEMENTOS CONECTADOS

Igual que en la marquesina conectada a red, todos los cables con sección 1,5 mm².

10.3.3 PROTECCIONES**10.3.3.1 FUSIBLES**

Para seleccionar los fusibles, se debe cumplir lo siguiente:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_Z; I_2 = 1,6 \cdot I_N$$

Siendo:

- I_B : la corriente de empleo o utilización.
- I_N : la corriente nominal del fusible.
- I_Z : la corriente máxima admisible.
- I_2 : la corriente convencional de funcionamiento del fusible

En la zona de cc, es necesario poner un fusible en cada rama en paralelo de los paneles. Por tanto:

$$I_B = 9,23 A; I_Z = 24 A \rightarrow I_N = 10 A$$

$$I_2 = 1,6 \cdot 10 = 16 A \leq 1,45 \cdot 24 = 34,8 A$$

Se emplearán fusibles de 10 A tanto en la marquesina aislada como en la conectada a red.

10.3.3.2 MAGNETOTÉRMICO

Para seleccionar los magnetotérmicos, se debe cumplir lo siguiente:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_Z; I_2 = 1,45 \cdot I_N$$

Siendo:

- I_B : la corriente de empleo o utilización.
- I_N : la corriente nominal del fusible.
- I_Z : la corriente máxima admisible.
- I_2 : la corriente convencional de funcionamiento del fusible.

Por tanto, solo se debe verificar la primera condición.

En la zona de cc, se tiene que colocar un magnetotérmico en la unión de ramas de los paneles.

En la marquesina conectada a red:

$$I_B = 36,92 \text{ A}; I_Z = 44 \text{ A} \rightarrow I_N = 40 \text{ A}$$

En la marquesina aislada:

$$I_B = 46,15 \text{ A}; I_Z = 59 \text{ A} \rightarrow I_N = 50 \text{ A}$$

En la zona de ca, se tiene que colocar un magnetotérmico en cada elemento conectado:

- Panel informativo:

$$I_B = 1,38 \text{ A}; I_Z = 13,5 \text{ A} \rightarrow I_N = 2 \text{ A}$$

- Punto de venta y recarga de tarjetas:

$$I_B = 2,56 \text{ A}; I_Z = 13,5 \text{ A} \rightarrow I_N = 4 \text{ A}$$

- Ventilador con LED:

$$I_B = 0,36 \text{ A}; I_Z = 13,5 \text{ A} \rightarrow I_N = 1 \text{ A}$$

- Estación de carga USB:

$$I_B = 0,077 \text{ A}; I_Z = 13,5 \text{ A} \rightarrow I_N = 1 \text{ A}$$

Son los mismos para ambas marquesinas.

10.3.3.3 INTERRUPTOR-SECCIONADOR

Se colocará uno para el grupo de ramas en paralelo de los paneles.

Para la marquesina conectada a red:

$$I_{sc} = 4 \cdot 9,23 = 36,92 \text{ A}; V_{oc} = 37,7 \text{ V}$$

Para la marquesina aislada:

$$I_{sc} = 5 \cdot 9,23 = 46,15 \text{ A}; V_{oc} = 75,4 \text{ V}$$

Para ambas se empleará uno de 2 polos con $I_{m\acute{a}x} = 100 \text{ A}$ y $V_{m\acute{a}x} = 1000 \text{ V}$.

10.3.4 PUESTA A TIERRA

Se seguirá el REBT en su apartado ITC-BT-18. Se realizará con un esquema TT.

