



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

ANÁLISIS DE VIABILIDAD DE LAS OPCIONES DE
ABASTECIMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN
UNA INSTALACIÓN AGROPECUARIA

VIABILITY ANALYSIS OF THE DIFFERENT OPTIONS
FOR PROVIDING ELECTRIC ENERGY IN FARM
FACILITIES

Autor/es

Alejandro López Modrego

Director/es

María Paz Comech Moreno

Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad de Zaragoza

2016-2017

ANÁLISIS DE VIABILIDAD DE LAS OPCIONES DE ABASTECIMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN UNA INSTALACIÓN AGROPECUARIA

RESUMEN

El principal objetivo de este trabajo de fin de grado consiste en establecer la solución o soluciones más adecuadas para el abastecimiento eléctrico de una industria agropecuaria. Para ello, se ha realizado un estudio mediante el programa HOMER, que permite realizar el análisis y la optimización de las diferentes configuraciones de abastecimiento eléctrico de la industria, basándose en los consumos energéticos de la instalación, los recursos disponibles en el emplazamiento y las características de los equipos de generación seleccionados.

Para ello ha sido necesario, en primer lugar, realizar un estudio de la propia industria agropecuaria, analizando sus cargas y los tiempos de funcionamiento de estas para determinar la variación de la demanda a lo largo del día y del año.

Una vez caracterizados los consumos de la industria, el siguiente paso es analizar los recursos disponibles en el emplazamiento y seleccionar los sistemas de generación eléctrica que mejor se pueden adaptar a este sistema concreto.

El modelado de la industria y los sistemas de generación en HOMER es un punto importante en el estudio ya que la precisa caracterización permite que los resultados sean lo más exactos posibles. En este punto, es necesario conocer tanto las características técnicas (potencias nominales, tensiones, etc.) como económicas (inversión necesaria, coste de restitución, etc.).

Los resultados obtenidos mediante HOMER muestran diferentes configuraciones para el abastecimiento eléctrico de la industria analizada. A partir de estos resultados, se realiza un análisis de las diferentes alternativas teniendo en cuenta aspectos técnicos y económicos, con el fin de establecer la opción más favorable que sea capaz de abastecer el consumo de la industria a lo largo de todo el año y que acarree el menor impacto económico posible. Además, se ha realizado un análisis de sensibilidad para comprobar la validez de las soluciones obtenidas en caso de que varíe el precio de la energía de red y la longitud de la extensión de red necesaria, comprobando los límites de estas variables para que la solución seleccionada siga siendo la óptima.

A partir de estos análisis, se ha seleccionado como mejor solución para el abastecimiento eléctrico de esta instalación, la conexión a la red eléctrica, en caso de que la longitud de la extensión de red necesaria sea inferior a 680 metros o mediante un sistema aislado compuesto por un generador diésel de 15,8 kW, módulos fotovoltaicos con una potencia total de 10 kW y 10 baterías estacionarias de capacidad nominal 632 Ah, en caso contrario.



**DECLARACIÓN DE
AUTORÍA Y ORIGINALIDAD**

(Este documento debe acompañar al Trabajo Fin de Grado (TFG)/Trabajo Fin de Máster (TFM) cuando sea depositado para su evaluación).

D./D^a. Alejandro López Modrego,

con nº de DNI 76922845-N en aplicación de lo dispuesto en el art.

14 (Derechos de autor) del Acuerdo de 11 de septiembre de 2014, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba el Reglamento de los TFG y TFM de la Universidad de Zaragoza,

Declaro que el presente Trabajo de Fin de (Grado/Máster)
Grado en Ingeniería Eléctrica, (Título del Trabajo)
Ánalisis de viabilidad de las opciones de abastecimiento de energía eléctrica en una instalación agropecuaria

es de mi autoría y es original, no habiéndose utilizado fuente sin ser citada debidamente.

Zaragoza, Zaragoza

Fdo: Alejandro López Modrego

INDICE

RESUMEN	2
1. OBJETO Y ALCANCE DEL PROYECTO	6
2. SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	7
2.1 ENERGÍAS RENOVABLES	8
2.1.1 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA:.....	8
2.1.2 ENERGÍA EÓLICA.....	12
2.2 ALMACENAMIENTO ENERGÉTICO MEDIANTE BATERÍAS.....	13
2.3 GENERACIÓN MEDIANTE GRUPOS ELECTRÓGENOS	14
2.4 ABASTECIMIENTO ELÉCTRICO MEDIANTE LA CONEXIÓN A LA RED.....	14
3. INSTALACIÓN ANALIZADA EN HOMER	15
3.1 DEFINICIÓN DE LA INSTALACIÓN.....	15
3.2 FUNCIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN.....	16
3.3 DESCRIPCIÓN DE LAS CARGAS DE LA INSTALACIÓN.....	17
3.4 CONSIDERACIONES DE LA INSTALACIÓN.....	18
4 SOFTWARE DE SIMULACIÓN HOMER.....	19
5. DEMANDA DEL SISTEMA	20
5.1 CURVA DE CONSUMO MESES SIN PRODUCCIÓN	20
5.2 CURVA DE CONSUMO MESES DE PRODUCCIÓN DE QUESO Y LECHE	21
6. ANÁLISIS DE LOS RECURSOS DISPONIBLES EN EL EMPLAZAMIENTO.....	24
6.1 RECURSO SOLAR.....	24
6.2 RECURSO EÓLICO	26
6.3 PRECIO DE LOS COMBUSTIBLES FÓSILES.....	27
7. CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS.....	29
7.1 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	29
7.2 MINIAEROGENERADORES	30
7.3 BATERÍAS	31
7.4 GENERADOR DIESEL	32
7.5 INVERSOR	32
7.6 DATOS TÉCNICOS Y ECONÓMICOS DE LOS EQUIPOS.....	33
8. RESULTADOS DEL ESTUDIO	34
8.1 ALTERNATIVAS DE ABASTECIMIENTO	34
8.2 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.....	38
8.3 CONCLUSIONES	40

REFERENCIAS.....	42
ANEXOS	43
ANEXO 1. Cálculo de la demanda de la instalación.....	44
ANEXO 2. Presupuesto de la extensión de red	46
ANEXO 3. Cálculo de la sección de extensión de red a instalar	55
ANEXO 4. Ficha técnica de los módulos fotovoltaicos seleccionados.....	57
ANEXO 5. Ficha técnica del aerogenerador seleccionado	59
ANEXO 6. Ficha técnica de las baterías seleccionadas.....	60
ANEXO 7. Ficha técnica del generador diésel seleccionado.....	61
ANEXO 8. Ficha técnica del inversor seleccionado	62

1. OBJETO Y ALCANCE DEL PROYECTO

Uno de los aspectos más importantes a la hora del desarrollo de una nueva industria es la elección del modo de abastecimiento de energía eléctrica. La correcta decisión depende en gran medida de la ubicación de dicha industria y de los recursos disponibles. Actualmente existen diversos modos de abastecimiento de energía eléctrica como son la conexión a la red eléctrica, abastecimiento mediante energías renovables o generadores eléctricos que usan combustibles fósiles, el problema es qué opción de las anteriores o combinación de ellas es la adecuada que cubra las necesidades que presenta cada usuario concreto.

El presente proyecto tiene como objetivo la evaluación de las posibilidades de abastecimiento de energía eléctrica para una nueva industria de producción de quesos, así como el análisis económico para la determinación de cuál es la configuración más favorable. Este trabajo se realizará mediante simulaciones realizadas en un programa de optimización de sistemas llamado HOMER [1], el cual permite realizar un estudio de sensibilidad para determinar cuáles serían las soluciones óptimas analizando el impacto que tiene la variación de ciertas variables.

Para poder llevar a cabo el trabajo es necesario realizar un análisis previo de la industria y su emplazamiento. Uno de los puntos más importantes es el estudio de los consumos de la industria, las cargas presentes en ella y los diferentes perfiles de consumo para definir las simulaciones necesarias.

Por otro lado, otro de los puntos importantes que debemos tener en cuenta es el estudio del emplazamiento, conocer los recursos disponibles es un aspecto crucial para poder decidir entre las diferentes opciones de abastecimiento. Una de las opciones a priori más económicas y sencillas sería el abastecimiento de energía eléctrica mediante la conexión a la red eléctrica. Uno de los principales problemas de esta solución es que la extensión de red eléctrica no llegue hasta el emplazamiento, las posibles soluciones serían por un lado realizar el suministro en baja tensión (BT) haciendo llegar la red eléctrica hasta el punto de emplazamiento desde el centro de transformación más cercano, o por el contrario, realizar el suministro en media tensión (MT), teniendo así que instalar su propio centro de transformación (CT) y acarreando con los costes y mantenimientos de dicho centro. Estas soluciones harían que el presupuesto se multiplicara notablemente pudiendo hacer que esta opción de abastecimiento no fuera la más interesante.

En consecuencia, las opciones de abastecimiento mediante energías renovables y mediante generadores eléctricos que consumen combustibles fósiles pueden ser una alternativa real para las necesidades de la industria analizada en este TFG.

En este TFG se va a determinar la opción más favorable de abastecimiento de energía eléctrica de la industria agropecuaria teniendo en cuenta diferentes situaciones, como que la extensión de red eléctrica no llegue hasta el emplazamiento, y por lo tanto sea necesaria la construcción de extensión de red, y que el precio de la energía de la red varié. Con todo esto, se podrá determinar cuál es la combinación que cubra las necesidades de esta industria y económicamente sea la más interesante.

2. SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

A la hora de determinar el método de abastecimiento más interesante para la industria es necesario realizar una clasificación de los métodos de generación que se van a considerar y una exposición de los diferentes tipos de sistemas que se pueden encontrar.

- **Sistemas aislados:** Son aquellos tipos de sistemas de generación que no se encuentran conectados a la red eléctrica. Estos sistemas realizan el abastecimiento eléctrico de la instalación mediante sistemas renovables, mediante la generación diésel o una combinación de ambos.

Unos de los aspectos más importantes de este tipo de sistemas es la necesidad que tienen de aprovechar al máximo la generación eléctrica producida por sus componentes. Para ello, es necesario que el sistema cuente con almacenamiento energético.

En la ilustración 1 se muestra un ejemplo de un sistema de generación aislado de red.

- **Sistemas conectados a red:** Este tipo de sistemas cuentan con la conexión a la red eléctrica. Pueden estar formados únicamente por la propia conexión a la red o contar con otros elementos de generación (energías renovables o grupos electrógenos).

En la ilustración 2 se muestra un sistema de generación eléctrica con conexión a la red, generación fotovoltaica y sistema de almacenamiento.

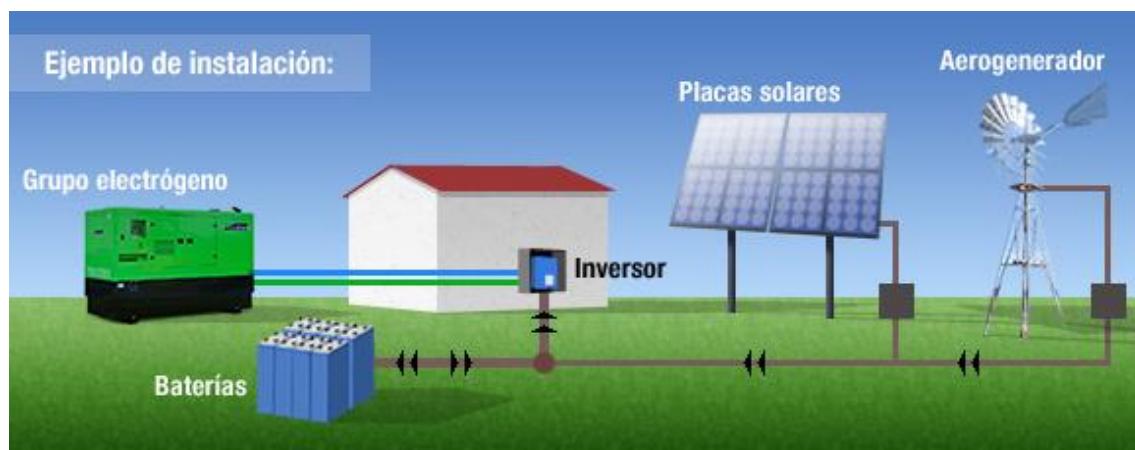


Ilustración 1. Sistema de generación aislado de red [2].

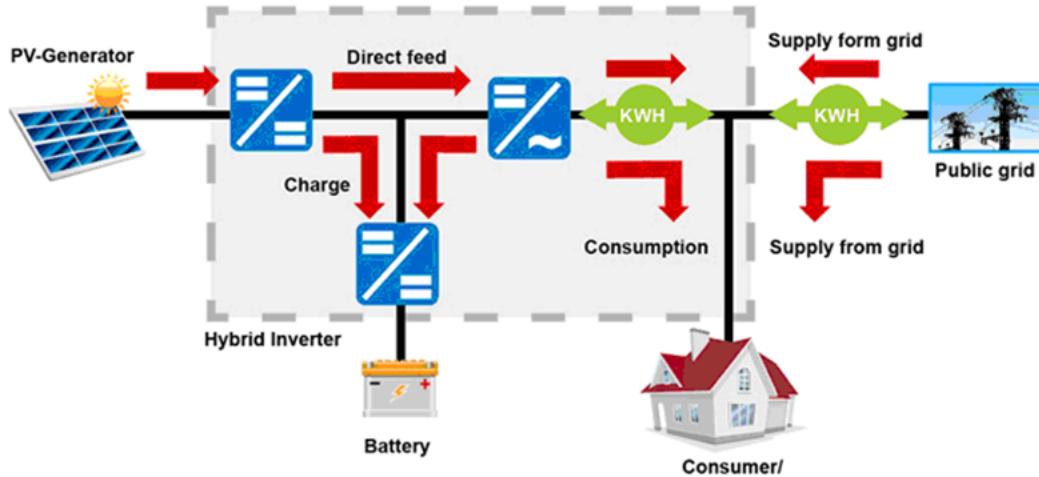


Ilustración 2. Sistema de generación conectado a red [2].

A continuación, se detallan los diferentes métodos de generación eléctrica que pueden componer estos sistemas de abastecimiento.

2.1 ENERGÍAS RENOVABLES

Las energías renovables son una alternativa real para el abastecimiento eléctrico de la industria. Que empleen recursos inagotables de energía, como el sol o el viento, las hace ser una de las opciones más interesantes, además de su respeto por el medioambiente, ya que son recursos limpios cuyo impacto es prácticamente nulo y siempre reversible.

2.1.1 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA:

La energía solar depende de la radiación electromagnética que llega a la superficie terrestre procedente del sol. España es un lugar donde la radiación solar es elevada por lo que la implantación de este tipo de sistemas para la generación de electricidad es cada vez más común. La energía solar fotovoltaica obtiene energía eléctrica a través del efecto fotoeléctrico. Este efecto fotoeléctrico es la liberación de electrones de la superficie de un material por la acción de la radiación solar, este fenómeno es el que se produce en los paneles fotovoltaicos [5].

A continuación, se muestran los parámetros más importantes de los paneles fotovoltaicos que serán necesarios para realizar las simulaciones en HOMER:

- Intensidad de cortocircuito (Isc).
- Tensión de circuito abierto (Voc).
- Potencia pico (Pmax).
- Intensidad en el punto de máxima potencia (Ipmax).
- Tensión en el punto de máxima potencia (Vpmax).
- Eficiencia (%).

La ilustración 3 muestra la curva I-V (característica de cada panel) que representa los valores de tensión y corriente, medidos experimentalmente, del panel fotovoltaico bajo unas determinadas condiciones de radiación y temperatura.

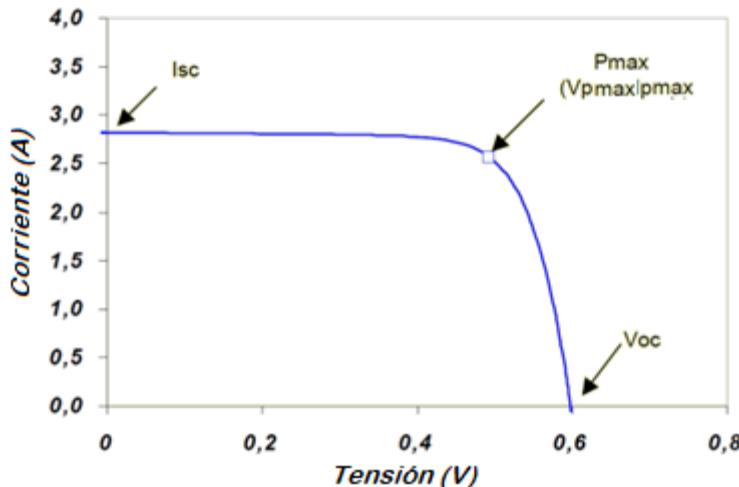


Ilustración 3. Curva característica del módulo fotovoltaico.

Las variaciones de temperatura y de radiación hacen que la curva característica del módulo fotovoltaico cambie. La temperatura afecta en mayor medida a la tensión, modificando los valores de tensión a circuito abierto, como se muestra en la ilustración 4.

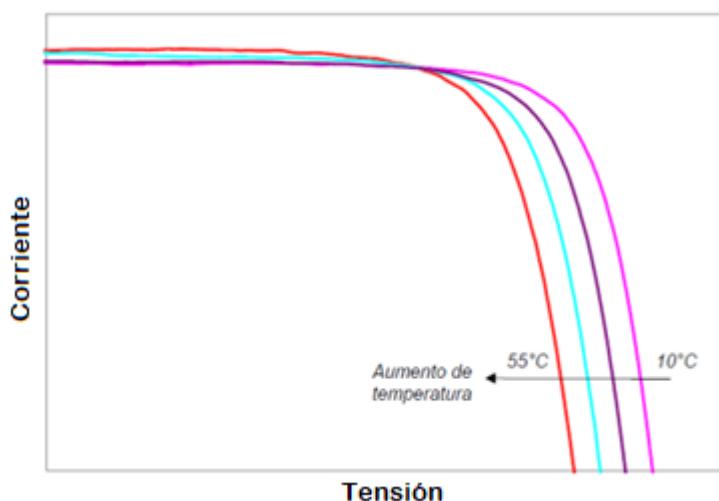


Ilustración 4. Gráfico de variación de la curva con la temperatura.

