



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID



ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELECTRÓNICA INDUSTRIAL

PROYECTO FIN DE CARRERA

Estudio de una instalación mixta, fotovoltaica y eólica, aplicada a una casa rural.

Autores:

Hernández Fernández, Luis Fernando

Zapatero Rodríguez, Miguel

Tutor:

Martínez Rodrigo, Fernando

Dpto. de Tecnología Electrónica

SEPTIEMBRE 2012

RESUMEN DEL PROYECTO

1. INTRODUCCIÓN

El sistema energético actual basado en el uso de combustibles no es sostenible indefinidamente ya que las reservas son finitas y los efectos medioambientales del cambio climático se hacen cada vez más evidentes. Es por ese motivo, por lo que se están desarrollando fuertemente los sistemas de producción de energía abastecidos por fuentes renovables. Entre estas energías renovables cabe destacar la energía solar y eólica.

Una forma de aprovechamiento de la energía contenida en la radiación, es el **efecto fotovoltaico**, mediante el cual se produce la energía eléctrica a partir de la energía contenida en los fotones de la radiación solar.

Otra forma de aprovechamiento es la energía obtenida del viento, **energía eólica**. La energía cinética generada por efecto de las corrientes de aire es transformada en otras formas útiles para las actividades humanas.

2. INSTALACIÓN MIXTA

Una **instalación mixta** es la formada por paneles solares junto con, al menos, un aerogenerador. En la Fig.1 se muestra una instalación mixta típica y a continuación se explicará brevemente la función que desempeñan los componentes que la forman:



Fig.1: Componentes de una instalación mixta

- Módulos fotovoltaicos: Los módulos fotovoltaicos están formados por ciertos materiales semiconductores que captan los fotones transmitidos en la luz solar para transformarlos en electricidad en forma de corriente continua.
- Aerogeneradores: es un generador eléctrico de corriente alterna movido por una turbina accionada por el viento.
- Regulador: Es el encargado de la regulación de la carga de las baterías, para evitar sobrecargas y descargas excesivas de las baterías. Deberá tener dos diferentes, uno para los módulos fotovoltaicos y otro para el aerogenerador.
- Baterías: Son las encargadas de almacenar la energía para su uso posterior, para poder disponer de esta energía fuera de las horas de luz o durante periodos prolongados de mal tiempo.
- Inversor: Su misión consiste en transformar la corriente continua, que se acumula en las baterías, en corriente alterna para poder ser usada en toda la vivienda.

3. OBJETIVOS

El objetivo de este proyecto es el estudio de una instalación mixta, por medio de módulos fotovoltaicos y aerogeneradores, de una casa rural situada próxima a San Martín de la Vega del Alberche, en la provincia de Ávila, en la comunidad de Castilla y León. Dicha casa rural, se encuentra a 1126m de altitud y sus coordenadas son de Latitud: 40°25'43" Norte y Longitud: 5°10'55" Oeste. Esta zona no dispone de red eléctrica y por lo tanto la instalación será aislada. Se estudiará una instalación mixta para cubrir las necesidades de todo el año, teniendo una especial consideración en el consumo energético de manera que la instalación permita el suministro energético pleno sin sobredimensionarla.

El proyecto consta de tres partes fundamentales, las cuales son: Determinación de la energía necesaria de la casa rural, dimensionamiento de la instalación fotovoltaica y el estudio eólico.

Para el cálculo de la energía necesaria y el dimensionamiento de la instalación fotovoltaica se creará una herramienta de cálculo en Excel que permite calcular el número y coste de paneles solares, inversores, baterías y reguladores de carga que necesita una instalación aislada de red. Para esto bastará con insertar los datos de la zona donde se va a llevar a cabo la instalación y los modelos elegidos de los componentes de la instalación que nosotros seleccionaremos de las opciones existentes en el mercado. La herramienta dispondrá de tres modelos para el cálculo de la energía necesaria según las características de la instalación a diseñar. Estos modelos permitirán calcular el dimensionamiento para fines de semana con ocupación completa, días de diario con ocupación parcial y días de diario con ocupación parcial más fines de semana con ocupación completa de manera que se pueda elegir el que más se ajuste a las necesidades del proyecto a realizar.

Se hará un estudio eólico para determinar si es posible complementar la instalación fotovoltaica con aerogeneradores de manera que se pueda reducir el número de paneles solares necesarios.