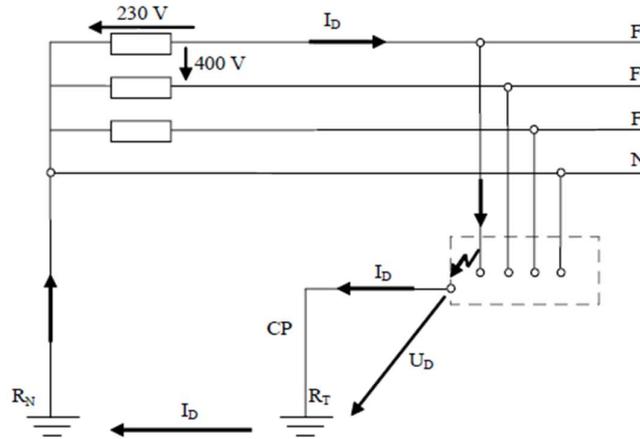


Figura 51. Esquema TT.

| Tipo de electrodo | Resistencia (Ω) | Símbolos |
|-------------------------------------|--------------------------|--|
| Placa enterrada profunda | $R=0,8 \cdot \rho / P$ | R: resistencia del electrodo (Ω). ρ : resistividad del terreno ($\Omega \cdot m$). P: perímetro de la placa (m). L: es la longitud de la pica, o la del conductor, o la longitud total de los conductores enterrados (en el caso de la malla de tierra). r: radio de un círculo cuya superficie fuese igual que el área cubierta por la malla (m). |
| Placa enterrada vertical | $R=1,6 \cdot \rho / P$ | |
| Pica vertical | $R=\rho / L$ | |
| Conductor enterrado horizontalmente | $R=2 \cdot \rho / L$ | |
| Malla de tierra | $R=(\rho/4r)+(\rho/L)$ | |

Tabla 60. Resistencia diferentes tipos toma a tierra.

| Características del terreno | Valor medio de la resistividad ($\Omega \cdot m$) |
|--|---|
| Terrenos cultivables y fértiles, terraplenes compactos y húmedos | 50 |
| Terraplenes cultivables poco fértiles y otros terraplenes | 500 |
| Suelos pedregosos desnudos, arenas secas permeables | 3.000 |

Tabla 61. Resistividad del terreno.

Normalmente la marquesina se construirá sobre un terreno no cultivable. Se desea poner una placa enterrada profunda que tenga una resistencia de 125 Ω . Por tanto, deberá ser de:

$$P = \frac{0,8 \cdot \rho}{R} = \frac{0,8 \cdot 3000}{125} = 19,2 \text{ m}$$

Al estar al aire libre, se considera local húmedo por lo que la tensión de defecto máxima admisible es de $U_L = 24 \text{ V}$. Teniendo en cuenta los siguientes valores:

| Valores máximos de la toma de tierra en función de la sensibilidad del diferencial | | |
|---|----------------|---------------|
| I_{Δ} | U = 24V | U=50V |
| 30mA | 800 Ω | 1660 Ω |
| 100mA | 240 Ω | 500 Ω |
| 300mA | 80 Ω | 166 Ω |
| 500mA | 49 Ω | 100 Ω |
| 1A | 24 Ω | 50 Ω |

Tabla 62. Valores máximos de la toma de tierra en función de la sensibilidad del diferencial.

$$U_L \geq R_T \cdot I_{\Delta n} \rightarrow I_{\Delta n} \leq \frac{24}{125} = 0,192 \text{ A}$$

Se podrá un interruptor diferencial general adecuado para dicha sensibilidad. El escogido es uno de la marca Schneider de sensibilidad 30 mA.

En cuanto al cableado de protección, la sección de los conductores será la siguiente:

| Sección de los conductores de fase de la instalación S (mm^2) | Sección mínima de los conductores de protección S_p (mm^2) |
|---|--|
| $S \leq 16$ | $S_p = S$ |
| $16 < S \leq 35$ | $S_p = 16$ |
| $S > 35$ | $S_p = S/2$ |

Tabla 63. Relación entre las secciones de los conductores de protección y los de fase.