La variación de la radiación incidente sobre el panel hace que la curva también cambie, tomando unos valores u otros.

Como puede observarse en la ilustración 5, cuanto más elevados sean los niveles de radiación que inciden sobre el panel, la potencia obtenida es también más elevada, por ello el mantenimiento con limpieza de los paneles y su localización en lugares donde las sombras no les afecten, son aspectos importantes para conseguir un funcionamiento eficiente del módulo fotovoltaico.

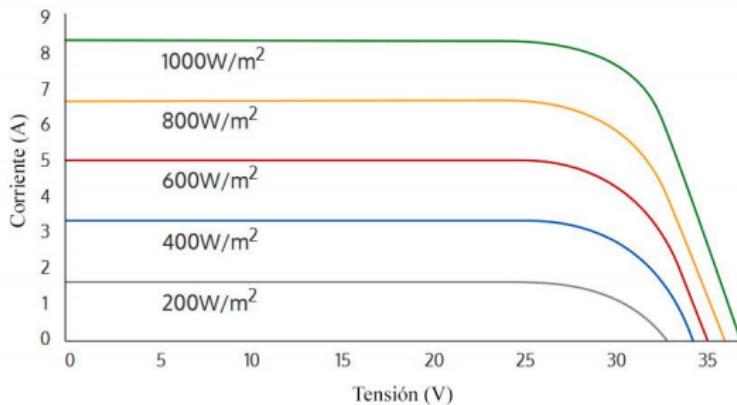


Ilustración 5. Gráfico de variación de la curva con la irradiación.

El fabricante proporciona los datos de características del módulo fotovoltaico bajo las condiciones STC (condiciones test estándar). Estas son las condiciones de ensayo normalizadas y los parámetros correspondientes a estas condiciones son:

- Radiación global: 1000 W/ m².
- Ángulo de inclinación: 37º.
- Temperatura del módulo: 25ºC.

Existen diferentes tipos de paneles, aunque la mayoría están fabricados con silicio, la mayor diferencia entre ellos es la pureza del silicio con el que es fabricado. Este aspecto va relacionado directamente con la eficiencia del panel, cuanto más puro es el silicio, mejor alineadas están sus moléculas y mejor convierte la energía solar en electricidad [5].

Existen varios tipos de paneles cuyas características se resumen a continuación:

- Paneles monocristalinos de celdas de silicio: compuestos por secciones de silicio cristalizado en una sola pieza.
 - Ventajas:
 - Presentan las eficiencias más altas de todos tipos de paneles, eficiencias superiores al 16%.
 - La vida útil de estos paneles es más larga, fabricantes dan garantía de hasta 25 años.
 - Sueles funcionar mejor en condiciones de poca luz que los paneles policristalinos.
 - Inconvenientes:
 - Suelen ser los más caros.
 - Pueden sufrir averías de todo el circuito al aparecen sombras parciales.
 - En su fabricación se derrocha gran cantidad de silicio.
- Paneles policristalinos de silicio: compuestos por secciones de silicio estructurado de forma desordenada en forma de pequeños cristales.
 - Ventajas:
 - Su proceso de fabricación es más simple, por ello, el precio es mucho menor.

-Inconvenientes:

- Suelen tener menor resistencia al calor, lo que conlleva un peor comportamiento a altas temperaturas, pudiendo afectar a su vida útil.
- Poseen eficiencias más bajas que los paneles monocristalinos, entre 13-16%, debido a la pureza del silicio con el que se fabrican.

- Paneles solares fotovoltaicos de capa fina: compuestos por silicio, pero no siguen una estructura cristalina.

-Ventajas:

- Presentan menores costes que los paneles cristalinos, debido a su fabricación, es más sencilla y acarrea menores costes.
- Son flexibles, pudiéndose adaptar a multitud de superficies.
- Su rendimiento no se ve afectado por sombras o altas temperaturas.

-Inconvenientes:

- Tienden a degradarse más rápido que los paneles cristalinos, por ello tienen menores garantías.
- Presentan menores eficiencias.

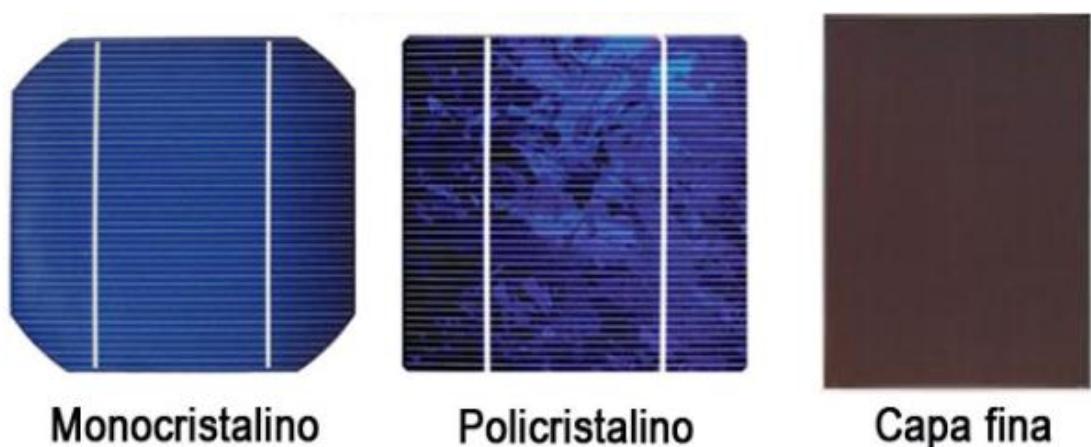


Ilustración 6. Tipos de paneles fotovoltaicos.

2.1.2 ENERGÍA EÓLICA

La energía eólica consiste en el aprovechamiento de la fuerza del viento para producir energía eléctrica.

Aunque todavía supone el 3% de la producción eléctrica mundial es uno de los recursos más antiguos explotados por el ser humano y es hoy la energía más madura y eficiente de todas las energías renovables, siendo una de las formas de obtención de energía más limpia que existen.

En España tiene una gran importancia ya que alrededor del 20% del total de energía generada proviene de recursos eólicos [4].

Los datos que anteriormente se expresan corresponden a aerogeneradores de grandes potencias los cuales componen los parques eólicos. En cambio, para el estudio del abastecimiento de la instalación agropecuaria analizada se van a considerar aerogeneradores de pequeñas potencias los cuales se utilizan en viviendas, industrias, etc.

A continuación, se muestran las características de los aerogeneradores necesarias para realizar las simulaciones en HOMER [5]:

- Potencia nominal (W).
- Tensión (V).
- Número de palas.
- Área de barrido.
- Viento de arranque (m/s).
- Velocidad nominal (m/s).
- Eficiencia (%).

En la ilustración 7, a continuación, se muestran las posibles configuraciones de aerogeneradores de pequeña potencia, que son:

- Aerogeneradores de eje horizontal de pequeña potencia: Son los más comunes hoy en día, son como los grandes aerogeneradores de los parques eólicos. Tienen la necesidad de estar orientados en la dirección del viento, esto se realiza de forma manual o mediante mecanismos de control.
- Aerogeneradores de eje vertical de pequeña potencia: La particularidad que tienen es que es indiferente la dirección desde la que sople el viento, por lo que no necesitan mecanismos de control. Tienen la ventaja de que pueden ser colocados en mayor número de lugares.



Ilustración 7. Aerogeneradores de eje horizontal y vertical.

2.2 ALMACENAMIENTO ENERGÉTICO MEDIANTE BATERÍAS

Consiste en el almacenamiento de energía para el posterior uso de ella cuando la demanda lo requiera. Se basa en la acumulación de energía química, que, por medio de celdas electroquímicas, se convierte en energía eléctrica [5].

A continuación, se detallan las características más importantes de las baterías que se necesitaran para la simulación en HOMER:

- Tensión (V).
- Intensidad (A).
- Capacidad nominal (Ah): Capacidad de energía que puede almacenar la batería.
- Profundidad de descarga: Corresponde al ratio de energía descargada en relación con la cantidad de energía que puede almacenar.
- Autodescarga: Descarga de la batería, aunque no se utilice.
- Ciclos: Se denomina un ciclo a un periodo de carga y descarga. Este parámetro se refiere a la cantidad de ciclos que puede hacer la batería durante su vida útil.
- Estado de carga: Porcentaje de energía acumulada en la batería respecto al total que puede almacenar.
- Eficiencia: Relación entre la energía que se le entrega a la batería en el proceso de carga y la que entrega en el proceso de descarga.

Todos estos parámetros son importantes a la hora de la elección de la batería para la instalación.

Atendiendo al uso que vaya a darse a la batería podremos encontrar diferentes tipos, los cuales se muestran a continuación [12]:

- Baterías estacionarias: Caracterizadas por su larga vida útil y su capacidad de almacenar grandes cantidades de energía, se utilizan en instalaciones que requieran un consumo diario y durante largos períodos de tiempo. Son las que se van a tener en cuenta en la instalación estudiada en el TFG.
- Baterías monoblock: Su uso es en pequeñas instalaciones fotovoltaicas donde las potencias no son muy elevadas.
- Baterías AGM: Se denominan sin mantenimiento y están pensadas para pequeñas aplicaciones con pequeñas potencias.
- Baterías de litio: Se caracterizan por que ocupan poco espacio y por su poco peso, lo que las hace útiles, en cambio cuentan con elevados precios.

2.3 GENERACIÓN MEDIANTE GRUPOS ELECTRÓGENOS

El abastecimiento eléctrico mediante grupos electrógenos (diésel) es una de las opciones más comunes en instalaciones aisladas donde el abastecimiento eléctrico por medio de la red eléctrica no es posible o es muy costoso. Por eso la opción de suministro mediante generadores diésel es una de las opciones que se van a considerar a la hora de realizar las simulaciones de la instalación.

El funcionamiento del generador se basa en la conversión del movimiento desarrollado por el motor diésel en electricidad. En esencia se trata de la combinación de dos máquinas separadas que trabajan juntas para producir la energía eléctrica. Esto lo consigue haciendo girar el motor alimentado por el combustible fósil, este motor hace girar el eje del generador, el cual transforma el movimiento en energía eléctrica mediante la acción de un campo magnético sobre los conductores eléctricos ubicados sobre el estator.

En el estudio de este TFG se van a tener en cuenta generadores eléctricos que utilizan el diésel como combustible debido a que son los generadores más recomendados para realizar un servicio continuo y de larga duración.

Los principales puntos a favor que tiene este tipo de abastecimiento es la rapidez de generación de energía y su velocidad de respuesta, ya que es capaz de adaptarse con facilidad a los cambios de la demanda.

2.4 ABASTECIMIENTO ELÉCTRICO MEDIANTE LA CONEXIÓN A LA RED

El abastecimiento de energía en la instalación mediante la conexión a la red eléctrica puede ser la opción más común, pero se deben tener en cuenta ciertos aspectos importantes que podrían hacer que esta opción no fuese la más recomendable.

Estos aspectos tienen que ver con la disponibilidad de un punto de conexión a la red cercano a la instalación, debido a que los costes económicos pueden elevarse si esto no fuese así.

Si la red de baja tensión no estuviese accesible, el abastecimiento debe hacerse en media tensión (MT), teniendo la necesidad de construir un centro de transformación para abastecer a la industria en baja tensión. Esto elevaría notablemente la inversión económica debido a que los costes del centro de transformación correrían a cuenta del propietario de la instalación. Esta opción no va a considerarse en el estudio del TFG debido a la disponibilidad de un punto de conexión en baja tensión (BT) en la cercanía del emplazamiento.

La distancia hasta el centro de transformación será otro dato a tener en cuenta, ya que los costes para realizar la conexión a él dependen directamente de la distancia. Debido a ello se va a realizar un análisis de sensibilidad teniendo en cuenta la distancia, para determinar los límites en los que la conexión a la red de baja tensión (BT) es rentable o no en la instalación analizada.

En caso de que sea necesario realizar una extensión de red en baja tensión (BT), deberá dimensionarse de tal manera que cumpla con las caídas de tensión máximas de la línea de distribución:

- 5% si es línea directa desde el transformador.
- 0,5% si es red de distribución para varios abonados.

Para la realización de las simulaciones, se ha establecido que el precio de la energía es de 0.11369 €/kWh [19]. Para valorar la validez de la solución obtenida con este precio se realizará un estudio de sensibilidad con este parámetro.

3. INSTALACIÓN ANALIZADA EN HOMER

La nueva industria cuyo abastecimiento va a ser analizado en este TFG se localiza en la localidad de Almagro, municipio de España que pertenece a la comunidad autónoma de Castilla-La Mancha en la provincia de Ciudad Real. La ilustración 8 indica el mapa de localización de la industria.



3.1 DEFINICIÓN DE LA INSTALACIÓN

La instalación se dedicará al cuidado y tratamiento del ganado ovino y a la elaboración de productos lácteos, en concreto quesos de oveja.

La infraestructura está diferenciada en dos naves colindantes. En una se realizará la producción de los quesos, la denominada quesería, y la otra irá destinada a la granja de ovino en donde se realizarán las tareas de alimentación y ordeño del ganado.

A continuación, se describen las diferentes actividades que se realizan en cada departamento de la industria:

QUESERÍA: En esta nave se realiza todo el proceso de producción del queso, desde que llega la leche ordeñada de las ovejas hasta que el queso es apto para el consumo, incluyendo el proceso de maduración del producto.

La nave está dividida en varios departamentos donde se realizan las diferentes labores para la elaboración del producto:

- *Sala de cuajado y prensado:* Se realiza la coagulación de la leche mediante la cuba de cuajado para, posteriormente introducir la cuajada en moldes mediante la prensa. Para la realización de este proceso, el abastecimiento de la leche se realiza por medio de una bomba que transporta la leche desde el tanque de enfriamiento de la granja.
- *Sala de salado:* Se realiza el desmolde de la cuajada una vez transcurrido el tiempo necesario, obteniendo así el queso. Posteriormente, se realiza el salado del queso mediante la inmersión en la salmuera.
- *Cámara de maduración:* Es donde el producto se almacena hasta que adquiere las condiciones necesarias que hacen que pueda ser consumido. Se realizan labores de limpieza y volteo de los quesos.

- *Sala de envasado:* Se realizan las labores de envasado para la conservación del producto hasta que vaya a ser consumido.
- *Vestuarios:* La entrada en los diferentes departamentos nombrados anteriormente, por motivos de sanidad e higiene, debe hacerse con una indumentaria adecuada.
- *Almacén:* Lugar donde se almacenan los productos envasados hasta que se distribuyen para ser consumidos.

GRANJA: Se trata de una granja de sistema intensivo donde el ganado permanece dentro del recinto de la explotación sin salir a pastorear, pero pudiendo salir al exterior en la parcela de la industria.

La instalación contará con unas 300 cabezas de ganado del tipo ovino denominado “oveja manchega”.

En esta nave también existen varios departamentos:

- *Corrales:* Donde permanece el ganado, se almacena el alimento y el forraje necesario para la cama.
- *Sala de ordeño:* Se realiza el ordeño del ganado mediante una bomba de vacío que succiona la leche de los pezones de las ovejas.
- *Sala de enfriamiento:* Es donde se almacena la leche recién ordeñada a una temperatura adecuada y en unas buenas condiciones higiénicas para su posterior tratamiento en la quesería.

3.2 FUNCIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN

En este apartado se va a diferenciar los tipos de trabajos que pueden encontrarse en la instalación.

El tipo de actividades que se van a realizar dependen básicamente del periodo del año, pudiendo diferenciar entre los meses sin producción y los meses de producción de queso y leche.

Los meses en los que no haya producción, coinciden con: enero, julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre. En estos meses van a realizarse básicamente tareas de cuidado del ganado y de los productos del almacén, por lo que gran parte de la maquinaria estará parada. La curva de consumos será mucho menor que los meses de producción.

En cambio, en los meses restantes (febrero, marzo, abril, mayo y junio) se realizan las tareas de ordeño y de producción de los quesos, lo que conlleva a que la mayoría de las cargas de la instalación están trabajando, aumentando los consumos durante estos meses. Las tareas de ordeño se realizarán de tal manera que se permita la producción de queso y leche durante todos los días de los meses anteriormente indicados, alternando parte del ganado para realizar el ordeño diario.

En la tabla 1 se resumen los dos tipos de meses a lo largo del año:

Tabla 1. Distribución de los tipos de mes en la instalación.

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

 Meses de producción de queso y leche
 Meses sin producción

3.3 DESCRIPCIÓN DE LAS CARGAS DE LA INSTALACIÓN

Para la determinación del consumo total de la instalación debe conocerse cuáles son las cargas de ambos edificios y el tiempo de funcionamiento de estas a lo largo del día [3].

Iluminación: La iluminación de ambas naves se realiza mediante tubos led con un total de unos 1000W en la granja y 500W en la quesería. Dependiendo de la época del año habrá un uso de la iluminación u otro:

-Meses sin producción: iluminación activa de la granja durante los periodos de alimentación del ganado, de 9:00 a 10:00 y de 21:00 a 22:00 aproximadamente.

-Meses de producción de queso y leche: en este caso la iluminación de ambas naves estará activa. La iluminación de la granja estará activa de 7:00 a 10:00 y de 19:00 a 22:00 coincidiendo con las horas de alimentación, ordeño y cuidado del ganado. Por otro lado, la iluminación de la quesería estará activa durante los momentos de producción de los quesos, de 10:00 a 15:00.