4. ETAPAS DEL PROYECTO

A continuación se describirán los distintos pasos seguidos para desarrollar este proyecto:

- 1º Planteamiento inicial del proyecto, donde se marcan los objetivos.
- 2º Estudio de la zona donde se realizará la instalación.
- 3º Visualizar las características de la casa a diseñar.
- 4º Creación de una herramienta de cálculo en Excel para el dimensionamiento de la instalación fotovoltaica dependiendo del lugar, periodo de utilización y componentes elegidos para dimensionar dicha instalación.
- 5º Verificación de los resultados obtenidos en la herramienta Excel, con las sugerencias provenientes del profesor responsable del proyecto.
- 6º Cálculo del consumo medio diario de la casa rural.
- 7º Estudio y elección de los diferentes componentes que forman una instalación fotovoltaica.
- 8º Estudio eólico.
- 9º Verificación del precio total de la instalación.
- 10º Conclusiones obtenidas del proyecto a diseñar.

5. RESUMEN DEL PROYECTO

En el presente proyecto, se ha desarrollado un estudio de una instalación mixta para abastecer energéticamente una casa aislada durante todo el año, ajustando el consumo energético en función del uso que se le va a dar, en nuestro caso hemos diseñado la instalación para cubrir las necesidades energéticas si la casa es utilizada durante los días de diario con una ocupación parcial y durante los fines de semana con ocupación total. Este proyecto consta de dos partes: estudio fotovoltaico y estudio eólico.

Para realizar el **estudio fotovoltaico** se ha diseñado una herramienta de cálculo en Excel que nos permite calcular el número y coste de paneles solares, inversores, baterías y reguladores de carga que necesita una instalación aislada de red, así como el precio total de la instalación a realizar. Los pasos a seguir son:

1. En el apartado Energía Necesaria, Fig.2, el usuario introducirá las características de los elementos que componen la casa en la tabla mostrada, que nos calculará el consumo medio diario de la casa a diseñar.

Aparatos	Tensión(V)	Unidades	Potencia W	Hora/Día H	Energía W-H
Tubos fluorescentes	230V	8	40	5	1600
TV color(19 pulg)	230V	1	70	8	560
DVD	230V	1	25	2	50
Lavavajillas	230V	1	430	2 usos	2000
Lavadora	230V	1	400	1 uso	1200
Refrigerador	230V	1	-	24horas	1000
TOTAL:					6410

Fig.2: Energía necesaria.

2. En el apartado Datos Necesarios, Fig.3, el usuario introducirá los datos pedidos para que la hoja de cálculo realice el diseño de la instalación. En ella se encuentran tres apartados:

- Especificaciones del módulo: Se introducirá los datos del fabricante del módulo fotovoltaico elegido por el usuario.
- Especificaciones del lugar: Se introducirá los datos de la zona donde se realizará la instalación, donde pedirá el nombre, la latitud y la inclinación óptima anual del lugar.
Radiaciones del lugar: El usuario deberá rellenar las celdas con las radiaciones del lugar dependiendo de los ángulos de inclinación del módulo. Estos se pueden obtener en la web europea del instituto europeo de energía y transporte:

www.re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps3/pvest.php

Especificaciones del módulo			Especificaciones del lugar	
Módulo	Modelo del módulo	TAV PV 185	Nombre del lugar elegido	San matín de la Vega del Alberche
	Voltaje a potencia Máx.	36,6 V	Latitud del lugar (grados)	40°
	Potencia máxima Pmp	185 W		
	Corrient cortocircuito Isc	5,48 A		
INCLINACIONES				
Método 1	31,3			
Método 2	33			
Metodo3	40			
Radiaciones del lugar en los diferentes meses del año según las inclinaciones a estudio				
MES / INCLINACIÓN	31,3	33	40	
Enero	3,230	3,310	3,480	
Febrero	3,930	3,960	4,090	
Marzo	5,750	5,690	5,760	
Abril	5,690	5,470	5,390	
Mayo	6,560	6,300	6,080	
Junio	6,940	6,730	6,420	
Julio	7,100	6,970	6,680	
Agosto	6,930	6,920	6,760	
Septiembre	5,840	5,880	5,890	
Octubre	4,560	4,640	4,760	
Noviembre	3,180	3,260	3,400	
Diciembre	2,520	2,560	2,690	

Fig.3: Datos necesarios

3. A continuación la hoja Excel muestra tres apartados que son capaces de realizar, basándose en los datos introducidos por el usuario, el dimensionamiento de la instalación para que el usuario pueda visualizar y elegir el método de ajuste (en **Días de diario con ocupación parcial**, en **Fines de semana ocupación completa** o en **Días de diario con ocupación parcial más Fines de semana con ocupación completa**) del que se va a hacer uso en la casa rural y con esos datos se realizará el estudio de los componentes fotovoltaicos que van a ser parte de la instalación. En la Fig.4 vemos un ejemplo de un dimensionamiento para Fines de semana con ocupación completa.