10.4 ANEXO IV: ESTUDIO DE RENTABILIDAD

Se muestran los flujos de caja de la instalación fotovoltaica de la marquesina conectada a red.

| Año: | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----------------------|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Ingresos: | 0,00 € | 321,40 € | 324,61 € | 327,86 € | 331,14 € | 334,45 € |
| Inversiones: | 2.406,40 € | | | | | |
| Gastos: | | 0,00 € | 0,00 € | 0,00 € | 0,00 € | 0,00 € |
| Amortización: | | 160,43 € | 160,43 € | 160,43 € | 160,43 € | 160,43 € |
| BAIT: | -2.406,40 € | 160,97 € | 164,19 € | 167,43 € | 170,71 € | 174,02 € |
| Intereses anuales: | | 0,00 € | 0,00 € | 0,00 € | 0,00 € | 0,00 € |
| Amortización crédito: | | 0,00 € | 0,00 € | 0,00 € | 0,00 € | 0,00 € |
| BAT: | -2.406,40 € | 160,97 € | 164,19 € | 167,43 € | 170,71 € | 174,02 € |
| Impuestos: | 0,00 € | 33,80 € | 34,48 € | 35,16 € | 35,85 € | 36,54 € |
| Flujos de caja: | -2.406,40 € | 287,60 € | 290,13 € | 292,70 € | 295,29 € | 297,91 € |

Tabla 64. Flujos de caja años 0-5.

| Año: | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Ingresos: | 337,79 € | 341,17 € | 344,58 € | 348,03 € | 351,51 € |
| Inversiones: | | | | | |
| Gastos: | 0,00 € | 0,00 € | 0,00 € | 0,00 € | 0,00 € |
| Amortización: | 160,43 € | 160,43 € | 160,43 € | 160,43 € | 160,43 € |
| BAIT: | 177,37 € | 180,75 € | 184,16 € | 187,60 € | 191,08 € |
| Intereses anuales: | 0,00 € | 0,00 € | 0,00 € | 0,00 € | 0,00 € |
| Amortización crédito: | 0,00 € | 0,00 € | 0,00 € | 0,00 € | 0,00 € |
| BAT: | 177,37 € | 180,75 € | 184,16 € | 187,60 € | 191,08 € |
| Impuestos: | 37,25 € | 37,96 € | 38,67 € | 39,40 € | 40,13 € |
| Flujos de caja: | 300,55 € | 303,22 € | 305,91 € | 308,63 € | 311,38 € |

Tabla 65. Flujos de caja años 6-10.

| Año: | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|-----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Ingresos: | 355,03 € | 358,58 € | 362,16 € | 365,78 € | 369,44 € |
| Inversiones: | | | | | |
| Gastos: | 0,00 € | 0,00 € | 0,00 € | 0,00 € | 0,00 € |
| Amortización: | 160,43 € | 160,43 € | 160,43 € | 160,43 € | 160,43 € |
| BAIT: | 194,60 € | 198,15 € | 201,73 € | 205,36 € | 209,01 € |
| Intereses anuales: | 0,00 € | 0,00 € | 0,00 € | 0,00 € | 0,00 € |
| Amortización crédito: | 0,00 € | 0,00 € | 0,00 € | 0,00 € | 0,00 € |
| BAT: | 194,60 € | 198,15 € | 201,73 € | 205,36 € | 209,01 € |
| Impuestos: | 40,87 € | 41,61 € | 42,36 € | 43,12 € | 43,89 € |
| Flujos de caja: | 314,16 € | 316,96 € | 319,80 € | 322,66 € | 325,55 € |

Tabla 66. Flujos de caja años 11-15.

10.5 ANEXO V: FICHAS TÉCNICAS

A continuación, se muestran las fichas técnicas empleadas para los cálculos.



*Black frame product can be provided upon request.

CS6K-265|270|275|280P

Canadian Solar's modules use the latest innovative cell technology, increasing module power output and system reliability, ensured by 15 years of experience in module manufacturing, well-engineered module design, stringent BOM quality testing, an automated manufacturing process and 100% EL testing.