Tanque de refrigeración: Es el encargado de mantener la leche recién ordeñada en las condiciones óptimas de temperatura para su posterior tratamiento en la quesería. El tanque refrigerará la leche a una temperatura máxima de 4°C evitando así el desarrollo de los microbios que puedan poner en peligro el buen estado del producto.

El tanque de enfriamiento cuenta con una potencia de 1000 W. Solo será utilizado en los meses de producción de queso y leche y durante aproximadamente dos horas al día.

Bomba de vacío: También denominada máquina de ordeño. Es la encargada de la extracción de la leche. A través de las pezoneras que se les colocan a las ovejas, la bomba de vacío realiza la extracción de la leche transportándola directamente al tanque de refrigeración.

Cuenta con una potencia de 3000 W y el horario es de 4 horas diarias distribuidas en dos horas por la mañana y dos horas por la tarde aproximadamente. Durante los meses de producción de queso y leche de 7:00 a 9:00 y de 19:00 a 21:00.

Cinta de alimentación: Encargada de la alimentación del ganado, a través de ella el alimento llega a los comederos siguiendo un proceso totalmente automatizado.

La alimentación del ganado se realiza siempre en el mismo horario, independientemente de si nos encontramos en meses sin producción o meses de producción de queso y leche, a las 9:00 y a las 21:00, siendo el tiempo de uso de una hora aproximadamente.

La potencia de la cinta de alimentación es de 1500 W.

Cámara de refrigeración: Encargada de mantener las condiciones de temperatura de entre 3°C y 16°C de humedad relativa comprendida entre 75% y 90%, dentro de la cámara, para que se produzca la correcta maduración del producto.

Es allí donde se lleva el producto una vez se ha acabado de trabajar y se realiza la maduración hasta que es apto para el consumo, en períodos de tiempo de entre 30 a 60 días dependiendo del peso del producto.

La cámara de refrigeración cuenta con una potencia de 2650 W y durante los meses de producción está en constante funcionamiento durante todo el día en periodos de 15-20 minutos a la hora aproximadamente.

Bomba de transporte: Consiste en un compresor y se encargada del transporte de la leche a través de un circuito hasta la cuba de cuajado para que pueda empezar el proceso de producción de los quesos.

Tiene una potencia de 1100 W y durante los meses de producción se encuentra en funcionamiento de 15 a 30 minutos aproximadamente. El horario de uso es de 10:00 a 11:00.

Cuba de cuajado: Realiza la coagulación de la leche. Para realizar el proceso, la cuba debe calentarse a una temperatura comprendida entre 28°C a 32°C de 30 a 60 minutos.

Tiene una potencia de 1100 W y el tiempo de funcionamiento es de alrededor de 4 horas los meses de producción.

Motor frío salmuera: Consiste en un motor que hace circular la salmuera por un circuito en el cual se introducen los quesos para su salado. La temperatura de la salmuera debe estar entre 10°C a 15°C y el tiempo de salado es de 24 a 48 h.

El motor es de 400 W de potencia y su funcionamiento estimado a lo largo del día es de 1 hora al día en los meses de producción.

Envasadora: Envase los productos para su conservación hasta la hora que vayas a ser comercializados y consumidos, consta con una baja potencia de 150 W, y el horario de utilización es de 15:00 a 16:00 en los meses de producción.

Teniendo en cuenta todas estas cargas y los horarios de su utilización podemos realizar una buena estimación de las curvas de consumo que se van a dar en la instalación.

3.4 CONSIDERACIONES DE LA INSTALACIÓN

En el estudio del TFG se va a contemplar la circunstancia de que sea necesaria la construcción de una extensión de red eléctrica debido a que en el punto de emplazamiento no se encuentra disponible. Los costes asociados a la conexión a la red son los relacionados con dicha construcción, la mano de obra de los operarios, materiales necesarios y alquiler de maquinaria para realizar el movimiento de tierras. Estos costes correrán a cargo del usuario debido a que el emplazamiento no cuenta con las dotaciones y servicios requeridos por la legislación urbanística y la realización de la extensión de red se realiza a través de terrenos no urbanizados privados. La obtención de dichos costes se ha realizado mediante la utilización de un software para la realización de presupuestos denominado Arquímedes. Para ello se ha realizado un pequeño presupuesto de lo que costaría la instalación de un metro de extensión, teniendo en cuenta lo establecido en la ITC-BT-07 y la norma técnica de instalaciones de baja tensión de la empresa distribuidora de energía que en este caso sería Iberdrola [9]. Teniendo en cuenta todos los aspectos nombrados anteriormente, la instalación de un metro de extensión de red ascendería a un total de 61,94 €, el presupuesto de construcción completo se puede ver desglosado en el Anexo 2.

Por otro lado, para los sistemas con conexión a red se ha considerado que no es necesario el pago por peajes de autoconsumo que se indican en el RD 900/2015.

4 SOFTWARE DE SIMULACIÓN HOMER

HOMER Energy es un programa de optimización de micro redes, el cual permite realizar las simulaciones de la industria de estudio de este TFG y realizar en análisis económico y técnico de todas las diferentes opciones.

El programa permite realizar una precisa caracterización de la demanda de la industria, pudiendo establecer un desglose completo del consumo diario de dicha industria. Además, permite establecer las características tanto técnicas como económicas de los componentes de generación que se deseen analizar en el sistema. En el caso de la industria analizada en este TFG el sistema implementado se basa en una carga y los diferentes métodos de abastecimiento eléctrico posibles.

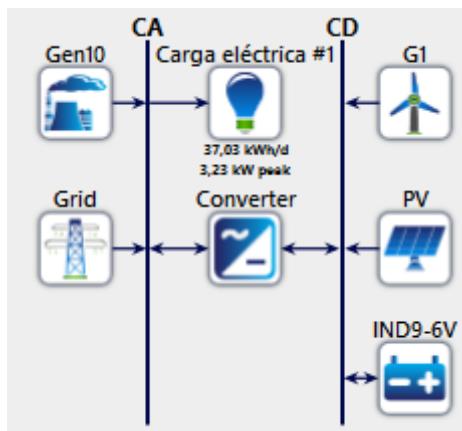


Ilustración 9. Sistema modelado en HOMER.

Teniendo en cuenta los sistemas de generación seleccionados, el programa establece las posibles combinaciones entre ellos para el abastecimiento de la industria, analizando los aspectos técnicos y económicos y mostrando las soluciones que permiten realizar el abastecimiento de la instalación junto con sus costes.

Además, el estudio de sensibilidad que el programa realiza es una herramienta muy útil ya que es capaz analizar el impacto que tiene la variación de ciertas variables (velocidad del viento, precio de la energía...) en el sistema estudiado para la instalación, de manera que puede analizarse como varia la solución óptima en función de dichas condiciones y valorar posibles cambios.

Por todas estas funciones se ha decidido elegir HOMER Energy para realizar el estudio de este TFG.

5. DEMANDA DEL SISTEMA

La determinación precisa de la demanda es un dato importante para la posterior caracterización de la industria en HOMER y el cálculo del sistema de abastecimiento.

Para determinar la demanda de la industria se han realizado los cálculos necesarios considerando el tipo de mes y las cargas descritas en el apartado 3.4.

Los cálculos de los consumos están desglosados en el Anexo 1. A continuación, se resumen los resultados más importantes diferenciados entre meses con o sin producción.

5.1 CURVA DE CONSUMO MESES SIN PRODUCCIÓN

Para realizar la curva de consumo es necesario conocer el horario en el cual la maquinaria se encuentra consumiendo energía eléctrica [3]. Como ya se ha comentado, los meses sin producción solo se realizarán tareas de cuidado del ganado, por lo que la maquinaria en funcionamiento corresponde a:

- Cámara de refrigeración: Utilizada durante todo el día en periodos de 15 a 20 minutos a la hora. Con 2650 W de potencia.
- Cinta de alimentación: Utilizada de 9:00 a 10:00 y de 21:00 a 22:00, con 1500 W de potencia.
- Iluminación de la granja: Utilizada durante los periodos de alimentación del ganado de 9:00 a 10:00 y de 21:00 a 22:00, con una potencia de 1000 W.

A partir de estos datos se construye una tabla de potencia a lo largo del día de los meses sin producción que a continuación se muestra.

Tabla 2. Potencia meses sin producción.

HORARIO	Enero	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
00:00-01:00	2650	2650	2650	2650	2650	2650	2650
01:00-02:00	2650	2650	2650	2650	2650	2650	2650
02:00-03:00	2650	2650	2650	2650	2650	2650	2650
03:00-04:00	2650	2650	2650	2650	2650	2650	2650
04:00-05:00	2650	2650	2650	2650	2650	2650	2650
05:00-06:00	2650	2650	2650	2650	2650	2650	2650
06:00-07:00	2650	2650	2650	2650	2650	2650	2650
07:00-08:00	2650	2650	2650	2650	2650	2650	2650
08:00-09:00	2650	2650	2650	2650	2650	2650	2650
09:00-10:00	5150	5150	5150	5150	5150	5150	5150
10:00-11:00	2650	2650	2650	2650	2650	2650	2650
11:00-12:00	2650	2650	2650	2650	2650	2650	2650
12:00-13:00	2650	2650	2650	2650	2650	2650	2650
13:00-14:00	2650	2650	2650	2650	2650	2650	2650
14:00-15:00	2650	2650	2650	2650	2650	2650	2650
15:00-16:00	2650	2650	2650	2650	2650	2650	2650
16:00-17:00	2650	2650	2650	2650	2650	2650	2650
17:00-18:00	2650	2650	2650	2650	2650	2650	2650
18:00-19:00	2650	2650	2650	2650	2650	2650	2650
19:00-20:00	2650	2650	2650	2650	2650	2650	2650
20:00-21:00	2650	2650	2650	2650	2650	2650	2650
21:00-22:00	5150	5150	5150	5150	5150	5150	5150
22:00-23:00	2650	2650	2650	2650	2650	2650	2650
23:00-00:00	2650	2650	2650	2650	2650	2650	2650

Y la curva de carga que corresponde a estos meses, se muestra en la siguiente figura, en la que los picos de demanda de corresponden con los periodos de alimentación del ganado.



Ilustración 10. Curva de consumo durante los meses sin producción.

En la siguiente ilustración se puede ver los datos de los meses sin producción introducidos en HOMER, también muestra el perfil de consumo diario de estos meses y el perfil anual.

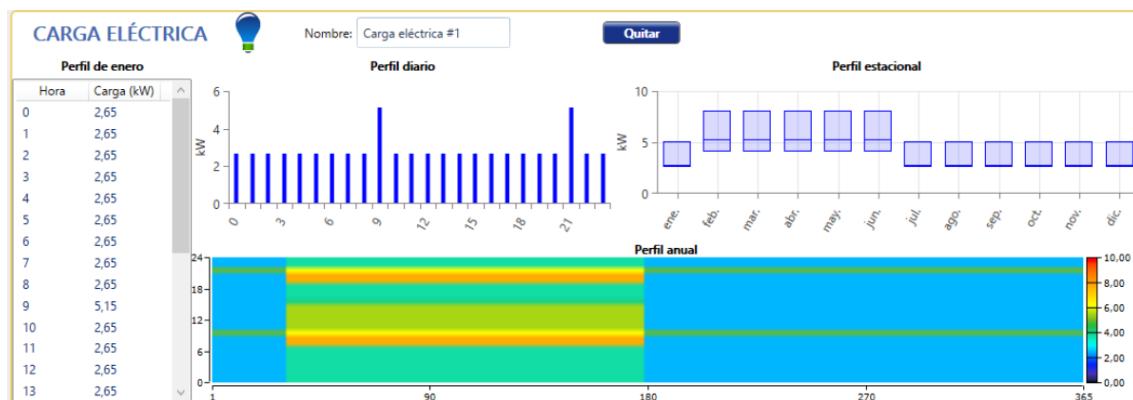


Ilustración 11. Consumos de meses sin producción introducidos en HOMER.

5.2 CURVA DE CONSUMO MESES DE PRODUCCIÓN DE QUESO Y LECHE

En estos meses, en los que la producción de queso y leche se realiza diariamente, la mayoría de la maquinaria estará en funcionamiento por lo que serán meses de mayores consumos.

El horario de funcionamiento de las cargas durante estos meses será:

- Cámara de refrigeración: Utilizada durante todo el día en periodos de 15 a 20 minutos a la hora. Con 2650 W de potencia.
- Cinta de alimentación: Utilizada de 9:00 a 10:00 y de 21:00 a 22:00. Con 1500 W de potencia.
- Iluminación granja: Conectada de 9:00 a 10:00 y de 21:00 a 22:00 durante los períodos de alimentación del ganado, con una potencia de 1000 W.

- Iluminación de la quesería: Conectada de 10:00 a 15:00 coincidiendo con los períodos de producción de queso, con una potencia de 500 W.
- Cuba de cuajado: Utilizada de 11:00 a 15:00. Con 1100W de potencia.
- Bomba de transporte: Utilizada de 10:00 a 11:00, aproximadamente 30 minutos, con una potencia de 1100 W.
- Motor del circuito de salmuera: Conectado aproximadamente en total una hora repartido durante las 24 horas del día, con una potencia de 400 W.
- Envasadora: Esta en funcionamiento de 15:00 a 16:00 con una potencia de 150 W.
- Tranque de refrigeración: El tanque de refrigeración está en marcha alrededor de dos horas repartidas durante todo el día, su potencia es de 1000 W.
- Bomba de vacío: Utilizada durante los períodos de ordeño del ganado de 7:00 a 9:00 y de 19:00 a 21:00 en total 4 horas al día con una potencia de 3000 W.

A partir de estos datos, la tabla de consumos de los meses de producción será la siguiente.

Tabla 3. Potencia meses de producción.

HORARIO	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
00:00-01:00	4050	4050	4050	4050	4050
01:00-02:00	4050	4050	4050	4050	4050
02:00-03:00	4050	4050	4050	4050	4050
03:00-04:00	4050	4050	4050	4050	4050
04:00-05:00	4050	4050	4050	4050	4050
05:00-06:00	4050	4050	4050	4050	4050
06:00-07:00	4050	4050	4050	4050	4050
07:00-08:00	8050	8050	8050	8050	8050
08:00-09:00	8050	8050	8050	8050	8050
09:00-10:00	6550	6550	6550	6550	6550
10:00-11:00	5650	5650	5650	5650	5650
11:00-12:00	5650	5650	5650	5650	5650
12:00-13:00	5650	5650	5650	5650	5650
13:00-14:00	5650	5650	5650	5650	5650
14:00-15:00	5650	5650	5650	5650	5650
15:00-16:00	4200	4200	4200	4200	4200
16:00-17:00	4050	4050	4050	4050	4050
17:00-18:00	4050	4050	4050	4050	4050
18:00-19:00	4050	4050	4050	4050	4050
19:00-20:00	8050	8050	8050	8050	8050
20:00-21:00	8050	8050	8050	8050	8050
21:00-22:00	6550	6550	6550	6550	6550
22:00-23:00	4050	4050	4050	4050	4050
23:00-00:00	4050	4050	4050	4050	4050

Con estos datos se construye la curva de consumo mostrada en la siguiente figura, en la que los picos coinciden con la alimentación del ganado y los períodos de mayor demanda con los momentos que más cargas se encuentran activas.

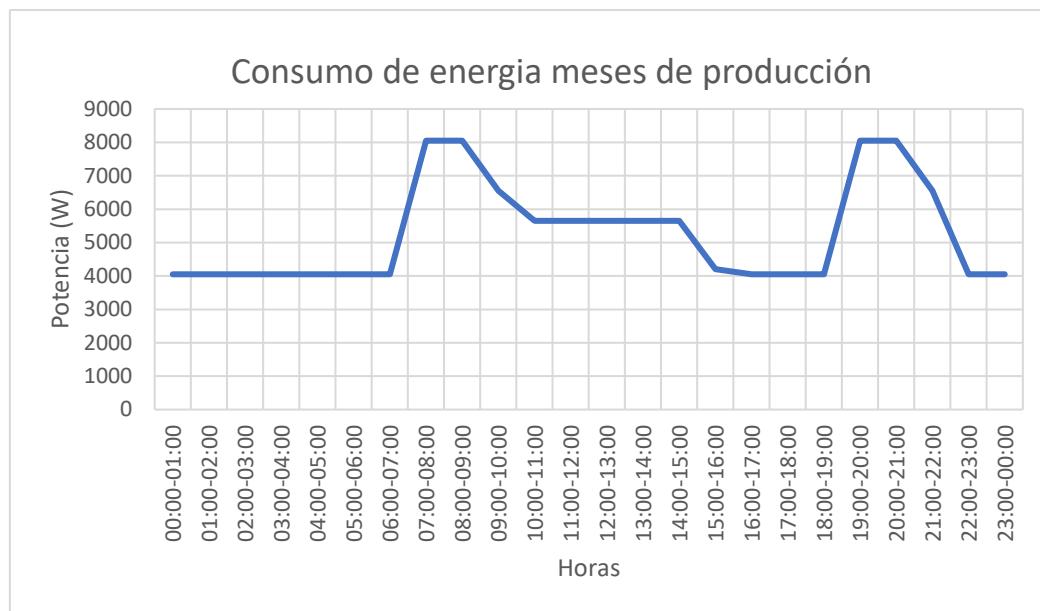


Ilustración 12. Curva de consumo durante los meses de producción de queso y leche.

A continuación, la ilustración 13 corresponde a los datos de consumos los meses de producción introducidos en el programa HOMER y muestra el perfil de consumo diario de estos meses y el perfil anual.