Consumo fin de semana		3737,429 Wh	
Número de paneles solares para cada mes del año según el ángulo			
MES / INCLINACIÓN	31,3	33	40
Enero	6,950	6,782	6,450
Febrero	5,712	5,668	5,488
Marzo	3,904	3,945	3,897
Abril	3,945	4,104	4,165
Mayo	3,422	3,563	3,692
Junio	3,234	3,335	3,496
Julio	3,162	3,221	3,360
Agosto	3,239	3,244	3,321
Septiembre	3,844	3,818	3,811
Octubre	4,923	4,838	4,716
Noviembre	7,059	6,886	6,602
Diciembre	8,908	8,768	8,345
	8,908	8,768	8,345
Dimensionado de la instalación			
Nº mínimo paneles solares	8,345		
Nº total de Paneles a instalar	9		
Corriente soporta regulador (Ir)	54,252 A		
Capacidad nominal batería estacional	37374,286 Wh	1557,262 Ah	

Fig.4: Dimensionamiento para Fines de semana con ocupación completa.

4. Por último, la hoja Excel obtendrá el diseño final de la instalación y su coste total para los tres métodos de ajuste de potencia comentados anteriormente. Para ello, el usuario introducirá los datos requeridos sobre los elementos que componen un sistema fotovoltaico, para que la hoja Excel realice los cálculos pertinentes. La Fig.5 es un ejemplo de una instalación para Días de diario con ocupación parcial más Fines de semana con ocupación completa.

Módulo Fotovoltaico		Inversor	
Modelo del módulo	TAV PV 185	Modelo del inversor elegido	phoenix C24/5000
Potencia máxima	185 Wp	Precio del inversor	2.491,61 € Euros
Voltaje a potencia máx	36,6 V	Número de inversores	1
Corriente cortocircuito	5,48 A	Precio Total	2.491,61 € Euros
Precio del panel	485 Euros		
Nº de paneles	12		
Precio Total	5820 Euros		
Regulador de Carga		Batería estacionaria	
Corriente que debe soportar	72,336 A	Capacidad nominal que debe tener	3007,462054 Ah
Modelo del regulador elegido	Esteca Solarix 2401	Tensión nominal de la instalación	24 V
Corriente del regulador elegido	40 A	Modelo de la batería elegida	TAB 20 OPzS 2500
Precio del regulador elegido	174 Euros	Capacidad de la batería elegida	3750 Ah
Número de reguladores	1,8084	Tensión de la batería elegida	2 V
Número de reguladores a instalar	2	Precio de la batería elegida	932 Euros
Precio Total	348 Euros	Número de baterías	12
		Número de baterías a instalar	12
		Precio Total	11184 Euros
Coste total de la instalación		19843,61 Euros	

Fig.5: Diseño de una instalación para Días de diario más Fines de semana completos.

Una vez introducidos los datos en la herramienta de cálculo en Excel, el usuario puede modificar los datos de los componentes para reducir elementos o coste de la instalación.

Para realizar **el estudio eólico**, se usarán los datos facilitados por el instituto nacional de meteorología, que nos mostrará la velocidad del viento en los diferentes meses del año. Con esos datos se calcula la velocidad media del viento mensual y se estudiará que aerogeneradores pueden abastecer la casa rural.

6. CONCLUSIONES

El proyecto ha cumplido los objetivos deseados. Se ha realizado el estudio de la instalación mixta llegando a la conclusión de que solo la instalación fotovoltaica es viable. También se ha creado una herramienta de Excel sencilla pero completa que permite el cálculo y dimensionado de la instalación de una forma rápida y que permite elegir entre varias opciones la que mejor se ajuste al proyecto.