KEY FEATURES



Excellent module efficiency of up to: 17.11 %



High PTC rating of up to: 92.14 %



Outstanding low irradiance performance of up to: 96.5 %



IP68 junction box for long-term weather endurance



Heavy snow load up to 6000 Pa, wind load up to 4000 Pa *



linear power output warranty



product warranty on materials and workmanship

MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATES*

ISO 9001:2008 / Quality management system

ISO 14001:2004 / Standards for environmental management system

OHSAS 18001:2007 / International standards for occupational health & safety

PRODUCT CERTIFICATES*

IEC 61215 / IEC 61730: VDE / TÜV-Rheinland / CE / MCS / CEC AU / INMETRO / CQC

UL 1703 / IEC 61215 performance: CEC listed (US) / FSEC (US Florida)

UL 1703: CSA / IEC 61701 ED2: VDE / IEC 62716: VDE

UNI 9177 Reaction to Fire: Class 1

IEC 60068-2-68: SGS

Take-e-way



* Please contact your local Canadian Solar sales representative for the specific product certificates applicable in your market.

CANADIAN SOLAR INC. is committed to providing high quality solar products, solar system solutions and services to customers around the world. As a leading PV project developer and manufacturer of solar modules with over 21 GW deployed around the world since 2001, Canadian Solar Inc. (NASDAQ: CSIQ) is one of the most bankable solar companies worldwide.

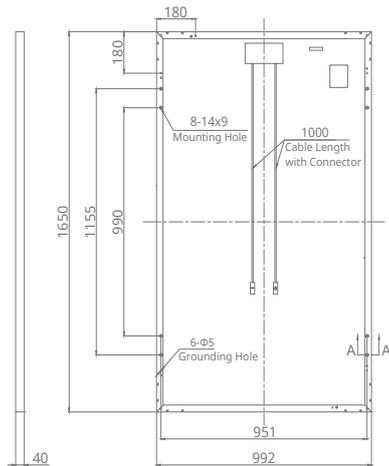
*For detailed information, please refer to the Installation Manual.

CANADIAN SOLAR INC.

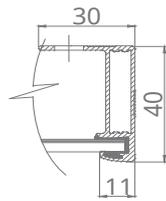
545 Speedvale Avenue West, Guelph, Ontario N1K 1E6, Canada, www.canadiansolar.com, support@canadiansolar.com

ENGINEERING DRAWING (mm)