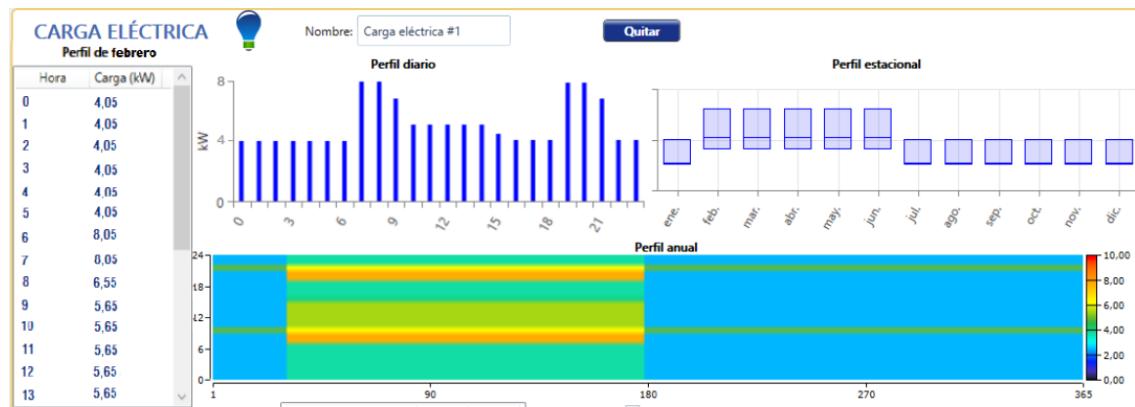


Ilustración 13. Datos de consumos en los meses de producción introducidos en HOMER.

6. ANÁLISIS DE LOS RECURSOS DISPONIBLES EN EL EMPLAZAMIENTO

A la hora de valorar las energías renovables como sistema de abastecimiento para esta industria, es necesario el estudio del recurso disponible en el emplazamiento.

En este apartado se resumen los datos del recurso disponible en el emplazamiento de la instalación, localizada en las coordenadas de 38º 53' 18" Norte y 3º 42' 43" Oeste.

6.1 RECURSO SOLAR

Para evaluar la implantación de paneles fotovoltaicos es necesario el conocimiento del recurso solar disponible en el emplazamiento.

Los datos de irradiancias mostrados en la siguiente ilustración están calculados desde un plano horizontal y desde el plano óptimo y han sido obtenido en una base de datos denominada PVGIS [6].

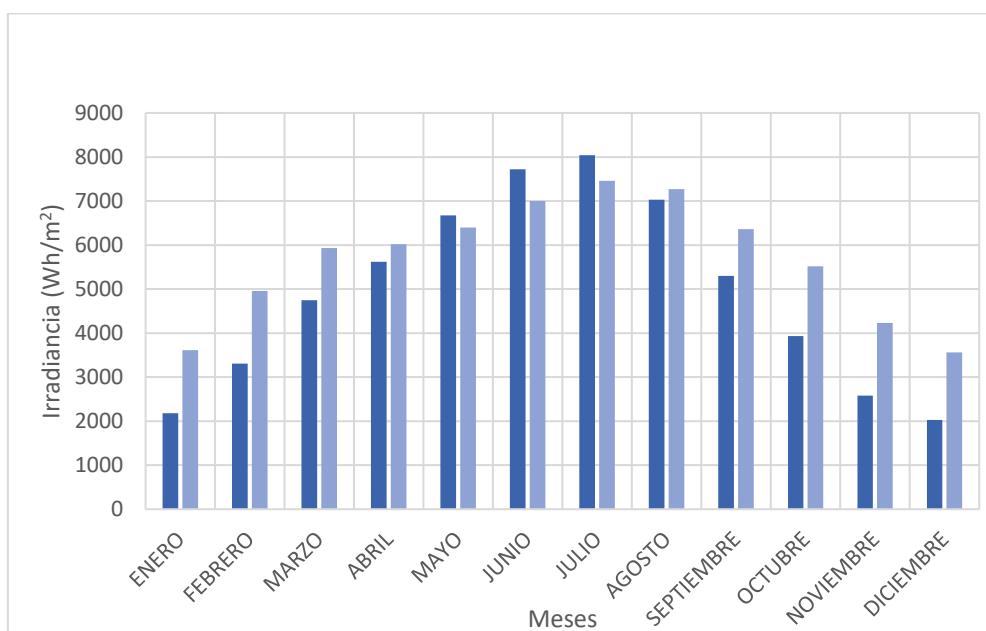


Ilustración 14. Gráfico irradiancias medias mensuales plano horizontal (azul oscuro), y plano óptimo (azul claro).

A continuación, se muestra las irradiancias medias mensuales en una tabla.

Tabla 4. Irradiancias mensuales.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Irradiancia en plano horizontal (Wh/m ²)	2180	3310	4750	5620	6670	7720	8040	7030	5300	3930	2580	2030
Irradiancia en plano óptimo (Wh/m ²)	3610	4960	5930	6020	6400	7000	7460	7270	6360	5520	4230	3560

Para el estudio de este TFG se han tomado los datos de irradiancias sobre plano horizontal ya que al no estar decidida la localización de los paneles y al no contar con sistema de seguimiento solar, los datos sobre plano óptimo reflejarían unos resultados demasiado optimistas que no se corresponderían con la realidad. Por ello, los datos sobre plano horizontal nos sirven para realizar una correcta estimación inicial.

Otro dato que va a considerarse en este apartado son los datos de temperatura del emplazamiento, ya que, como se ha comentado en el apartado 2.1, la potencia generada depende tanto de la irradiancia como de la temperatura de la célula, y por consiguiente de la temperatura ambiente.

En la siguiente ilustración se muestra un gráfico de las temperaturas medias mensuales en la localización de la industria [6].

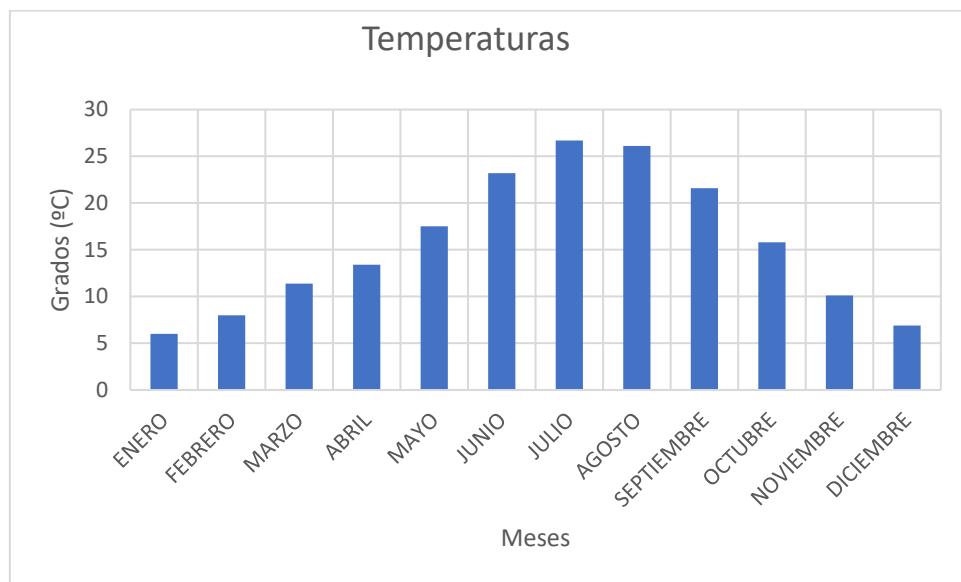


Ilustración 15. Gráfico de temperaturas medias mensuales.

A continuación, se pueden ver los datos numéricos de temperaturas medias en la siguiente tabla.

Tabla 5. Temperaturas medias mensuales.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Temperatura media Almagro (°C)	6	8	11,4	13,4	17,5	23,2	26,7	26,1	21,6	18,8	10,1	6,9

6.2 RECURSO EÓLICO

Para el estudio se han recopilado los datos de velocidades medias de viento de cada mes en la localización de Almagro (Ciudad Real) para determinar el recurso eólico del emplazamiento.

En la siguiente ilustración se puede ver un gráfico de las velocidades medias de viento a 50 metros de altitud, obtenidos en la base de datos de la NASA [7].

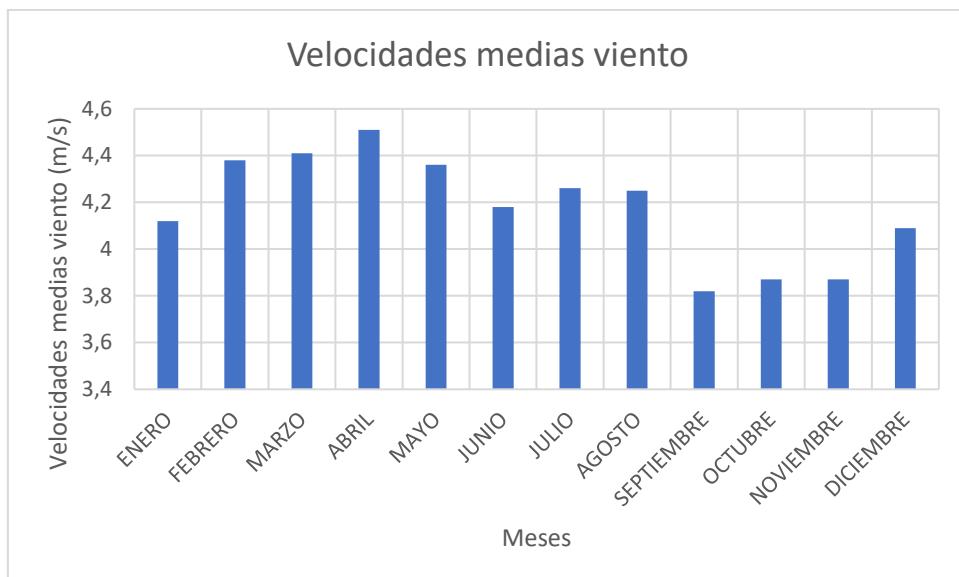


Ilustración 16. Gráfico de velocidades medias de viento a 50 metros de altitud.

A continuación, se pueden ver una tabla con los datos numéricos de velocidades medias de viento a 50 metros de altitud.

Tabla 6. Velocidades medias de viento mensuales.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Velocidad media viento (m/s)	4,12	4,38	4,41	4,51	4,36	4,18	4,16	4,25	3,82	3,87	3,87	4,09

Los datos de rosa de vientos dan una información clara de la dirección más habitual de los vientos, necesarios a la hora de orientar el aerogenerador para que pueda trabajar en plenas condiciones para poder aprovechar al máximo este recurso eólico.

En la siguiente ilustración se muestra un gráfico de la rosa de los vientos.

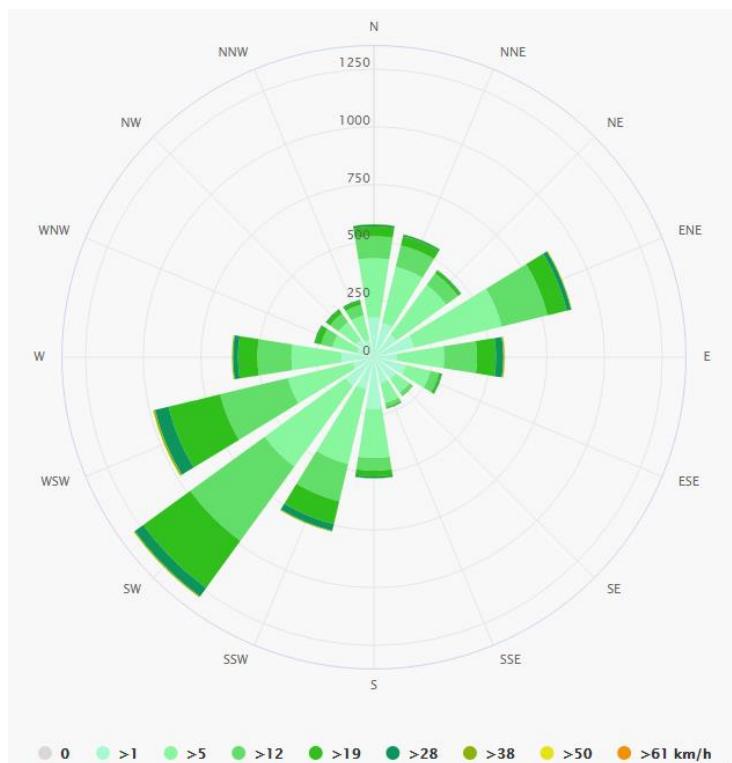


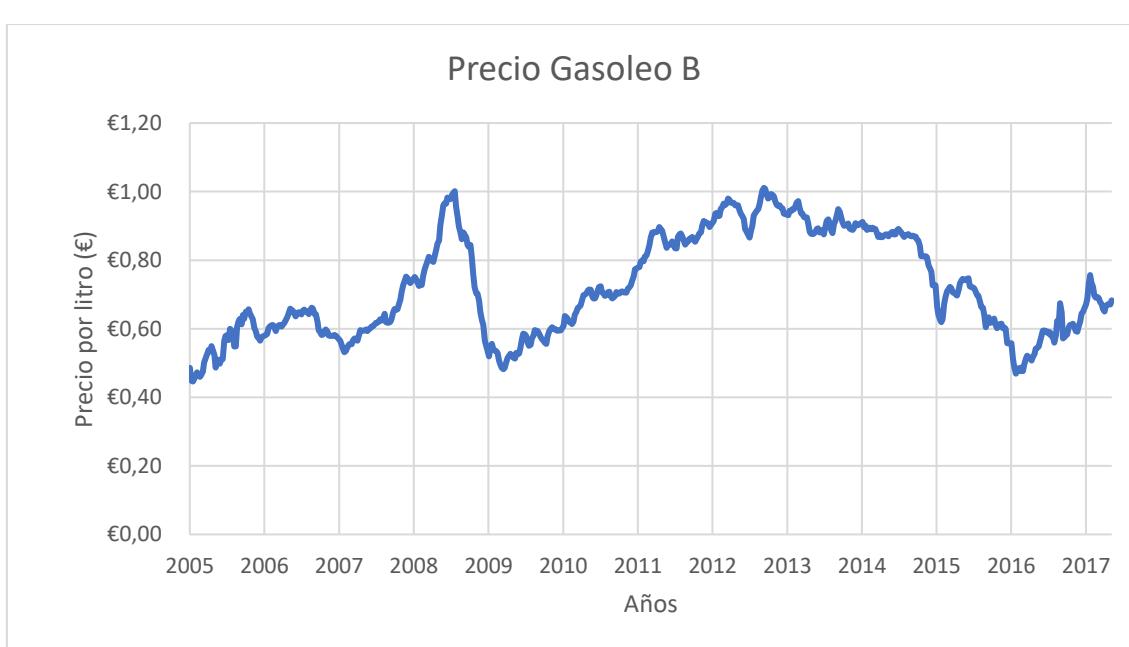
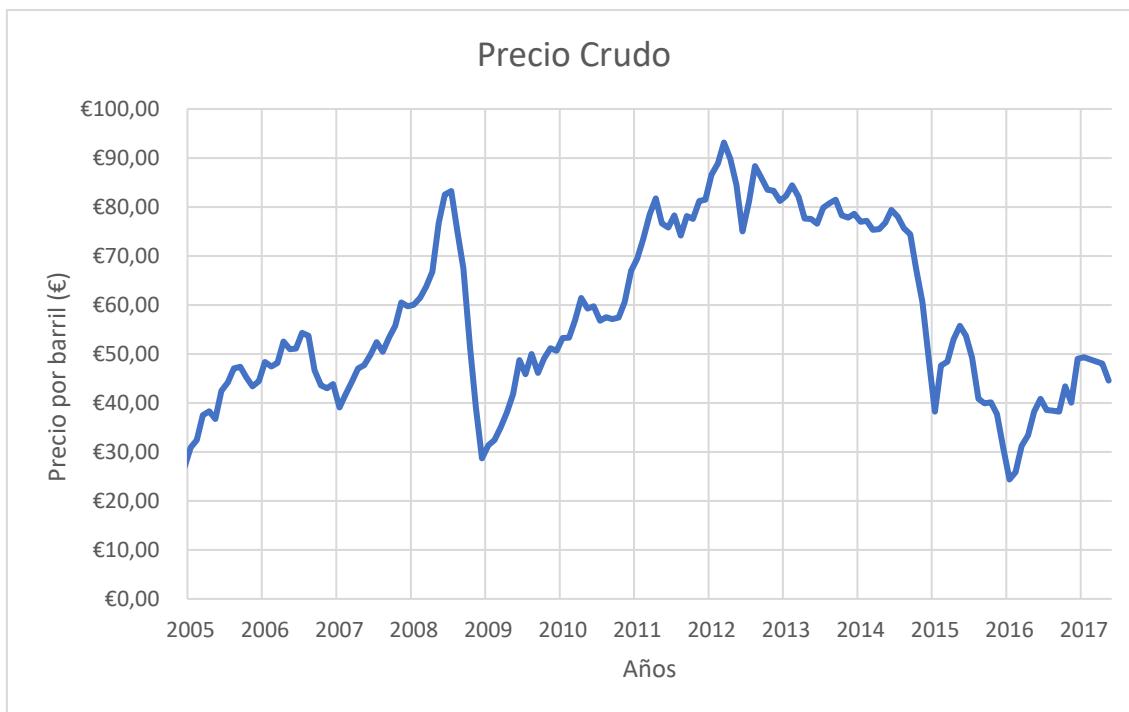
Ilustración 17. Rosa de los vientos Almagro.

6.3 PRECIO DE LOS COMBUSTIBLES FÓSILES

La instalación de generadores de energía eléctrica que consumen combustibles fósiles, en este caso generadores diésel, es una de las alternativas a contemplar a la hora de tomar la decisión de abastecimiento para la instalación, aunque presenta ciertos inconvenientes como la contaminación, el precio de los combustibles o el ruido que producen.

Como se ha mencionado, uno de los principales inconvenientes de estos generadores es el precio de los combustibles que utilizan, en este caso el diésel. La escasez del petróleo hace que este tipo de combustibles adquieran precios elevados, haciendo que las opciones de abastecimiento eléctrico mediante generadores diésel sea una opción económicamente no rentable.