El método elegido para el dimensionado ha sido el de considerar que la casa rural tiene ocupación completa los fines de semana y que los días de diario tiene una ocupación igual a la ocupación media de las casas rurales en la provincia de Ávila según la suministra el instituto nacional de estadística. Nos hemos decantado por esta opción debido a que aunque provoca un pequeño sobredimensionamiento de la instalación nos asegura que el suministro de energía será suficiente aun cuando se supere la ocupación esperada.

La instalación fotovoltaica se ha realizado de manera que los paneles solares cubren la demanda en los meses menos favorables, Diciembre, Noviembre y Enero (la baja radiación solar en estos exige un mayor número de paneles solares) y las baterías son capaces de soportar los meses de mayor gasto energético, Agosto y Julio (meses de mayor ocupación y por tanto de mayor gasto energético). Con esto en consideración hemos elegido los paneles solares PV 185 de TAB, de los cuales serán necesarios 12; el regulador Solarix 2401 de Steca, capaz de soportar hasta 40A de corriente; las baterías 200PzS 2500 de TAB que tienen una capacidad de 3750Ah y 2V de tensión haciendo necesario conectar 12 en serie; y el regulador C24/5000 de Phoenix que permite el uso de 5000W de potencia.

Respecto al estudio eólico se ha llegado a la conclusión de que, a pesar de que en teoría podría ser una fuente complementaria a la solar que nos permitiera reducir el número de paneles solares necesarios en invierno, la velocidad del viento en la zona es insuficiente para la producción energética a pequeña escala.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	
2.1 OBJETIVOS.....	5
2.2 SITUACIÓN.....	5
2.3 ALTERNATIVAS Y ELECCIÓN.....	6
2.4 CARACTERÍSTICAS.....	6
3. HERRAMIENTA DE CÁLCULO EN EXCEL	
3.1 ENERGIA NECESARIA.....	8
3.1.1 Datos a introducir.....	8
3.1.2 Cálculo del consumo.....	9
3.2 DATOS NECESARIOS	
3.2.1 Especificaciones del módulo.....	9
3.2.2 Especificaciones del lugar.....	9
3.2.3 Radiaciones del lugar.....	10
3.3 FINES DE SEMANA	
3.3.1 Consumo medio para fines de semana con ocupación completa.	11
3.3.2 Número de paneles solares para cada mes.....	12
3.3.3 Dimensionamiento de la instalación.....	13
3.4 DÍAS DE DIARIO	
3.4.1 Consumo fin de semana.....	15
3.4.2 Número de paneles solares para cada mes.....	16
3.4.3 Dimensionamiento de la instalación.....	17
3.5 DÍAS DE DIARIO Y FINES DE SEMANA	
3.5.1 Consumo fines de semana.....	19
3.5.2 Número de paneles solares para cada mes.....	20
3.5.3 Dimensionamiento de la instalación.....	23
3.6 DISEÑO DE LA INSTALACIÓN	
4. DETERMINACIÓN DE LA ENERGÍA NECESARIA.....	28
5. DIMENSIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	
5.1 MÓDULO FOTOVOLTAICO.....	30
5.1.1 Tipos.....	30
5.1.2 Elección del módulo.....	31
5.1.3 Modelo elegido.....	35
5.1.4 Dimensionamiento.....	35
5.1.5 Número de módulos.....	39

5.1.6	Conexionado	40
5.2	BATERÍA	
5.2.1	Tipos.....	41
5.2.2	Cálculo de la batería.....	42
5.2.3	Elección de la batería.....	43
5.2.4	Modelo elegido.....	45
5.2.5	Número de baterías.....	46
5.2.6	Conexionado.....	47
5.3	REGULADOR	
5.3.1	Tipos.....	48
5.3.2	Cálculo del regulador de carga.....	49
5.3.3	Elección del regulador.....	50
5.3.4	Modelo elegido.....	52
5.3.5	Número de reguladores.....	53
5.3.6	Conexionado.....	53
5.4	INVERSOR	
5.4.1	Tipos.....	54
5.4.2	Elección del inversor.....	55
5.4.3	Modelo elegido.....	55
6.	ESTUDIO EÓLICO	
6.1	AEROGENERADOR.....	57
6.1.2	Características.....	57
6.1.3	Cálculos.....	58
7.	MANTENIMIENTO	
7.1	MÓDULO FOTOVOLTAICO.....	60
7.2	BATERIAS.....	61
7.3	REGULADOR.....	61
7.4	INVERSOR.....	62
7.5	RECOMENDACIONES Y CONSEJOS.....	62
8.	CONCLUSIONES.	63
9.	BIBLIOGRAFÍA.....	64

1. INTRODUCCIÓN

El sistema energético actual basado en el uso de combustibles no es sostenible indefinidamente ya que las reservas son finitas y los efectos medioambientales del cambio climático se hacen cada vez más evidentes. Es por ese motivo, por lo que se están desarrollando fuertemente los sistemas de producción de energía abastecidos por fuentes renovables. Entre estas energías renovables cabe destacar la energía solar y eólica.