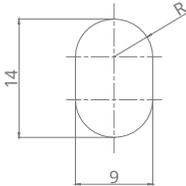
Rear View



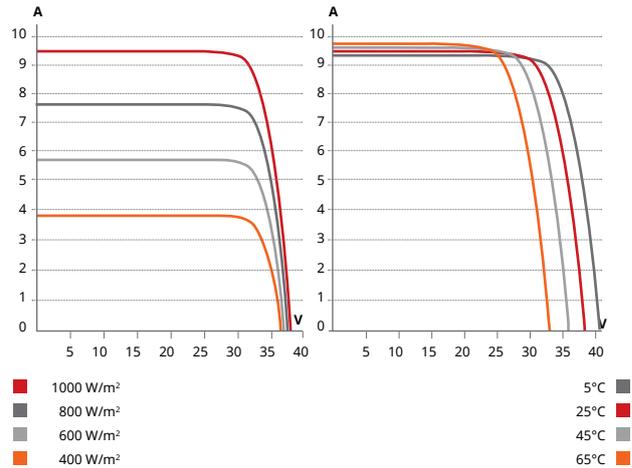
Frame Cross Section A-A



Mounting Hole



CS6K-280P / I-V CURVES



ELECTRICAL DATA | STC*

| CS6K | 265P | 270P | 275P | 280P |
|------------------------------|---|--------|--------|--------|
| Nominal Max. Power (Pmax) | 265 W | 270 W | 275 W | 280 W |
| Opt. Operating Voltage (Vmp) | 30.6 V | 30.8 V | 31.0 V | 31.3 V |
| Opt. Operating Current (Imp) | 8.66 A | 8.75 A | 8.88 A | 8.95 A |
| Open Circuit Voltage (Voc) | 37.7 V | 37.9 V | 38.0 V | 38.2 V |
| Short Circuit Current (Isc) | 9.23 A | 9.32 A | 9.45 A | 9.52 A |
| Module Efficiency | 16.19% | 16.50% | 16.80% | 17.11% |
| Operating Temperature | -40°C ~ +85°C | | | |
| Max. System Voltage | 1000 V (IEC) or 1000 V (UL) | | | |
| Module Fire Performance | TYPE 1 (UL 1703) or CLASS C (IEC 61730) | | | |
| Max. Series Fuse Rating | 15 A | | | |
| Application Classification | Class A | | | |
| Power Tolerance | 0 ~ + 5 W | | | |

* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.

ELECTRICAL DATA | NMOT*

| CS6K | 265P | 270P | 275P | 280P |
|------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| Nominal Max. Power (Pmax) | 195 W | 198 W | 202 W | 206 W |
| Opt. Operating Voltage (Vmp) | 28.2 V | 28.3 V | 28.5 V | 28.8 V |
| Opt. Operating Current (Imp) | 6.92 A | 7.00 A | 7.08 A | 7.14 A |
| Open Circuit Voltage (Voc) | 35.1 V | 35.3 V | 35.4 V | 35.6 V |
| Short Circuit Current (Isc) | 7.45 A | 7.53 A | 7.63 A | 7.69 A |

* Under Nominal Module Operating Temperature (NMOT), irradiance of 800 W/m², spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s.

PERFORMANCE AT LOW IRRADIANCE

Outstanding performance at low irradiance, with an average relative efficiency of 96.5 % for irradiances between 200 W/m² and 1000 W/m² (AM 1.5, 25°C).

The aforesaid datasheet only provides the general information on Canadian Solar products and, due to the on-going innovation and improvement, please always contact your local Canadian Solar sales representative for the updated information on specifications, key features and certification requirements of Canadian Solar products in your region.

Please be kindly advised that PV modules should be handled and installed by qualified people who have professional skills and please carefully read the safety and installation instructions before using our PV modules.

MECHANICAL DATA

| Specification | Data |
|------------------------|--|
| Cell Type | Poly-crystalline, 6 inch |
| Cell Arrangement | 60 (6×10) |
| Dimensions | 1650×992×40 mm (65.0×39.1×1.57 in) |
| Weight | 18.2 kg (40.1 lbs) |
| Front Cover | 3.2 mm tempered glass |
| Frame Material | Anodized aluminium alloy |
| J-Box | IP68, 3 diodes |
| Cable | 4.0 mm ² (IEC), 12 AWG (UL), 1000 mm (39.4 in) |
| Connector | T4 series |
| Per Pallet | 27 pieces, 538 kg (1186.1 lbs) |
| Per Container (40' HQ) | 756 pieces |

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

| Specification | Data |
|---|--------------|
| Temperature Coefficient (Pmax) | -0.41 % / °C |
| Temperature Coefficient (Voc) | -0.31 % / °C |
| Temperature Coefficient (Isc) | 0.05 % / °C |
| Nominal Module Operating Temperature (NMOT) | 43 ± 2 °C |

PARTNER SECTION



Axpert V Off-Grid Inverter



Axpert VM 1000-12 / Axpert VM 2000-24 Axpert VP 1000-12 / Axpert VP 2000-24 Axpert VP3000-24 / Axpert VM3000-24 Axpert VM 3000-24 Plus / Axpert VP 5000-48 / Axpert VM 5000-48