Las siguientes figuras muestran la evolución tanto del petróleo como del combustible diésel que consumen los generadores a lo largo del tiempo [8].



Como podemos observar, los cambios que se producen en los precios del crudo son proporcionales a los que se producen en el gasóleo.

Para la simulación se ha tomado el precio del Gasóleo B, que actualmente está en 0.683 €/litro.

7. CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS

Tras la realización de una exhaustiva búsqueda de equipos en el actual mercado, en este apartado se va a mostrar la selección de dichos equipos a tener en cuenta para la simulación en HOMER. Teniendo en cuenta los equipos seleccionados, se modelará el sistema a simular en el programa, determinando los parámetros, tanto técnicos como económicos, basados en la búsqueda realizada.

7.1 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Para la elección de los paneles fotovoltaicos que se simularán en la instalación se han comparado paneles de diferentes fabricantes, todos ellos con características similares de potencia, tensión de salida y policristalinos [10].

En la siguiente tabla se muestran las características de los paneles fotovoltaicos comparados para la instalación analizada.

Comparando los datos resumidos en la tabla, se observa que los precios no difieren mucho de unos paneles a otros, por lo que para la instalación se realizará la selección según la eficiencia. Por lo que para la implementación del sistema fotovoltaico se seleccionan los paneles del fabricante Red Solar.

Tabla 7. Comparación módulos fotovoltaicos.

FABRICANTE	MODELO	POTENCIA (Wp)	TENSIÓN (Vcc)	EFICIENCIA (%)	PRECIO (€)
Artesa	A-260P GSE	260	24	16.01	286
Red Solar	RED260-60P	260	24	18.43	242,65
Amerisolar	AS-6P30	260	24	15.98	243,94
Jinko Solar	JKM260P	260	24	15.89	258,3

En la siguiente tabla se muestran las características del módulo fotovoltaico elegido para la simulación:

Tabla 8. Características modulo seleccionado.

FABRICANTE	Red Solar
MODELO	RED260-60P
POTENCIA MÁXIMA (W)	260
TENSIÓN EN EL PUNTO DE POTENCIA MÁXIMA (V)	30,43
CORRIENTE EN EL PUNTO DE POTENCIA MÁXIMA (A)	8,54
TENSIÓN DE CIRCUITO ABIERTO (V)	37,12
CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO (A)	9,65
EFICIENCIA (%)	18,34
TIPO DE CELULA	Policristalino (156mm x 156mm)
NÚMERO DE CELULAS	60

Las características completas de los módulos seleccionados pueden consultarse en el Anexo 4.

7.2 MINIAEROGENERADORES

Para la selección se han analizado dos aerogeneradores, uno de eje horizontal y otro de eje vertical para establecer cuáles de sus características técnicas y económicas se ajustan más a las necesidades de la instalación. En la siguiente tabla se muestran las características de los dos tipos de aerogeneradores [11]:

Tabla 9. Comparación aerogeneradores.

	AEOLOS HORIZONTAL 5kW	AEOLOS VERTICAL 5kW
POTENCIA NOMINAL (kW)	5	5
MÁXIMA POTENCIA DE SALIDA (kW)	6	6
TENSIÓN DE SALIDA (V)	216	220
ALTURA DEL ROTOR (m)		3,6
DIÁMETRO DEL ROTOR (m)	6,4	3
VELOCIDAD DE ARRANQUE (m/s)	3,5	3
VELOCIDAD NOMINAL (m/s)	10	10
EFICIENCIA (%)	96	96
DIMENSIONES		
RUIDO (dB)	45	<45
RANGO DE TEMPERATURAS (°C)	-20°C A +50°C	-20°C a +50°C
VIDA UTIL (años)	20	20
PRECIO (€)	5540 €	3530€

La diferencia de precio entre un aerogenerador y otro se debe a los sistemas de control que incorpora el aerogenerador horizontal, como el control de Yaw que consiste en un sistema que orienta al aerogenerador en la dirección del viento.

Teniendo en cuenta el aspecto económico se ha decidido elegir el aerogenerador más económico ya que cuentan con características muy similares tanto en potencia como en tensión de salida. Como se ha mencionado en apartados anteriores, los aerogeneradores de eje vertical presentan ciertas ventajas debido a que no necesitan estar orientados en la dirección del viento. Por otra parte, tiene un radio de giro menor por lo que el ruido producido por este cuando se encuentre en funcionamiento será también menor.

La ficha técnica del aerogenerador seleccionado puede verse en el Anexo 5.

7.3 BATERÍAS

La elección de las baterías estacionarias se ha realizado mediante la comparación de baterías, buscadas en el mercado actual, con características similares de capacidad y tensión de salida [12].

Existen diferentes tipos de baterías, pero para su uso en la instalación agropecuaria se ha decidido elegir entre baterías de plomo-acido ya que sus características como su larga vida útil y su adaptación a consumos diarios durante largos períodos de tiempo, se adaptan perfectamente a este tipo de sistemas híbridos como el posible sistema de la instalación del TFG.

En la siguiente tabla se muestran las características de las baterías que se han considerado para la instalación:

Tabla 10. Comparación de baterías de diferentes fabricantes.

FABRICANTE	MODELO	TIPO	CAPACIDAD (Ah)	TENSIÓN (V)	CICLOS *	PRECIO (€)
UPower	UP-GC16	Estacionaria	550	12V (dos de 6V)	1280	700
Tab	5 TOPzS 442	Estacionaria	575	12V (dos de 6V)	1200	976
Rolls	S-480	Estacionaria	480	12V (dos de 6V)	1300	660
TabOpzs	6OPzS 420	Estacionaria	632	12V (seis de 2V)	1700	1240

*Los datos de ciclos son a la misma profundidad de descarga del 60%.

Con los datos de estas se observa que los precios varían dependiendo del fabricante y la capacidad, sin embargo, el dato que más llama la atención es el número de ciclos de la batería para la misma profundidad de descarga. En tres de las baterías el número de ciclos es similar, pero en una es notablemente superior, por lo que, aunque el precio sea el más elevado se ha decidido considerar esta batería para la simulación de la instalación.

A continuación, se muestran las características técnicas de la batería seleccionada:

Tabla 11. Características batería seleccionada.

FABRICANTE	TabOpzs
MODELO	6 Opzs 420
TIPO	Plomo-acido
CAPACIDAD NOMINAL (Ah)	632
TENSIÓN (V)	12
VIDA UTIL (años)	20
TEMPERATURA OPERATIVA (°C)	-20°C a 55°C
CICLOS (a profundidad de descarga del 60%)	1700

La ficha técnica completa de las baterías seleccionadas puede verse en el Anexo 6.

7.4 GENERADOR DIESEL

El grupo electrógeno seleccionado para la realización de este estudio es un generador diésel, ya que estos tienen un menor consumo, se adaptan mejor a trabajos continuados, altas potencias y variaciones de la demanda. Estas características los hace ideales para las necesidades de la instalación estudiada en este TFG.

Teniendo en cuenta todo esto se ha seleccionado un generador diésel con las siguientes características [13]:

Tabla 12. Características generador seleccionado.

FABRICANTE	Pramac
MODELO	GBW22P
POTENCIA NOMINAL DE SALIDA (W)	15820
FRECUENCIA (Hz)	50
TENSIÓN (V)	400
COMBUSTIBLE DEL MOTOR	Diesel

La ficha técnica del generador seleccionado puede verse en el Anexo 7.

7.5 INVERSOR

Debido a que los módulos fotovoltaicos y las baterías trabajan en corriente continua, es necesario, la instalación de un inversor para que el sistema trabaje correctamente, ya que las cargas a abastecer y la red externa son en corriente alterna. El inversor es el encargado de transformar la corriente continua de entrada en corriente alterna y tiene ser capaz de abastecer por completo la demanda de la carga.

Para la simulación se ha seleccionado un inversor cuyas características se muestran en la siguiente tabla [14]:

Tabla 13. Características inversor seleccionado.

FABRICANTE	Fronius
MODELO	Symo 15.0-3-M
MÁXIMA POTENCIA DE ENTRADA (W)	22500
MÁXIMA CORRIENTE DE ENTRADA (A)	51
POTENCIA NOMINAL DE SALIDA (W)	15000
MÁXIMA CORRIENTE DE SALIDA (A)	21,7
FRECUENCIA (Hz)	50
CLASE DE PROTECCIÓN	IP66
COEFICIENTE DE DISTORSIÓN NO LINEAL (%)	1,5

La ficha técnica del inversor seleccionado puede verse en el Anexo 8.

La potencia del inversor seleccionado es superior a la potencia que hay en la instalación, ya que hay cargas en la instalación como los motores que en los momentos de arranque tienen picos de demanda que pueden alcanzar 3 veces la potencia nominal, por ello debemos seleccionar este inversor para que pueda abastecer la totalidad de la demanda de la instalación en todo momento.

7.6 DATOS TÉCNICOS Y ECONÓMICOS DE LOS EQUIPOS

La simulación en HOMER requiere los datos económicos de los diferentes equipos para su correcta caracterización, estos datos son comunes a todos los equipos y son los siguientes:

-Inversión (€): Es la cantidad económica necesaria para la compra e instalación de los equipos seleccionados. Este coste se ha estimado un 50% superior al coste económico de los equipos, para así incluir los costes de instalación de dichos equipos en la industria agropecuaria.

-Reemplazo (€): Consiste en la cantidad económica necesaria para reemplazar un equipo por otro nuevo, ya sea porque ha llegado a el fin de su vida útil o porque se ha estropeado. Este coste es más bajo que el de la inversión ya que en la inversión vienen incluidos los costes asociados a la instalación del elemento (cableados, soportes, conexiónado, etc.). Por lo tanto, corresponde con el valor económico del equipo.

-Costes de operación y mantenimiento (O&M) (€/año): Corresponden a los costes asociados a los cuidados necesarios para que los equipos funcionen en condiciones adecuadas (mantenimientos, limpiezas, revisiones, etc.). Dependiendo del equipo que se trate estos costes varían, ya que sus trabajos de mantenimiento no son los mismos.

-Vida útil (años): Son los años en los que el equipo va a estar trabajando en unas condiciones adecuadas y se corresponde con los años de garantía que nos da el fabricante.

Tabla 14. Datos económicos de los equipos seleccionados por cada unidad.

COMPONENTE	DATOS ECONÓMICOS			
	INVERSIÓN (€)	REEMPLAZO (€)	O&M	VIDA ÚTIL
Módulos fotovoltaicos	364	242,6	18	25
Miniaerogeneradores	5300	3530	1060	20
Baterías	1860	1240	10	20
Generador diésel	4078,51	4078,51	0,50 €/h	20
Convertidor inversor	4755	3170	0	20

8. RESULTADOS DEL ESTUDIO

Una vez realizados los estudios expuestos en apartados anteriores y con el sistema modelado en el programa HOMER, se va a exponer en este apartado los resultados más relevantes.

8.1 ALTERNATIVAS DE ABASTECIMIENTO

Mediante la simulación, HOMER proporciona las diferentes alternativas de abastecimiento para la instalación cuyo resumen se muestra en la tabla 17 indicando el Coste Actual Neto (NPC), el coste de operación, la inversión, el coste de combustible y la carga insatisfecha. Estas soluciones están compuestas por diferentes sistemas de generación representados con los siguientes símbolos:



Conexión a la red eléctrica.

Grupo electrógeno.

Módulos fotovoltaicos.

Baterías electroquímicas.

Inversor.

Todas estas posibles soluciones son capaces de abastecer por completo las necesidades de energía de la industria agropecuaria, ya que, como se observa en la tabla 17, la carga insatisfecha (kWh/año) en todas ellas es cero.

Las soluciones en la tabla están ordenadas según el valor del NPC (Coste Actual Neto), que permite realizar una valoración de las diferentes inversiones. Consiste en el valor actual de todos los costes de un sistema durante el periodo de simulación, que en este caso se establece de 10 años. A partir de este dato, se puede ver las soluciones que económicamente son mejores ya que acarrean menos costes. El NPC calcularse mediante la siguiente fórmula:

$$NPC = \frac{C_{an,tot}}{CRF(i, R_{proyecto})} \quad Ec. 1.$$

donde:

$C_{an,tot}$ = Coste anualizado total (€/año).

$CRF()$ = Factor de recuperación de capital.

i = Tasa de interés (%).

$R_{proyecto}$ = Periodo de simulación (años).

La selección entre estas nueve soluciones requiere de un análisis más profundo, cuyos resultados indican que las tres soluciones más adecuadas son las indicadas con los números 1, 7 y 8. A continuación se indican las razones por las cuales se han seleccionado estas tres alternativas de abastecimiento.

Tabla 15. Resumen de los resultados de la simulación.

TABLA RESUMEN DE RESULTADOS						
Nº	Componentes	NPC (€)	Costo de operación (€)	Inversión (€)	Combustible (€)	Carga insatisfecha (kWh/año)
1		10004	1351,6	0	0	0
2		11803	1043,65	4078,5	0	0
3		15614	1166,66	6979	0	0
4		15875	902,2	9197,5	0	0
5		17274	889,2	10694	0	0
6		17412	858,6	11058	0	0
7		21889,6	3116,9	11755	0	0
8		52092	1440	41434	10151	0
9		69764	6976	18134	38078	0

Entre las soluciones desecharadas, se encuentran las formadas por el abastecimiento mediante la red eléctrica combinados con otros métodos de generación, como puede ser módulos fotovoltaicos o grupos electrógenos, que son las alternativas indicadas con los números 2, 3, 4 5 y 6. En todos estos casos se ha observado que el abastecimiento de la industria agropecuaria se realiza casi por completo desde la red y el resto de los sistemas de generación aportan poca o ninguna energía a lo largo del año, por lo tanto la adquisición de estos equipos de generación adicional implica un coste de inversión añadido que no aporta beneficios, por lo que resulta una mala decisión. Un ejemplo de esta situación se muestra en la figura 18, que representa el promedio mensual de producción eléctrica para la solución número 2, en color naranja para la energía abastecida desde la red y en color marrón la que proviene del generador diésel. Como puede observarse, el abastecimiento eléctrico se realiza por completo desde la red. Esto es debido a que, con el actual precio de la energía (0.11369 €/kWh), resulta más económico el abastecimiento desde la red que realizarlo mediante el grupo electrógeno. Lo mismo pasa con las alternativas número 3, 4, 5 y 6.

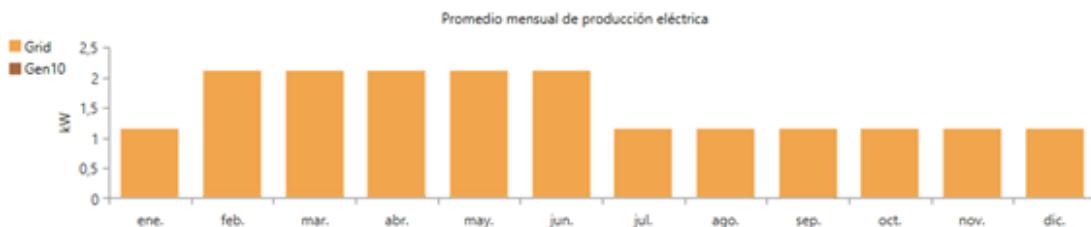


Ilustración 20. Producción eléctrica por componente en la alternativa 2.

Otra de las opciones que se ha desestimado es la número 9. Esta opción se ha desecharado debido a que los costes económicos se elevan notablemente debido al elevado consumo de combustible por lo que existen opciones económicamente mejores que aprovechan los recursos disponibles en el emplazamiento.

Por otro lado, en la tabla 15 no aparece ninguna alternativa en la que aparezca la generación minieólica, ya que el recurso eólico en el emplazamiento es insuficiente y su aporte a la generación es mínimo. Además, los costes de operación y mantenimiento son mucho más elevados que en los demás equipos. Podemos observar en las siguientes figuras que la producción eólica (en color verde) es mínima, tanto en la alternativa formada por conexión a red más minieólica como en la formada por fotovoltaica, eólica y generador diésel:

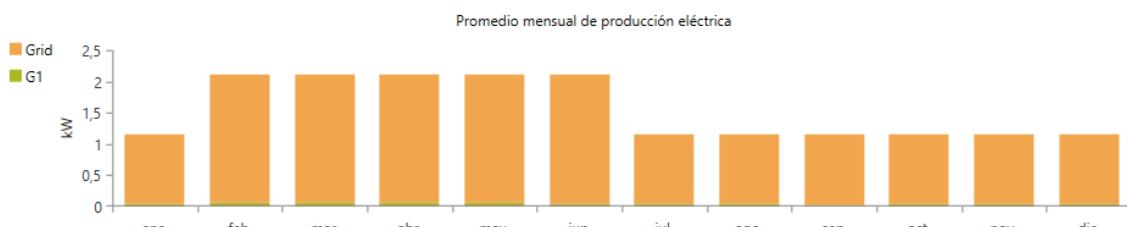


Ilustración 21. Producción eléctrica por componente en la alternativa conexión a red + minieólica.

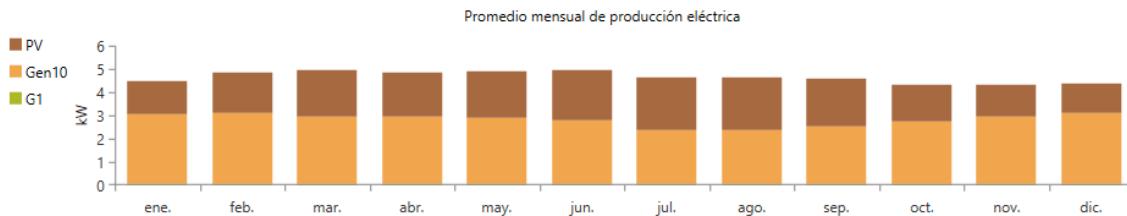


Ilustración 22. Producción eléctrica por componente en la alternativa FV+diesel+minieólica.