Una forma de aprovechamiento de la energía contenida en la radiación, es el efecto fotovoltaico, mediante el cual se produce la energía eléctrica a partir de la energía contenida en los fotones de la radiación solar. Las principales ventajas de la energía fotovoltaica son:

- Medioambientales: Es una energía limpia ya que no emite gases y la energía utilizada en su fabricación es generada por el propio panel en aproximadamente 1 año y 1 mes.
- Autoabastecimiento energético: El combustible no proviene de terceros países, sino que proviene de una fuente de energía inagotable y es eliminado en el tiempo en comparación con las reservas de combustibles fósiles.
- Supone el uso de una energía eléctrica con los parámetros más valorados en el nuevo modelo energético: sostenible, limpia, renovable y distribuida.

Los principales inconvenientes son:

- Sólo se produce energía cuando hay luz solar. Por lo tanto, se necesita un sistema de seguridad para almacenar la electricidad para su uso en los días nublados o durante la noche.
- El impacto visual de los parques solares, que suelen ocupar grandes superficies de captación.
- Inicialmente requiere una fuerte inversión económica a la que muchos consumidores no están dispuestos a arriesgarse.

Otra forma de aprovechamiento es la energía obtenida del viento, es decir, la energía cinética generada por efecto de las corrientes de aire, y que es transformada en otras formas útiles para las actividades humanas. Las principales ventajas de la energía eólica son:

- Medioambientales: La energía eólica no contamina, es inagotable y frena el agotamiento de combustibles fósiles.
- Autoabastecimiento energético: Al igual que la energía solar fotovoltaica, no proviene de terceros países, sino que proviene de una fuente de energía inagotable, como es el viento.
- La energía eólica se suele usar principalmente en sitios apartados, donde no es posible la conexión a la red eléctrica o en sitios donde la conexión a la red

eléctrica es muy cara y tienen estaciones del año donde predomina vientos fuertes.

Los principales inconvenientes son:

- Un impacto negativo es el ruido producido por el giro del rotor.
- El impacto visual, es decir; que su instalación genera una alta modificación del paisaje.
- El impacto sobre la avifauna: principalmente por el choque de las aves contra las palas. Se están haciendo estudios sobre este tema, que consiste en la colocación de adhesivos circulares que colocados en las palas producen cambios de colores o formas para que las aves detecten de este modo el movimiento de las palas y puedan evitarlas.
- El aire al ser un fluido de pequeño peso específico, implica fabricar máquinas grandes y en consecuencia caras.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

2.1 OBJETIVOS

El objetivo de este proyecto es el estudio de una instalación mixta, por medio de módulos fotovoltaicos y aerogeneradores, de una casa rural situada próxima a San Martín de la Vega del Alberche, en la provincia de Ávila, en la comunidad de Castilla y León. Dicha casa rural, se encuentra a 1126m de altitud y sus coordenadas son de Latitud: 40°25'43'' Norte y Longitud: 5°10'55'' Oeste. Esta zona no dispone de red eléctrica y por lo tanto la instalación será aislada. Se estudiará una instalación mixta para cubrir las necesidades de todo el año, teniendo una especial consideración en el consumo energético de manera que la instalación permita el suministro energético pleno sin sobredimensionarla. También determinaremos el tipo y el número de cada uno de los componentes de la instalación, así como su eficacia y coste.

Para el dimensionamiento de la instalación fotovoltaica se creará una herramienta de cálculo en Excel que permite calcular el número y coste de paneles solares, inversores, baterías y reguladores de carga que necesita una instalación aislada de red. Para esto bastará con insertar los datos de la zona donde se va a llevar a cabo la instalación y los modelos elegidos de los componentes de la instalación que nosotros seleccionaremos de las opciones existentes en el mercado. La herramienta dispondrá de tres modelos para el cálculo de la energía necesaria según las características de la instalación a diseñar. Estos modelos permitirán calcular el dimensionamiento para fines de semana con ocupación completa, días de diario con ocupación parcial y días de diario con ocupación parcial más fines de semana con ocupación completa de manera que se pueda elegir el que más se ajuste a las necesidades del proyecto a realizar.