- Pure sine wave solar inverter
- Output power factor 1
- Selectable high power charging current
- Wide DC input range
- Selectable input voltage range for home appliances and personal computers
- Configurable AC/Solar input priority via LCD setting
- Compatible to AC mains or generator power
- Auto restart while AC is recovering
- Overload and short circuit protection
- Smart battery charger design for optimized battery performance
- Cold start function
- Optional anti-dusk kit

Axpert V Off-Grid Inverter Selection Guide

| MODEL | Axpert VP 1000-12 | Axpert VM 1000-12 | Axpert VP 2000-24 | Axpert VM 2000-24 | Axpert VP 3000-24 | Axpert VM 3000-24 | Axpert VM 3000-24 Plus | Axpert VP 5000-48 | Axpert VM 5000-48 | |
|---------------------------------------|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------------|-------------------|-------------------|--|
| Rated Power | 1000VA/1000W | | 2000VA/2000W | | 3000VA / 3000W | | | 5000VA / 5000W | | |
| INPUT | | | | | | | | | | |
| Voltage | 230 VAC | | | | | | | | | |
| Selectable Voltage Range | 170-280 VAC (For Personal Computers) ; 90-280 VAC (For Home Appliances) | | | | | | | | | |
| Frequency Range | 50 Hz/60 Hz (Auto sensing) | | | | | | | | | |
| OUTPUT | | | | | | | | | | |
| AC Voltage Regulation (Batt. Mode) | 230VAC ± 5% | | | | | | | | | |
| Surge Power | 2000VA | | 4000VA | | 6000VA | | | 10000VA | | |
| Efficiency (Peak) | 90% ~ 93% | | | | | | | | | |
| Transfer Time | 10 ms (For Personal Computers) ; 20 ms (For Home Appliances) | | | | | | | | | |
| Waveform | Pure sine wave | | | | | | | | | |
| BATTERY | | | | | | | | | | |
| Battery Voltage | 12 VDC | | 24 VDC | | | | 48 VDC | | | |
| Floating Charge Voltage | 13.5 VDC | | 27 VDC | | | | 54 VDC | | | |
| Overcharge Protection | 16 VDC | | 31 VDC | | 33 VDC | | | 63 VDC | | |
| SOLAR CHARGER & AC CHARGER | | | | | | | | | | |
| Solar Charger type | PWM | MPPT | PWM | MPPT | PWM | MPPT | | PWM | MPPT | |
| Maximum PV Array Open Circuit Voltage | 55 VDC | 102 VDC | 80 VDC | 102 VDC | 80 VDC | 102 VDC | 145 VDC | 105 VDC | 145 VDC | |
| Maximum PV Array Power | 600 W | 500 W | 1200 W | 1000 W | 1200 W | 1000 W | 1500 W | 2400 W | 3000 W | |
| MPP Range @ Operating Voltage | N/A | 17 ~ 80 VDC | N/A | 30 ~ 80 VDC | N/A | 30~80 VDC | 30~115 VDC | N/A | 60 ~ 115 VDC | |
| Maximum Solar Charge Current | 50 A | 40 A | 50 A | 40 A | 50 A | 40 A | 60 A | 50 A | 60 A | |
| Maximum AC Charge Current | 20 A | 20 A | 20 A | 25 A | 25A | 25A | 60 A | 60 A | 60 A | |
| Maximum Charge Current | 50 A | 60 A | 50 A | 60 A | 70 A | 60 A | 120 A | 110 A | 120 A | |
| PHYSICAL | | | | | | | | | | |
| Dimension, D x W x H (mm) | 88 x 225 x 320 | | | | 100 x 285 x 334 | | 100 x 300 x 440 | 100 x 300 x 440 | | |
| Net Weight (kgs) | 4.4 | 4.4 | 5 | 5 | 6.3 | 6.5 | 9.5 | 8.5 | 9.7 | |
| Communication Interface | USB/RS232 | | | | | | | | | |
| ENVIRONMENT | | | | | | | | | | |
| Humidity | 5% to 95% Relative Humidity (Non-condensing) | | | | | | | | | |
| Operating Temperature | -10°C to 50°C | | | | | | | | | |
| Storage Temperature | -15°C to 60°C | | | | | | | | | |

Product specifications are subject to change without further notice.