Teniendo en cuenta estos resultados, las posibles soluciones de abastecimiento de energía eléctrica para la instalación agropecuaria analizada son las sombreadas en azul en la tabla 15, que son:

- Abastecimiento eléctrico mediante la conexión a la red eléctrica (en la tabla se muestra la opción que no necesita construcción de extensión de red).
- Abastecimiento eléctrico mediante un sistema aislado compuesto por un generador diésel de 15,8 kW, módulos fotovoltaicos con una potencia total de 10 kW y 10 baterías estacionarias de capacidad nominal 632 Ah.
- Abastecimiento eléctrico mediante la combinación de la conexión a la red eléctrica y módulos fotovoltaicos con una potencia total de 5 kW.

Para completar el análisis de viabilidad de estos sistemas y comprobar el comportamiento de estas tres alternativas en caso de que cambie el escenario actual, se realiza un estudio de sensibilidad. Mediante este estudio se comprobará la validez de estas soluciones en función de la variación de dos parámetros: el precio de la energía y los metros de extensión de red necesarios para realizar esta conexión, ya que en el momento de la realización de este TFG este no era un dato conocido.

8.2 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Como se ha comentado anteriormente las opciones que se han considerado más adecuadas para el abastecimiento de energía de la instalación se van a analizar en este apartado mediante un análisis de sensibilidad.

El análisis de sensibilidad consiste en un estudio enfocado en determinar la opción de abastecimiento más favorable para la instalación, analizando la influencia de la variación de dos parámetros. Así, dependiendo de los valores que tomen estas variables, el sistema de abastecimiento más adecuado, desde el punto de vista económico, será uno u otro. Resulta un punto crucial en el proyecto debido a que se determinan los límites de rentabilidad de las opciones que vamos a considerar y dependiendo de las circunstancias del punto de emplazamiento decidir la opción más correcta de abastecimiento eléctrico.

En este estudio de sensibilidad se han considerado como variables el precio de la energía y la longitud de extensión de red necesaria a instalar para la conexión a la red. Como se comentaba en el apartado 2.4, se va tener en cuenta la necesidad de construcción de extensión de red desde el centro de transformación más cercano. Los valores que pueden tomar las variables de sensibilidad van desde 0 km hasta 2 km de extensión de red y en cuanto al precio de la energía valores desde 0.05 €/kWh hasta 0.50 €/kWh.

En la siguiente ilustración se muestra un gráfico con los resultados de este estudio en el que se pueden observar que, dependiendo de los valores que tomen estos parámetros, el tipo de sistema más favorable para la instalación puede ser uno u otro.

Se puede observar que con el actual precio de la energía 0.11369 €/kWh y sin la necesidad de extensión de red la mejor solución es el abastecimiento mediante la red eléctrica. Es a partir de aproximadamente 680 metros de construcción de extensión de red donde esta opción deja de ser rentable, la opción de abastecimiento mediante el sistema aislado de red pasa a ser la opción más interesante. Esto sucede porque los costes de construcción de la extensión de red hacen que la inversión económica sea mayor que la de la opción del sistema aislado y por lo tanto deja de ser rentable la opción de conexión a la red eléctrica, también podemos observar que a medida que aumenta el precio de la energía el modo de abastecimiento de energía eléctrica mediante la red es cada vez menos rentable.

Lo mismo sucede cuando los costes de la energía son más elevados que los que actualmente tenemos, si la energía aumenta el coste hasta 0.34 €/kWh la opción de conexión a la red eléctrica deja de ser rentable para dar paso a un sistema compuesto por módulos fotovoltaicos y conexión a la red eléctrica.

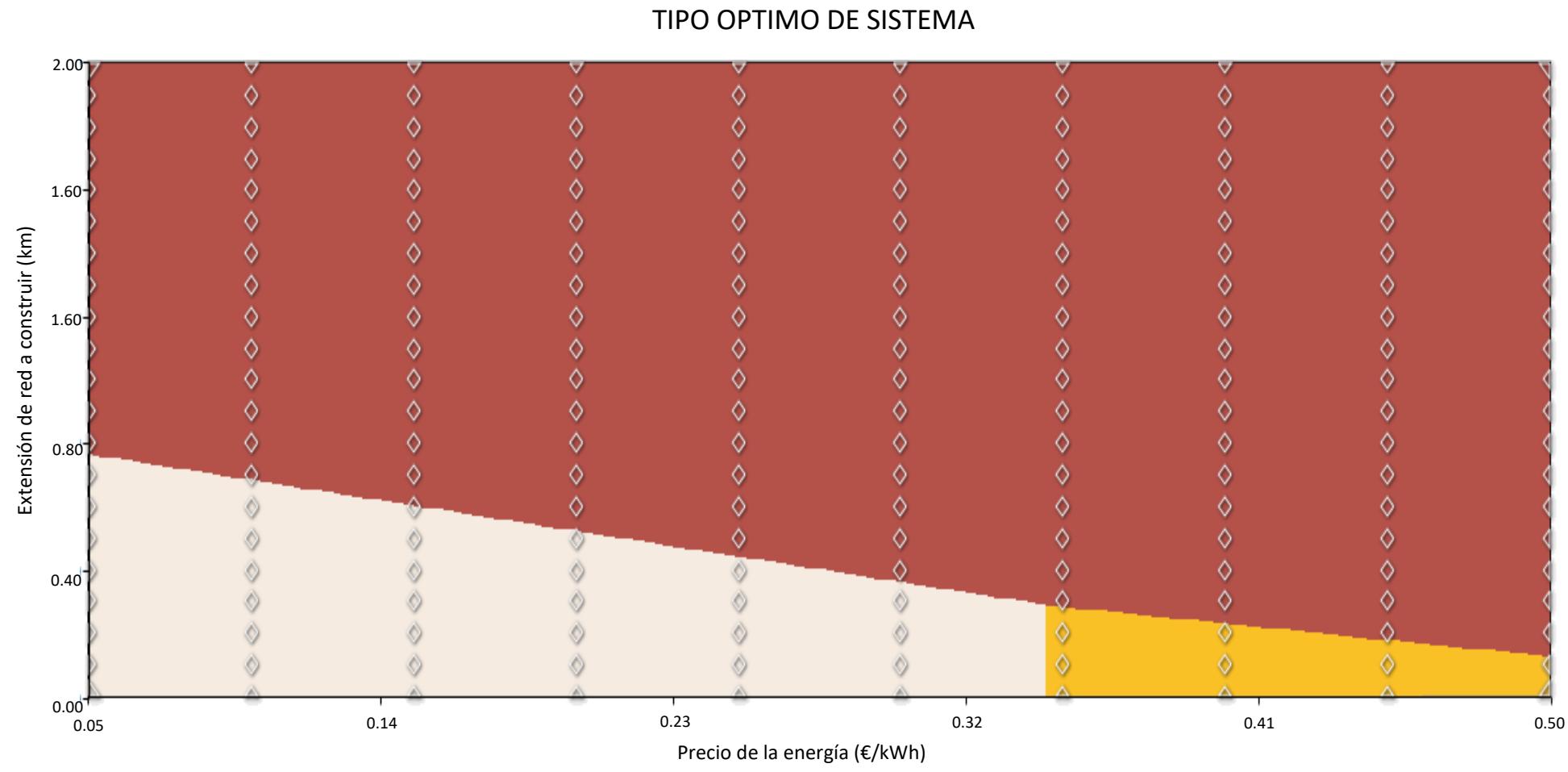


Ilustración 23. Gráfico de tipo óptimo de sistema de abastecimiento eléctrico.

- █ Abastecimiento eléctrico mediante una combinación de generador diésel (15,8 kW), módulos fotovoltaicos (10 kW) y 10 baterías estacionarias (632Ah).
- █ Abastecimiento eléctrico mediante combinación de conexión a la red y módulos fotovoltaicos (5 kW).
- █ Abastecimiento eléctrico mediante conexión a la red eléctrica

8.3 CONCLUSIONES

El objetivo principal de este TFG es obtener el sistema de abastecimiento de energía eléctrica óptimo para una industria agropecuaria dedicada a la elaboración de quesos y el cuidado del ganado ovino.

Con este fin, se ha realizado un estudio de viabilidad con HOMER, el cual permite modelar, simular y analizar diferentes opciones de abastecimiento basándose en la demanda y su variación, los recursos renovables en el emplazamiento y las características de los sistemas de generación considerados. Para la elaboración de este estudio ha sido necesario realizar los siguientes pasos:

- Se ha analizado el consumo energético de la industria considerando las diferentes cargas del sistema y su uso a lo largo del día y del año. De esta forma se han obtenido dos perfiles de demanda de esta industria, dependiendo si corresponde a un mes con producción de quesos o no. Estos datos se han introducido para la simulación del sistema en el programa HOMER.
- Se han definido las diferentes posibilidades de abastecimiento de la instalación junto con los equipos necesarios para ello. Se ha considerado el abastecimiento mediante conexión a red, mediante un sistema aislado o una combinación de ambos. Así mismo, se han tenido en cuenta sistemas de generación tales como grupo electrógeno, miniaerogeneradores y módulos fotovoltaicos junto con sistemas de almacenamiento electroquímico.
- Se ha modelado y simulado el sistema completo en HOMER teniendo en cuenta los datos obtenidos en los puntos anteriores e incluyendo los recursos renovables del punto de emplazamiento.
- Se han analizado los resultados obtenidos con el fin de seleccionar entre las diferentes posibilidades de abastecimiento que el programa proporciona como resultado. Se ha realizado además un análisis de sensibilidad para asegurar que la solución adoptada siga siendo adecuada aun cuando las condiciones del coste de la energía o la longitud necesaria para la extensión de red cambien.

Tras la realización de lo mencionado anteriormente se seleccionan tres opciones de abastecimiento eléctrico para la industria agropecuaria, estas opciones son:

1. Conexión a la red eléctrica: es la opción más económica, que será la óptima en el caso de que la extensión de red necesaria tenga una longitud menor de 680 metros, en el caso de que el coste de la energía sea igual a 0.11369 €/kWh. En caso de que el coste de la energía sea diferente será necesario valorar la mejor opción según la Ilustración 22.
2. Abastecimiento mediante la conexión a la red eléctrica y un conjunto de paneles fotovoltaicos con una potencia total de 5kW: Esta opción será la más adecuada para la instalación analizada en caso de que el precio de la energía supere los 0.34 €/kWh y la extensión de red a construir sea inferior a 300 metros aproximadamente, como podemos observar en la Ilustración 22.
3. Abastecimiento eléctrico mediante un sistema aislado compuesto por un generador diésel de 15,8 kW, módulos fotovoltaicos con una potencia total de 10 kW y 10 baterías estacionarias de 632 Ah de capacidad nominal: Es la opción a considerar en caso de que la longitud de la extensión de red sea superior a 680 m y el precio de la energía sea el actual 0.11369 €/kWh. Si el precio de la energía sea superior a este

valor, la longitud de la extensión de red a partir de la cual esta opción es la más adecuada se reduce considerablemente como se observa en la Ilustración 22.

De estas tres opciones la seleccionada para la instalación estudiada será la 1 o la 3 dependiendo de la longitud de la extensión de red necesaria.

REFERENCIAS

- [1] HOMER ENERGY, disponible en <http://homerenergy.com/>.
- [2] Soluciones en energías renovables para el hogar y la industria, disponibles en: <http://www.energiasinteligentes.com/soluciones/hogar-industria>
- [3] Daniel Santamaria Cabodevilla, “Instalación eléctrica mediante energías renovables en una quesería de DO Idiazabal aislada de red en Salvatierra”.
- [4] Datos estadísticos de la generación de energía eléctrica en España, disponible en: <http://www.ree.es>.
- [5] Apuntes de la asignatura “Instalaciones de producción eléctrica con energías renovables” (2016-2017).
- [6] Datos climatológicos e irradiancias, disponibles en: <http://www.aemet.es> y <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>
- [7] Datos de velocidades de viento, disponibles en: <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/sse.cgi?skip@larc.nasa.gov>, <http://atlaseolico.idae.es/meteosim/>
- [8] Precio del petróleo, disponibles en: <http://www.datosmacro.com/materias-primas/opec>
- [9] Norma técnica de instalaciones de baja tensión de la empresa distribuidora, disponible en: http://www.f2i2.net/documentos/lsi/nce/iberdrola/mt_2.03.20_8_sep13.pdf
<https://www.iberdroladistribucion.es/distribucion-electrica/conexion-consumidores/informacion-general>
- [10] Catalogo módulos fotovoltaicos, disponibles en: <http://www.energiasrenovablesinfo.com/solar/tipos-paneles-fotovoltaicos/>
- [11] Catalogo miniaerogeneradores, disponibles en: <http://www.windturbinestar.com/>
- [12] Catalogo baterías, disponibles en: <http://tecnosolab.com/baterias-para-energia-solar-tipos/>, <https://autosolar.es/baterias-estacionarias-12v>
- [13] Catalogo grupo eléctrico, disponible en: <http://www.pramac.com/>
- [14] Catalogo inversor, disponibles en: <https://www.fronius.com/en/about-fronius/our-values>
- [15] Apuntes asignatura “Oficina de proyectos” (2016-2017).
- [16] Apuntes de la asignatura “Instalaciones eléctricas en Baja Tensión” (2015-2016).
- [17] Apuntes de la asignatura “Organización y dirección de empresas” (2014-2015).
- [18] Autoconsumo eléctrico, disponible en : <http://es.krannich-solar.eu/2016/01/13/autoconsumo-electrico-cargos-fijos-potencia/>
<https://www.boe.es/boe/dias/2015/10/10/pdfs/BOE-A-2015-10927.pdf>
- [19] Precio electricidad a tiempo real, disponible en: <https://www.endesaclientes.com/precio-luz-pvpc.html>

ANEXOS

ANEXO 1. Cálculo de la demanda de la instalación

En este anexo se va a exponer los cálculos de consumos energéticos que se producen necesarios para caracterizar la instalación y realizar las posteriores simulaciones en el programa HOMER, a partir de ellos se elaboraran las curvas de consumo correspondientes a el apartado 5.

Como se ha comentado anteriormente, los dos tipos de consumos que se dan en la industria se deben a el periodo del año, estos corresponden a el consumo en los meses sin producción y el consumo en los meses con producción.

Los cálculos de energía se han realizado de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$Energia(Wh) = \int_{Ton}^{Toff} Potencia(t) dt \quad Ec. 2$$

-Consumo en los meses sin producción:

Corresponde a los meses de enero, julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre, diciembre.

Durante estos meses el número de cargas que se encuentran activas es menor que en los meses de producción debido a que los procesos de producción de leche y queso no se realizan.

A continuación, se muestra una tabla en la que se observa las cargas activas a lo largo del día.

Tabla 16. Ilustración de cargas activas a lo largo del día

CARGAS	POTENCIA (W)	TIEMPO (min/hora)	HORAS																							
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Iluminación granja	1000	60																								
Iluminación quesería	500	0																								
Tanque de refrigeración	1000	0																								
Bomba de vacío	3000	0																								
Cinta de alimentación	1500	60																								
Camara de refrigeración	2650	20																								
Bomba de transporte	1100	0																								
Cuba de cuajado	1100	0																								
Motor frío salmuera	400	0																								
Envasadora	150	0																								

 Carga activa
 Carga no activa

Los datos de consumos en los meses sin producción necesarios para la caracterización de la instalación son:

- Máximo pico de potencia demandada = 5150 W.
- Energía total consumida = 26200 Wh.

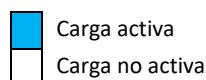
-Consumo en los meses con producción:

Corresponden a los meses de febrero, marzo, abril, mayo y junio.

En estos meses el número de cargas que se encuentran activas son mayores debido a que la actividad en la industria es mucho mayor, ya que los procesos de ordeño y producción de quesos se realizan en esta época. A continuación, se muestra una tabla en la que se observa las cargas activas a lo largo del día.

Tabla 17. Distribución cargas activas a lo largo del día

CARGAS	POTENCIA (W)	TIEMPO (min/hora)	HORAS																							
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Iluminación granja	1000	60																								
Iluminación quesería	500	60																								
Tanque de refrigeración	1000	5																								
Bomba de vacío	3000	60																								
Cinta de alimentación	1500	60																								
Camara de refrigeración	2650	20																								
Bomba de transporte	1100	30																								
Cuba de cuajado	1100	60																								
Motor frío salmuera	400	2,5																								
Envasadora	150	60																								



Los datos de consumos en los meses con producción necesarios para la caracterización de la instalación son:

- Máximo pico de potencia demandada = 8050 W.
- Energía total consumida = 52200 Wh.

ANEXO 2. Presupuesto de la extensión de red

En este apartado se va a mostrar el presupuesto de la extensión de un metro de red, el cual es un dato necesario para la realización del estudio de sensibilidad.