2.2 SITUACIÓN

La casa rural está situada próxima a San Martín de la Vega del Alberche, en la provincia de Ávila, en la comunidad de Castilla y León. Dicha casa, está situada en la carretera AV-P-519 donde no hay ningún tipo de conexión eléctrica según el mapa de la red eléctrica de España. Sus coordenadas son:

Latitud: 40°25'43'' NORTE

Longitud: 5°10'55'' OESTE

La **Fig.1** muestra la vista aérea señalando dónde está situada la casa rural.



Fig.1 Situación de la casa rural

2.3 ALTERNATIVAS Y ELECCIÓN

Podemos observar dos tipos de energías, las energías convencionales y no convencionales.

Las energías convencionales son productos resultantes de las transformaciones o elaboración de recursos energéticos naturales (primarios) o en determinados casos se adquieren a partir de otra fuente energética ya elaborada. Estos recursos naturales mencionados son (petróleo, carbón, madera y gas natural), son limitados y el uso excesivo que se ha hecho de ellos durante muchos años ha derivado en que cada vez son más difíciles de obtener, tendiendo a su desaparición. Por otro lado son altamente contaminantes y deterioran el medio ambiente provocando un calentamiento del planeta. Se generan en centrales eléctricas y suponen gran gasto económico, ya que requieren la instalación de tendido eléctrico hasta la casa.

Las energías no convencionales son aquellas formas de producir energía que no son muy comunes en el mundo y con ellas tratamos de suplir a las energías actuales. Dentro de las energías no convencionales nos encontramos (Solar, Eólica, Hidráulica, biomasa, etc...) de las cuales por sus características y forma de generar energía sólo podríamos dar uso a un número determinado de ellas (Solar, Eólica y biomasa). Estas energías tienen las características de no producir emisiones de CO₂ ni otros gases contaminantes y no generan residuos de difícil tratamiento.

Viendo las características de nuestra instalación, es decir, que no dispone de red eléctrica y que se encuentra próximo al parque regional de la Sierra de Gredos y a la reserva natural valle de Iruelas, con lo que debemos respetar el medio ambiente, hemos decidido realizar nuestro estudio en base a una instalación mixta: Solar y Eólica.

2.4 CARACTERÍSTICAS

La casa consta de dos plantas. En la planta baja se encuentran la cocina y el salón-comedor. En la planta primera hay cuatro habitaciones cada una con baño propio. Para

evitar la necesidad de hacer una instalación energética excesivamente grande y costosa, hemos calculado la necesidad energética para una casa rural para cubrir las necesidades de todo el año, teniendo en cuenta los días de diario y fines de semana, con un consumo moderado. Esto nos permite minimizar la instalación pero nos obliga a limitar el consumo de potencia de la misma. Esto hace necesario que la casa tenga unas normas de convivencia obligatorias y otras aconsejables que harán que la potencia consumida se distribuya a lo largo de todo el día. Estas normas se detallan a continuación:

- Obligatorio: Es obligatorio que los electrodomésticos de mayor consumo, se utilicen de 11h a 15h ya que en esa franja horaria predomina el sol. Estos aparatos serán:
 - Aspirador.
 - Lavadora.
 - Lavavajillas.
 - Plancha.
- Aconsejable: Es aconsejable que no se conecten a la vez todos los aparatos que se encuentran tanto en las habitaciones como los que se puede utilizar en los baños. Estos aparatos son los siguientes:
 - Televisiones.
 - Secadores y maquinillas de afeitarse.
 - Cargador de portátil y móvil.

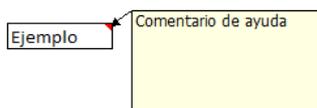
3. HERRAMIENTA DE CÁLCULO EN EXCEL

Hemos diseñado una hoja de cálculo en el formato Excel llamada “*Herramienta de cálculo en Excel*”. Esta herramienta nos permite calcular el número y coste de paneles solares, inversores, baterías y reguladores de carga que necesita una instalación aislada de red, así como el precio total de la instalación a realizar, con tan sólo insertar los datos de la instalación y los modelos elegidos.