Características de la Batería Litio Freedom won lite 40Kwh

Larga vida de alto rendimiento energético de la Batería de Litio Freedom Won Lite 40Kwh

La gama Freedom Lite Home y Freedom Lite Business de Freedom Won ofrece el almacenamiento de energía de la próxima generación, con un aumento sustancial en la vida útil y la eficiencia operativa a una fracción del costo del ciclo de vida en comparación con otras opciones de almacenamiento de energía.

Interfaz de control para inversores solares / cargadores solares compatibles con la batería de litio Freedom 40Kwh

El BMS proporciona contactos digitales libres de potencial para el control independiente de la carga del inversor y la carga del cargador principal y el controlador de carga solar a través de un enchufe multipolo en el lateral del módulo, que también incluye pernos para detección de voltaje y control de corriente de carga para cargadores compatibles. El BMS está completamente configurado antes de la entrega.

Interfaz de energía

Se proporcionan pernos positivos y negativos para conectar los cables de CC de 48 V al inversor y al controlador de carga solar. El circuito de CC está protegido con un interruptor de circuito de derivación.

Especificaciones técnicas de la batería de litio Freedom Won Lite 40Kwh

Energía máxima [kWh] - 40.

Energía, 70% DoD [kWh] (1) - 28.

Capacidad actual [Ah] - 800.

Corriente máxima / continua [A] - 375/300.

Peso [kg] - 429.

Dimensiones (Altura x Ancho x Profundidad (pared) [mm]) - 1656 mm x 584 mm x 306 mm.

Caja: aluminio, con recubrimiento en polvo, frente blanco y laterales con respaldo plateado, con clasificación IP55.

Cables de conexión DC por + ve y -ve (longitud estándar 2m) - 1 x 35 mm².

ExternalInterfacing Conector DIN de 12 pines (2) - Pares de contactos libres de potencial - Activación remota para inversor, cargador, controlador de carga solar; Salidas analógicas: 0-5 V para límite de corriente de carga y estado de carga; CAN Bus (opcional).

Protección: disyuntor de disparo de disparo dimensionado para adaptarse a la corriente máxima, puede dispararse por BMS si hay un fallo crítico, reinicio manual. sobrecorriente, celda bajo y sobre voltaje, temperatura, detección de células débiles.

Interfaz humana: pantalla de estado de carga (0 a 100%), luz de error, botón de reinicio de error, enchufe serie RS232 para programación.

Vida útil (3): garantía de 10 años (o 3500 ciclos) para un máximo de 70% de DoD, 13 años de vida de 70% DoD (1), 15-20 años a 50% de DoD (7 000 ciclos).

Specification

| Basic Parameters | UP2500 |
|-----------------------------|--------------------------|
| Nominal Voltage(V) | 25.6 |
| Nominal Capacity(Wh) | 2840 |
| Usable Capacity(Wh) | 2550 |
| Dimension(W*D*H, mm) | 442*420*120 |
| Weight(Kg) | 27.5 |
| Discharge Voltage(V) | 23~28.8 |
| Charge Voltage(V) | 28.2~28.8 |
| Charge/Discharge Current(A) | 56(continuous) |
| | 100 (Peak@15s) |
| Communication Port | CAN,RS485 |
| Working Temperature(°C) | 0~50 |
| Shelf Temperature(°C) | -20~60 |
| Humidity | 5%~90% |
| Altitude (m) | <2000 |
| Design Life | 15+Years (25 °C @77 °F) |
| Cycle Life | >6000, @25 °C |
| DOD | 90% |
| Authentication level | IEC62619/RoHS/UN38.3 |