PRESUPUESTO

Cuadro de mano de obra				
Nº	Designación	Importe		
		Precio (Euros)	Cantidad (Horas)	Total (Euros)
1	Peón ordinario	10,240	0,600 h.	6,14
2	Oficial 1º Electricista	11,440	0,200 h.	2,29
3	Oficial 2º Electricista	11,150	0,200 h.	2,23
			Importe total:	10,66

Cuadro de materiales				
Nº	Designación	Importe		
		Precio (Euros)	Cantidad Empleada	Total (Euros)
1	Pequeño material	0,710	1,000 ud	0,71
2	Cond. aisl. 0,6-1kV 4x50 Al	10,24	1,000 m.	10,24
3	Tubo rígido PVC D=110 mm.	1,650	1,000 m.	1,65
			Importe total:	12,6

Cuadro de maquinaria				
Nº	Designación	Importe		
		Precio (Euros)	Cantidad	Total (Euros)
1	Retrocargadora neum. 75 CV	32,150	0,150 h.	4,82
2	Retro-pala con martillo rompedor	38,580	0,300 h.	11,57
			Importe total:	16,39

Cuadro de Precios Descompuestos

Nº Código	Ud.	Descripción			Total
1					
1.1 E15RC040	m.	Línea repartidora, formada por cable de aluminio de 4x50 mm ² , con aislamiento XLPE de 0,6 /1 kV, en montaje subterráneo bajo tubo de fibrocemento de D=100 mm. Totalmente instalada, incluyendo conexiónado.			
	O01OB200	0,200 h.	Oficial 1 ^{er} Electricista	11.440	2,29
	O01OB210	0,200 h.	Oficial 2 ^{er} Electricista	11.150	2,23
	P15AF080	1,000 m.	Tubo rígido PVC D=110 mm.	1.650	1,65
	P15AE120	1,000 m.	Cond.aisla. 0,6-1kV 4x50 Al	10.240	10,24
	P01DW090	1,000 ud	Pequeño material	0,710	0,71
		3,000 %	Costes indirectos	28.520	0,86
	Precio total por m.				17,98
	Son diecisiete Euros con noventa y ocho céntimos				
1.2 E02EZM040	m3	Excavación en zanjas, en terrenos duros, con martillo rompedor, con extracción de tierras a los bordes, sin carga ni transporte al vertedero y con p.p. de medios auxiliares.			
	O01OA070	0,600 h.	Peón ordinario	10.240	6,14
	M05RN060	0,300 h.	Retro-pala con martillo rompedor	38.580	11,57
	M05RN020	0,150 h.	Retrocargadora neum. 75 CV	32.150	4,82
		3,000 %	Costes indirectos	22.530	0,68
	Precio total por m3				23,21
	Son veintitrés Euros con veintiún céntimos				

Cuadro de precios Nº 1

Nº	Designación	Importe	
		En cifra (Euros)	En letra (Euros)
1.1	1 m. Línea repartidora, formada por cable de aluminio de 4x50 mm ² , con aislamiento XLPE de 0,6 /1 KV, en montaje subterráneo bajo tubo de fibrocemento de D=100 mm. Totalmente instalada, incluyendo conexionado.	17,98	DIECISIETE EUROS CON NOVENTA Y OCHO CENTIMOS
1.2	m ³ Excavación en zanjas, en terrenos duros, con martillo rompedor, con extracción de tierras a los bordes, sin carga ni transporte al vertedero y con p.p. de medios auxiliares.	23,21	VEINTITRÉS EUROS CON VEINTIUN CENTIMOS

Cuadro de precios Nº 2

Nº	Designación	Importe	
		Parcial (Euros)	Total (Euros)
1.1	<p>1</p> <p>m. Línea repartidora, formada por cable de aluminio de 4x50 mm², con aislamiento XLPE de 0,6 /1 kV, en montaje subterráneo bajo tubo de fibrocemento de D=100 mm. Totalmente instalada, incluyendo conexionado.</p> <p>Mano de obra Materiales 3 % Costes indirectos</p>		
1.2	<p>m3 Excavación en zanjas, en terrenos duros, con martillo rompedor, con extracción de tierras a los bordes, sin carga ni transporte al vertedero y con p.p. de medios auxiliares.</p> <p>Mano de obra Maquinaria 3 % Costes indirectos</p>	4,52 12,60 0,86 6,14 16,39 0,68	17,98 23,21

PRESUPUESTO PARCIAL N° 1							
Nº	DESCRIPCION	UDS.	LARGO	ANCHO	ALTO CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
1.1	M. Línea repartidora, formada por cable de aluminio de 4x50 mm ² , con aislamiento XLPE de 0,6 /1 kV, en montaje subterráneo bajo tubo de fibrocemento de D=100 mm. Totalmente instalada, incluyendo conexionado.				1,000	17,98	17,98
1.2	M3. Excavación en zanjas, en terrenos duros, con martillo rompedor, con extracción de tierras a los bordes, sin carga ni transporte al vertedero y con p.p. de medios auxiliares.				1,000	23,21	23,21

Total, presupuesto parcial N° 1 ... 41,19

PRESUPUESTO INSTALACION ACOMETIDA

RESUMEN POR CAPITULOS

CAPITULO	41,19
REDONDEO.....	
PRESUPUESTO DE EJECUCION MATERIAL...	41,19

EL PRESUPUESTO DE EJECUCION MATERIAL ASCIENDE A LAS EXPRESADAS CUARENTA Y UN EUROS CON DIEZINUEVE CÉNTIMOS.

Proyecto: Presupuesto instalación acometida

Capítulo	Importe
Capítulo 1	41,19
Presupuesto de ejecución material	41,19
13% de gastos generales	6,84
6% de beneficio industrial	3,16
Suma	51,19
21% IVA	10,75
Presupuesto de ejecución por contrata	61,94

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de SESENTA Y UN EUROS CON NOVENTA Y CUATRO CENTIMOS.

ANEXO 3. Cálculo de la sección de extensión de red a instalar

En este anexo vamos a calcular la sección de extensión de red a instalar en el caso que fuera necesario. Como se puede ver en el punto 3.4 de la memoria, la instalación de extensión de red se realizaría de acuerdo con la instrucción técnica ITC-BT-07 y siguiendo las pautas que marca la norma técnica de instalaciones de baja tensión de la empresa distribuidora de energía Iberdrola.

En la norma técnica de la empresa suministradora nos establece las siguientes pautas:

- Conductores unipolares, aislamiento XLPE.
- Tensión nominal 0,6/1 kV.
- Naturaleza de los conductores de fase y neutro: Aluminio.
- Sección de conductores de fase: 50, 95, 150 ó 240 mm².
- Sección de conductores de neutro: 50, 95 ó 150 mm².

Teniendo en cuenta estos aspectos vamos a calcular la sección de conductores necesaria:

Tabla 18. Tabla de potencias e intensidades.

Niveles de tensión = 230/400 V

	Pelectrica(W)	Tipo	f.d.p	P (W)	Q(Var)	S(VA)	I(A)
Iluminación Granja	1000	Monofásica	1	1000	0	1000	7,83
Iluminación Ques.	500	Monofásica	1	500	0	500	3,91
Tanque Ref.	1000	Monofásica	0,8	1000	750	1250	5,43
Bomba Vacío	3000	Trifásica	0,8	3000	2250	3750	6,79
Cinta Alim.	1500	Monofásica	0,8	1500	1125	1875	8,15
Cámara Ref.	2650	Monofásica	0,8	2650	1987,5	3312,5	14,40
Bomba Transp.	1100	Trifásica	0,8	1100	825	1375	2,49
Cuba Cuajado	1100	Monofásica	0,8	1100	825	1375	5,98
Motor Salmuera	400	Trifásica	0,8	400	300	500	0,91
Envasadora	150	Monofásica	0,8	150	112,5	187,5	0,82

Intensidad por acometida (A) 25.89

Con este dato de intensidad vamos a la tabla número 4 de la ITC-BT-07, que corresponde a las intensidades máximas admisibles para conductores de aluminio en instalación enterrada y obtenemos la sección:

Tabla 19. Tabla de secciones de ITC-BT-07.

SECCIÓN NOMINAL mm ²	Terna de cables unipolares (1) (2)		1cable tripolar o tetrapolar (3)		
	  		 		
	TIPO DE AISLAMIENTO				
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR
16	97	94	86	90	86
25	125	120	110	115	110
35	150	145	130	140	135
50	180	175	155	165	160
70	220	215	190	205	220
95	260	255	225	240	235
120	295	290	260	275	270
150	330	325	290	310	305
185	375	365	325	350	345
240	430	420	380	405	395
300	485	475	430	460	445
400	550	540	480	520	500
500	615	605	525	-	-
630	690	680	600	-	-

En este caso entrando por la sección de cables unipolares con aislamiento XLPE la primera sección con que nos encontramos sería la de 16mm² que tiene una intensidad máxima admisible de 97 A, superior a los 25,89 A que circularían por la acometida de nuestra instalación, por lo tanto, la sección de 4x16 mm² es más que suficiente. Sin embargo, la norma técnica de la empresa suministradora nos indica que habrá que instalar una sección de 50, 95, 150 ó 240 mm². En consecuencia, la sección definitiva que tendríamos que instalar sería la de 4x50 mm².

Las ecuaciones usadas para realizar los cálculos son:

$$P = \sqrt{3} \times V_L \times I_L \times \cos \theta \quad Ec. 3.$$

$$P = 3 \times V_F \times I_F \times \cos \theta \quad Ec. 4.$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad Ec. 5.$$

$$Q = P \times \tan \theta \quad Ec. 6.$$

ANEXO 4. Ficha técnica de los módulos fotovoltaicos seleccionados



Panel solar policristalino RED260-60P con 60 células de alto rendimiento

- Alta eficiencia, cuádruple busbar
- Apariencia en negro "full black"
- Calidad de fabricación y certificación

La gama de paneles solares más completa en calidad, tecnologías y rendimiento

La gama de paneles solares de RED SOLAR de tecnología monocristalina y policristalina cuentan con una alta eficiencia y calidad de fabricación.

Seguimos aumentando la eficiencia

La tecnología de fabricación de RED SOLAR vuelve a superarse y consigue una eficiencia de hasta el 18,34% de célula (según modelo) superando la eficiencia de la gama anterior, y su cuádruple busbar reduce las pérdidas de potencia.

Paneles con clase, apariencia "full black"

Tanto las células como el marco y la hoja tedlar por ambas caras de los paneles son de color negro, dándole una presencia visual ideal en instalaciones, integraciones y todo tipo de proyectos.

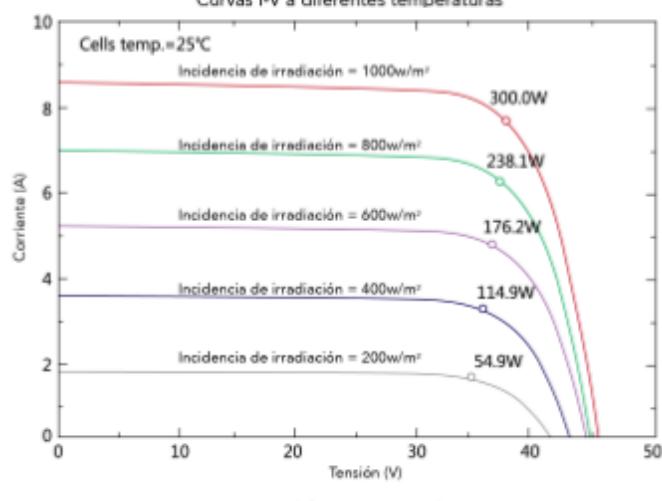
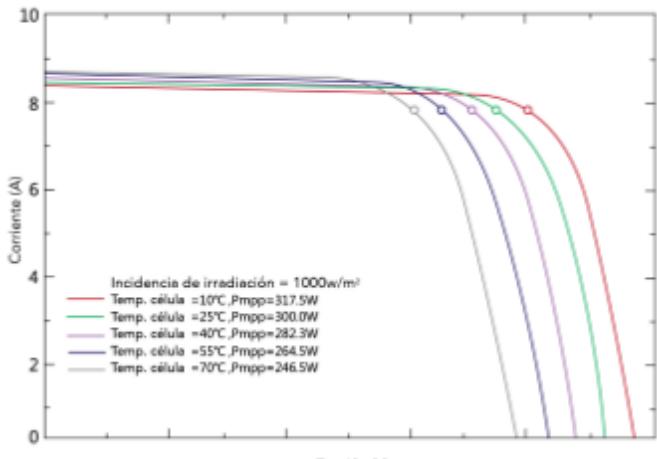
Características destacadas

- Células solares de alta eficiencia con cristal texturizado.
- Diodo de bypass para minimizar las pérdidas por sombras. Vidrio templado con encapsulado EVA y película de protección frente al medio ambiente, con marco de aluminio anodizado en negro.
- Cumple las certificaciones internacionales (CE, TÜV) y está incluido en el programa PV Cycle.

Garantías

- 10 años por defecto de fabricación
- 10 años el 90% de la salida de potencia mínima garantizada
- 25 años el 80% de la salida de potencia mínima garantizada





Especificaciones

Modelo	RED260-60P
Potencia máxima (P_{max})	260W
Tensión de potencia máxima (V_{mp})	30,43V
Tensión de corriente máxima (I_{mp})	8,54A
Tensión de circuito abierto (V_{oc})	37,12V
Corriente de cortocircuito (I_{sc})	9,65A
Eficiencia de célula (%)	18,34%
Máxima tensión del sistema (V)	DC 1000V
Coef. de temp. I_{sc} (%/°C)	0,045%/°C
Coef. de temp. V_{oc} (%/°C)	-0,34%/°C
Coef. de temp. P_{max} (%/°C)	-0,47%/°C
Temperatura nominal de funcionamiento de célula	45±2°C
Tolerancia	±3%
Tipo de célula (mm)	Policristalino (156mmx156mm)
Nº de células	60
Tipo de conectores	MC4
Peso (kg)	18
Dimensiones (mm)	1640x992x40

Ficha técnica testeada según STC, STC:AM 1.5,1000W/m², 25°C.

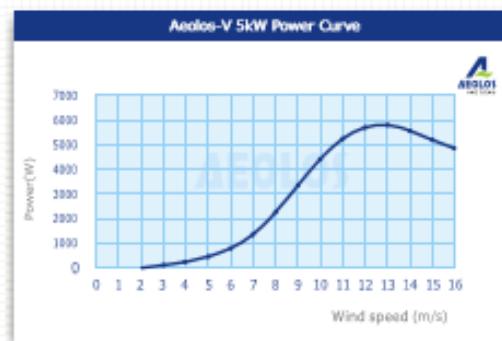


ANEXO 5. Ficha técnica del aerogenerador seleccionado



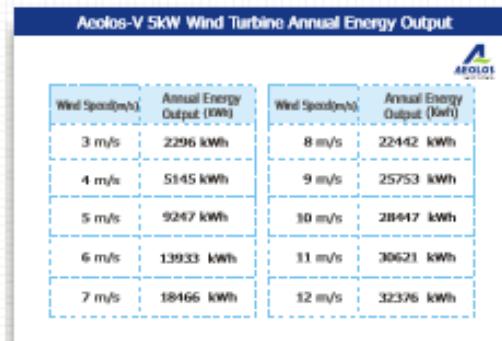
Specification

Generator Type:	Three Phase
	Permanent Magnet
Rotor Height:	4.8 m (15.7 ft)
Rotor Width:	4.5 m (14.8 ft)
Turbine Weight:	500 kg (1102.3 lbs)
Blade Material:	Aluminum Alloy
Blade Quantity:	3 pcs
Working Temperature:	-20 °C to 50 °C
Design Lifetime:	20 years



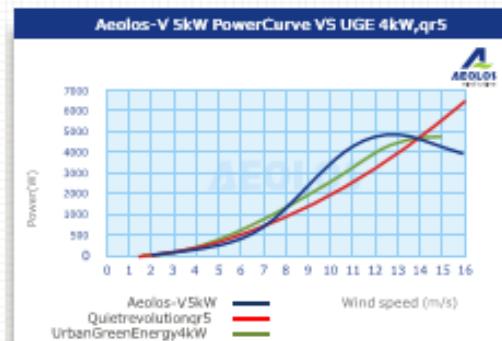
Performance

Rated Power:	5000 W
Max Output Power:	6000 W
Cut In Wind Speed:	2.5 m/s (5.6 mph)
Rated Wind Speed:	11 m/s (24.6 mph)
Survival Wind Speed:	52.5 m/s (117.4 mph)
Generator Efficiency:	96%
Noise Level:	< 45 dB(A)
Warranty:	5 years



Safety

Blades RPM Limitation:	150 RPM
PWM Dump Load:	7.5kW Box
Mechanical Brake:	Auto/Manual



Optional

Remote Monitoring System (Internet/Wireless)	
Auto Hydraulic Brake System (Unattended Site)	
Off Grid :	48/96 V
Grid Tied :	360 V



ANEXO 6. Ficha técnica de las baterías seleccionadas

TAB OPzS

LAS BATERÍAS TAB OPZS SE FABRICAN CON LA TECNOLOGÍA CONVENCIONAL DE PLOMO-ÁCIDO.

Las baterías estacionarias del tipo OPzS están destinadas al suministro de Instalaciones de Energía Solar Fotovoltaica, Telecomunicaciones, Ordenadores, Iluminación de emergencia, Sistemas de alarmas, Sistemas de control y vigilancia en plantas de energía y estaciones eléctricas estaciones de tren, aeropuertos, etc...



Las baterías estacionarias del tipo OPzS se fabrican según norma DIN 40736, EN 60896, EN 61427 y IEC 896-1 y sus reglamentos.