En esta hoja de Excel se incluyen tres métodos para el cálculo de la energía necesaria según las características de la instalación a diseñar. Estos métodos se explicarán en los siguientes apartados y sirven para calcular el dimensionamiento para fines de semana, días de diario y días de diario más Fines de semana. Esto se debe a que si usamos directamente la energía total que puede llegar a consumir la instalación nos queda excesivamente sobredimensionada pues rara vez tendremos una ocupación total y un consumo máximo. Para solucionar esto, hacemos un cálculo de la energía que puede necesitar nuestra instalación a lo largo de la semana (por los tres procedimientos dichos anteriormente) y luego calculamos la instalación para que se reparta la carga de baterías entre toda la semana de manera que no son necesarios tantos paneles solares.

En este apartado, explicaremos brevemente como se debe utilizar la hoja de cálculo, con las explicaciones de cada apartado y señalando ciertos consejos y puntos que nos podremos encontrar, como por ejemplo:

- Se aconseja leer primero esta guía para que el uso de la hoja de cálculo sea más sencillo y después entender cada hoja de cálculo con el ejemplo mostrado.
- Hay celdas que tienen comentarios de ayuda que aparecen cuando se sitúa el puntero del ratón en una marca roja que hay en la parte superior derecha.



3.1 ENERGÍA NECESARIA

En la primera pestaña, “*Energía necesaria*”, veremos una tabla que nos calculará el consumo medio diario de la casa a diseñar.

3.1.1 Datos a introducir

Para que la tabla que veremos a continuación nos calcule la energía necesaria, debemos introducir los siguientes valores dependiendo de cada columna:

- En la columna “Aparatos”: Introducimos los aparatos o electrodomésticos que poseerá la instalación.

- En la columna “Unidades”: Introducimos el número de aparatos o electrodomésticos del mismo tipo que contiene la casa.
- En la columna “Potencia”: Introducimos la potencia que consume cada aparato o electrodoméstico de la instalación.
- En la columna “Hora/Día”: Introducimos las horas a las que está expuesto el aparato o electrodoméstico al día.

3.1.2 Cálculo del consumo

Una vez introducido los valores en la columna correspondiente, la hoja de cálculo lo que hará es calcular la energía que consume el aparato o electrodoméstico con la siguiente expresión:

$$Energía = Unidades * Potencia * Hora$$

Por último, la hoja de cálculo sumará los consumos de cada aparato o electrodoméstico y nos mostrará el consumo medio diario de la instalación que nos aparecerá en negrita en la celda de color rojo. El resultado lo vemos en la **Tabla.1**:

$$Energía Total = \Sigma E1 + E2 \dots$$

Tabla.1: Cálculo de consumos.

Aparatos	Tensión(V)	Unidades	Potencia W	Hora/Día H	Energía W·H
Tubos fluorescentes	230V	8	40	5	1600
Microondas	230V	1	600	0,3	180
Refrigerador	230V	1	-	24horas	1000
TV color(19 pulg)	230V	1	70	8	560
Microondas	230V	1	600	0,3	180
Lavadora	230V	1	400	1 uso	1200
TOTAL:					4720

3.2 DATOS NECESARIOS

En la segunda pestaña, “*Datos necesarios*”, nos pide que introduzcamos los datos necesarios para que la hoja de cálculo nos realice el diseño de la instalación. En ella se encuentran tres apartados, los cuales explicaremos a continuación.

3.2.1 Especificaciones del módulo

Son especificaciones necesarias para que la hoja de cálculo funcione correctamente. Una vez elegido el módulo que emplearemos para la instalación, en la **Tabla.2** que

vemos a continuación, introducimos el nombre del modelo del módulo y las especificaciones necesarias que nos piden, el voltaje a potencia máxima, la potencia máxima del panel solar y su corriente de cortocircuito, datos que facilita el fabricante.

Tabla.2: Especificaciones del módulo.

Especificaciones del módulo		
Módulo	Modelo del módulo	TAV PV 185
	Voltaje a potencia Máx.	36,6 V
	Potencia máxima Pmp	185 W
	Corrient cortocircuito Isc	5,48 A

3.2.2 Especificaciones del lugar

En esta tabla, introducimos el nombre del lugar elegido y las siguientes especificaciones del lugar, para que la hoja Excel pueda trabajar con esos datos. A continuación se explicará los apartados de la tabla.