OPzS elemento Monoblock

DISEÑO

ELECTRODO POSITIVO

- » Placa Tubular con baja aleación de antimónio (<2%)

ELECTRODO NEGATIVO

- » Placa plana con expansor de larga duración

SEPARACIÓN

- » Separador microporoso

ELECTRÓLITO

- » Ácido sulfúrico peso específico de 1,24 g/cm³

RECIPIENTE

- » Alta resistencia a impactos, material transparente SAN

TAPA

- » ABS (SAN) * en color gris dependiendo del modelo

ELEMENTOS CON CELDAS CIEGAS

- » 4V, 6V, 8V, 10V

TAPONES

- » Tapones cerámicos según norma DIN 40740

POLOS SELLADOS

- » 100% hermético. Evita fugas de gas y electrolito

CONECTOR

- » Cable de cobre aislado flexible con sección transversal de 35, 50, 70, 95 o 120 mm² (35, 50 o 70 mm²) *

TIPO DE PROTECCIÓN

- » IP 25 respecto a la norma DIN 40050, contacto protegido según VBG4

CARGA

IU - CARACTERÍSTICAS

- » I_{max} sin límite

CARGA DE FLOTACIÓN

- » U = 2,23 V / celda ± 1%, entre 10°C y 30°C
- » $\Delta U / \Delta T = -0,004 \text{ V/K}$ por debajo de 10°C de promedio mensual

CARGA INICIAL

- » U = 2,35 a 2,40 V / celda, tiempo limitado

CARACTERÍSTICAS DE DESCARGA

TEMPERATURA DE REFERENCIA

- » 20°C en el C10 (1,80 V / celda)

- » y 25°C en C100 (1,85 V / celda)

CAPACIDAD INICIAL

- » 100 %

INTENSIDAD DE DESCARGA

- » Normalmente hasta el 80%

- » Más del 80% POD o descargas más allá de las tensiones de descarga final (independientes de la corriente de descarga) tienen que ser evitadas

DATOS OPERATIVOS

VIDA ÚTIL

- » Hasta 20 años (18 años) * a 20°C

INTERVALO ENTRE RELLENO DE AGUA

- » Más de 2 años a 20°C

CICLOS IEC 896-1

- » 1500 (1200)*

AUTODESCARGA

- » Aprox. 2% meses a 20°C

TEMPERATURA OPERATIVA

- » -20°C a 55°C, 10°C a 30°C

REQUISITOS DE VENTILACIÓN

- » F1 = 0,5 (aleación de bajo antimonio) según

NORMATIVA EN 50272-2

MEDIDAS DE CONFORMIDAD CON

- » DIN 40 737 parte 1

PRUEBAS DE CONFORMIDAD

- » IEC 896-1

NORMAS DE SEGURIDAD

- » VDE 0510 parte 2 y EN 50272-2

TRANSPORTE

- » Estas mercancías NO SE CONSIDERAN MERCANCIAS PELIGROSAS durante el transporte por carretera

Número de ciclos: 1.500 (IEC 896-1)

TIPO DE CELDA	VOLTAGE (V)	LxWxH (mm)	PESO (kg)	C10 (AH) UF=1,80V at 20 °C	C100 (AH) UF=1,85V at 25 °C
BLOQUES					
12V 1 OPzS 50	12	272x205x392	26/39	51	73
12V 2 OPzS 100	12	272x205x392	38/50	103	146
12V 3 OPzS 150	12	380x205x392	53/69	154	218
6V 4 OPzS 200	6	272x205x392	36/47	204	291
6V 5 OPzS 250	6	380x205x392	44/61	255	364
6V 6 OPzS 300	6	380x205x392	52/68	307	437
CELDAS					
2 OPzS 100	2	103x206x420	8,7/13,7	109	151
3 OPzS 150	2	103x206x420	11/16	158	226
4 OPzS 200	2	103x206x420	13/18	212	301
5 OPzS 250	2	124x206x420	16/22	264	376
6 OPzS 300	2	145x206x420	18/26	317	452
5 OPzS 350	2	124x206x536	20/29	385	527
6 OPzS 420	2	145x206x536	24/34	465	632
7 OPzS 490	2	166x206x536	28/39	540	737
6 OPzS 600	2	145x206x711	35/50	654	903
8 OPzS 800	2	210x191x711	46/65	868	1204
10 OPzS 1000	2	210x233x711	57/80	1090	1510
12 OPzS 1200	2	210x275x711	66/93	1304	1810
12 OPzS 1500	2	210x275x861	88/119	1659	2260
16 OPzS 2000	2	212x397x837	115/160	2200	3010
20 OPzS 2500	2	212x487x837	145/200	2751	3760
24 OPzS 3000	2	212x576x837	170/240	3298	4520

La densidad del ácido en una celda con carga eléctrica es $1,24 \pm 0,3 \text{ kg / l a } 293 \text{ °K (20°C).}$
Los ciclos no deben superar el 80% de la capacidad nominal. Una descarga profunda puede reducir el tiempo de vida de la batería.

MANTENIMIENTO

CADA 6 MESES

- » Revise el voltaje y la densidad de la batería así como su temperatura en cada elemento (vaso)

CADA 12 MESES

- » Descargar completamente la batería y revise la densidad así como su temperatura en cada elemento (vaso)

ANEXO 7. Ficha técnica del generador diésel seleccionado

CLASE GBW EL GRUPO PRÁCTICO

Esta serie tiene características optimizadas para responder a las necesidades de aplicaciones con bajo coste. Estos grupos de dimensiones y pesos más reducidos son fáciles de transportar. Idóneos para el alquiler.



MODELO	GBW10Y	GBW15Y	GBW22Y	GBW10P	GBW15P	GBW22P
POTENCIA EN EMERGENCIA LTP kW/kVA	7,5 / 9,3	11,4 / 14,3	15,5 / 19,4	7,7 / 9,7	11,3 / 14,1	17,5 / 21,8
POTENCIA EN CONTINUO (PRP) kW/kVA	6,8 / 8,5	10,4 / 13,0	14,1 / 17,6	7,0 / 8,7	10,2 / 12,7	15,8 / 19,8
VOLTAJE Volt/ FRECUENCIA Hz	400 / 50	400 / 50	400 / 50	400 / 50	400 / 50	400 / 50
FASES	3	3	3	3	3	3
MOTOR						
MARCA	Yanmar	Yanmar	Yanmar	Perkins	Perkins	Perkins
MODELO	3TNV76	3TNV88	4TNV88	4030-116	4030-156	4040-226
REFRIGERACIÓN	Aqua	Aqua	Aqua	Aqua	Aqua	Aqua
COMBUSTIBLE	Diesel	Diesel	Diesel	Diesel	Diesel	Diesel
Nº Y DISPOSICIÓN DE CILINDROS	3 en línea	3 en línea	4 en línea	3 en línea	3 en línea	4 en línea
CILINDRADA cc	1116	1642	2190	1131	1496	2216
ASPIRACIÓN	Natural	Natural	Natural	Natural	Natural	Natural
SISTEMA DE ARRANQUE /CIRCUITO ELÉCTRICO [V]	Eléctrico /12					
VELOCIDAD rpm	1500	1500	1500	1500	1500	1500
REGULADOR DE VELOCIDAD	Mecánico	Mecánico	Mecánico	Mecánico	Mecánico	Mecánico
POTENCIA DE EMERGENCIA LTP kW	9,0	13,6	18,0	9,3	13,3	20,3
POTENCIA DE CONTINUO (PRP) kW	8,2	12,3	16,4	8,4	12,0	18,4
CONSUMO al 75% / 100% de carga PRP L/h	2,0 / 2,7	2,8 / 3,8	3,7 / 4,9	2,6 / 2,0	2,7 / 3,6	3,8 / 5,1
ALTERNADOR						
TIPO	Con escobillas					
POLOS	4	4	4	4	4	4
REGULACIÓN	Compound	Compound	Compound	Compound	Compound	Compound
DIMENSIONES Y PESO						
LARGO mm	1646	1646	1646	1646	1646	1646
ANCHO mm	870	870	870	870	870	870
ALTO mm	1061	1061	1061	1061	1061	1061
PESO (en seco) Kg	460	430	560	460	550	565
CAPACIDAD DEL DEPÓSITO L	51	51	51	51	51	51
AUTONOMÍA a 75% / 100% de carga h	25,6 / 19,2	18,0 / 13,5	13,7 / 10,3	25,8 / 19,8	18,7 / 14,1	12,8 / 9,7
PRESIÓN ACÚSTICA a 7 mt dB(A)	64	64	64	66	66	66
NIVEL SONORO LWA dB(A)	93	93	93	95	95	95

ANEXO 8. Ficha técnica del inversor seleccionado

FRONIUS SYMO

/ Máxima flexibilidad para las aplicaciones del futuro



DATOS TÉCNICOS FRONIUS SYMO (10.0-3-M, 12.5-3-M, 15.0-3-M, 17.5-3-M, 20.0-3-M)

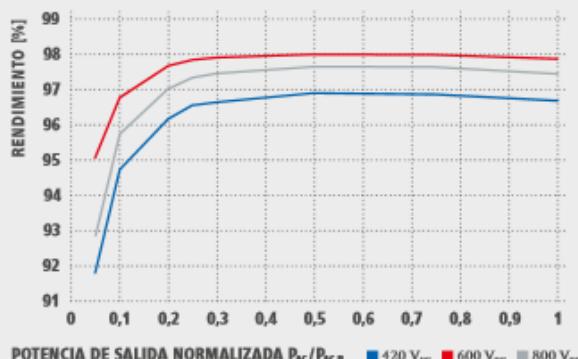
DATOS DE ENTRADA	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Máxima corriente de entrada ($I_{dc\max,1}$ / $I_{dc\max,2}$)	27 A / 16,5 A ²⁰			33 A / 27 A	
Máxima corriente de entrada total utilizada ($I_{dc\max,1} + I_{dc\max,2}$)	48,5 A			51,0 A	
Máxima corriente de cortocircuito por serie FV (MPP ₁ / MPP ₂)	40,5 A / 24,8 A			49,5 A / 40,5 A	
Mínima tensión de entrada ($U_{dc\min}$)			200 V		
Tensión CC mínima de puesta en servicio ($U_{dc\arranque}$)			200 V		
Tensión de entrada nominal ($U_{dc,r}$)			600 V		
Máxima tensión de entrada ($U_{dc\max}$)			1.000 V		
Rango de tensión MPP ($U_{mpp\min} - U_{mpp\max}$)	270 - 800 V		320 - 800 V		370 - 800 V
Número de seguidores MPP			2		
Número de entradas CC			3+3		
Máxima salida del generador FV ($P_{dc\max}$)	15,0 kW _{peak}	18,8 kW _{peak}	22,5 kW _{peak}	26,3 kW _{peak}	30,0 kW _{peak}
DATOS DE SALIDA	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Potencia nominal CA ($P_{ac,r}$)	10.000 W	12.500 W	15.000 W	17.500 W	20.000 W
Máxima potencia de salida	10.000 VA	12.500 VA	15.000 VA	17.500 VA	20.000 VA
Máxima corriente de salida ($I_{ac\max}$)	14,4 A	18,0 A	21,7 A	25,3 A	28,9 A
Acoplamiento a la red (rango de tensión)			3-NPE 400 V / 230 V o 3-NPE 380 V / 220 V (+20 % / -30 %)		
Frecuencia (rango de frecuencia)			50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)		
Coeficiente de distorsión no lineal	1,8 %	2,0 %	1,5 %	1,5 %	1,3 %
Factor de potencia ($\cos \varphi_{ac,r}$)			0 - 1 ind. / cap.		
DATOS GENERALES	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)			725 x 510 x 225 mm		
Peso	34,8 kg			43,4 kg	
Tipo de protección			IP 66		
Clase de protección			1		
Categoría de sobretensión (CC / CA) ²¹			1 + 2 / 3		
Consumo nocturno			< 1 W		
Concepto de inversor			Sin Transformador		
Refrigeración			Refrigeración de aire regulada		
Instalación			Instalación interior y exterior		
Margen de temperatura ambiente			-40 - +60 °C		
Humedad de aire admisible			0 - 100 %		
Máxima altitud		2.000 m / 3.400 m (rango de tensión sin restricciones / con restricciones)			
Tecnología de conexión CC			6 x CC+ y 6 x CC bornes rosados 2,5 - 16 mm ²		
Tecnología de conexión principal			5 polos CA bornes rosados 2,5 - 16 mm ²		
Certificados y cumplimiento de normas			ÖVE / ÖNORM E 8001-4-712, DIN V VDE 0126-1-1/A1, VDE AR.N 4105, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 3100, AS 4777-2, AS 4777-3, CER 06-190, G83/2, UNE 206007-1, SI 4777, CEI 0-16, CEI 0-21, NRS 097		

²⁰ 14,0 A para tensiones < 420 V

²¹ De acuerdo con IEC 62109-1. Disponible rail DIN opcional para tipo 1 + 2 y tipo 2 de protección de sobretensión.

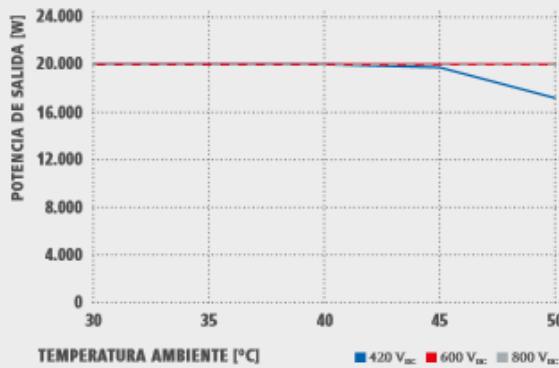
Más información sobre la disponibilidad de inversores en su país en www.fronius.es.

CURVA DE RENDIMIENTO FRONIUS SYMO 20.0-3-M



POTENCIA DE SALIDA NORMALIZADA $P_{AC}/P_{AC,R}$ ■ 420 V_{AC} ■ 600 V_{AC} ■ 800 V_{AC}

REDUCCIÓN DE TEMPERATURA FRONIUS SYMO 20.0-3-M



POTENCIA DE SALIDA [W] ■ 420 V_{AC} ■ 600 V_{AC} ■ 800 V_{AC}

DATOS TÉCNICOS FRONIUS SYMO (10.0-3-M, 12.5-3-M, 15.0-3-M, 17.5-3-M, 20.0-3-M)

RENDIMIENTO	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Máximo rendimiento	98,0 %				98,1 %
Rendimiento europeo (η_{EU})	97,4% ■	97,6% ■	97,8% ■	97,8% ■	97,9% ■
η con 5 % $P_{AC,r}$ ²¹	87,9 / 92,5 / 89,2 %	88,7 / 93,1 / 90,1 %	91,2 / 94,8 / 92,3 %	91,6 / 95,0 / 92,7 %	91,9 / 95,2 / 93,0 %
η con 10 % $P_{AC,r}$ ²¹	91,2 / 94,9 / 92,8 %	92,9 / 96,1 / 94,6 %	93,4 / 96,0 / 94,4 %	94,0 / 96,4 / 95,0 %	94,8 / 96,9 / 95,8 %
η con 20 % $P_{AC,r}$ ²¹	94,6 / 97,1 / 96,1 %	95,4 / 97,3 / 96,6 %	95,9 / 97,4 / 96,7 %	96,1 / 97,6 / 96,9 %	96,3 / 97,8 / 97,1 %
η con 25 % $P_{AC,r}$ ²¹	95,4 / 97,3 / 96,6 %	95,6 / 97,6 / 97,0 %	96,2 / 97,6 / 97,0 %	96,4 / 97,8 / 97,2 %	96,7 / 97,9 / 97,4 %
η con 30 % $P_{AC,r}$ ²¹	95,6 / 97,5 / 96,9 %	95,9 / 97,7 / 97,2 %	96,5 / 97,8 / 97,3 %	96,6 / 97,9 / 97,4 %	96,8 / 98,0 / 97,6 %
η con 50 % $P_{AC,r}$ ²¹	96,3 / 97,9 / 97,4 %	96,4 / 98,0 / 97,5 %	96,9 / 98,1 / 97,7 %	97,0 / 98,1 / 97,7 %	97,0 / 98,1 / 97,8 %
η con 75 % $P_{AC,r}$ ²¹	96,5 / 98,0 / 97,6 %	96,5 / 98,0 / 97,6 %	97,0 / 98,1 / 97,8 %	97,0 / 98,1 / 97,8 %	97,0 / 98,1 / 97,7 %
η con 100 % $P_{AC,r}$ ²¹	96,5 / 98,0 / 97,6 %	96,5 / 97,8 / 97,6 %	97,0 / 98,1 / 97,7 %	96,9 / 98,1 / 97,6 %	96,8 / 98,0 / 97,6 %
Rendimiento de adaptación MPP				> 99,9 %	
EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Medición del aislamiento CC			Sí		
Comportamiento de sobrecarga			Desplazamiento del punto de trabajo, limitación de potencia		
Seccionador CC			Sí		
Protección contra polaridad inversa			Sí		
INTERFACES	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
WLAN / Ethernet LAN				Fronius Solarweb, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON)	
6 inputs digitales y 4 inputs/outputs digitales				Interface receptor del control de onda	
USB (Conector A) ²¹				Datalogging, actualización de inversores vía USB	
2 conectores RJ 45 (RS422) ²¹				Fronius Solar Net	
Salida de aviso ²¹				Gestión de la energía (salida de relé libre de potencial)	
Datalogger y Servidor web				Incluido	
Input externo ²¹				Interface SO-Meter / Input para la protección contra sobretensión	
RS485				Modbus RTU SunSpec o conexión del contador	

²¹ Y con $U_{mpp, \min.} / U_{dcr} / U_{mpp, \max.}$ ²¹ También disponible en la versión light.

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

SOMOS TRES DIVISIONES CON UNA MISMA PASIÓN: SUPERAR LÍMITES.

No importa si se trata de tecnología de soldadura, energía fotovoltaica o tecnología de carga de baterías, nuestra exigencia está claramente definida: ser líder en innovación. Con nuestros más de 3.000 empleados en todo el mundo superamos los límites y nuestras más de 1.000 patentes concedidas son la mejor prueba. Otros se desarrollan paso a paso. Nosotros siempre damos saltos de gigante. Siempre ha sido así. El uso responsable de nuestros recursos constituye la base de nuestra actitud empresarial.

Para obtener información más detallada sobre todos los productos de Fronius y nuestros distribuidores y representantes en todo el mundo visite www.fronius.com

v04 Nov 2014 ES

Fronius España S.L.U.
Parque Empresarial LA CARPETANIA
Miguel Faraday 2
28906 Getafe (Madrid)
España
Teléfono +34 91 649 60 40
Fax +34 91 649 60 44
pv-sales-spain@fronius.com
www.fronius.es

Fronius International GmbH
Froniusplatz 1
4600 Wels
Austria
Teléfono +43 7242 241-0
Fax +43 7242 241-953940
pv-sales@fronius.com
www.fronius.com