- Latitud del lugar (grados): Nos pide que introduzcamos en grados, la latitud donde se va a proceder la instalación. Este valor lo podemos buscar en “*google maps*”.
- Inclinación óptima anual del lugar: La página web PVGIS(Photovoltaic Geographical Information System)nos permite determinar el potencial de producción fotovoltaica de cualquier zona de Europa introduciendo las coordenadas del lugar y en la pestaña “monthly radiation” señalamos sólo “optimal inclination angle” y nos saldrá la inclinación óptima anual del lugar. Ese es el valor que debemos introducir. Este sería el enlace:

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps3/pvest.php>

3.2.3 Radiaciones del lugar

En esta tabla, podemos ver los meses del año frente a los ángulos de inclinación del módulo. Una vez introducido los valores del apartado “*Especificaciones del lugar*”, la hoja de cálculo mostrará los ángulos de inclinación con los que conseguiríamos mejores rendimientos. Estos ángulos se obtienen de la siguiente forma:

- En la primera columna: El ángulo de inclinación se obtiene de realizar la siguiente expresión, según el libro “Energía Solar Fotovoltaica, de Miguel Pareja Aparicio”.

$$\text{Inclinación} = 3.7 + 0.69 \cdot \text{latitud}$$

- En la segunda columna: El ángulo de inclinación se obtiene de consultar en la página anterior explicada, en el apartado “*Inclinación óptima anual del lugar*”.
- En la tercera columna: El ángulo de inclinación es un valor aproximado a la latitud del lugar, para que haya una mejor captación de energía solar en invierno respecto al verano. Al introducir la latitud del lugar en grados en el apartado “*Especificaciones del lugar*”, la hoja de cálculo utilizará ese valor para obtener el resultado.

Visto como se obtiene cada ángulo, por último debemos rellenar las celdas con las radiaciones del lugar dependiendo de los ángulos de inclinación del módulo. Para ello, debemos ir a la página web siguiente y marcamos el ángulo en “irration chosen angle” y obtenemos las radiaciones tal y como vemos en la **Tabla.3:**

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>

Tabla.3: Radiaciones del lugar.

Radiaciones del lugar en los diferentes meses del año según las inclinaciones			
MES / INCLINACIÓN	31,3	33	40
Enero	3,230	3,310	3,480
Febrero	3,930	3,960	4,090
Marzo	5,750	5,690	5,760
Abril	5,690	5,470	5,390

3.3 FINES DE SEMANA

En la tercera pestaña, “*Fines de semana*”, la hoja de cálculo nos determina el diseño de la instalación que tendríamos que llevar a cabo, para hacer un uso de la casa rural sólo los fines de semana. En esta pestaña, nos encontraremos varios apartados con diferentes ejemplos que calculan diferentes partes de la instalación. A continuación explicaremos el funcionamiento de cada apartado.

3.3.1 Consumo medio para fines de semana con ocupación completa

Este apartado nos calcula el consumo medio diario para una ocupación completa únicamente durante el fin de semana. Obtenemos el consumo producido por los fines de semana con ocupación completa multiplicando el consumo máximo diario de la instalación por dos días que tiene el fin de semana y todo ello lo dividimos entre siete días que tiene una semana. Este cálculo viene determinado por la siguiente expresión y después veremos el resultado en la **Tabla.4.**

$$\text{Consumo } f.s = \frac{E_{md} \cdot 2}{7}$$

Tabla.4: Consumo fines de semana.

Consumo fin de semana	3737,42857 Wh
------------------------------	---------------

3.3.2 Número de paneles solares para cada mes del año

Nos calcula el número de paneles que nos haría falta para nuestra instalación en cada mes del año y según el ángulo que requiera nuestra instalación, para una mejor eficiencia. Para dicho cálculo la hoja Excel utilizará la siguiente expresión.

$$Np = \frac{Cf.s}{Wp \cdot HSP \cdot PR}$$

Donde cada elemento significa:

- **Cf.s:** El consumo en fin de semana. Es el valor obtenido de “Consumo medio para fines de semana con ocupación completa”.
- **Wp:** La potencia pico del módulo dada por el fabricante, introducida por nosotros en la segunda pestaña “Datos necesarios” en el apartado “Especificaciones del módulo”.
- **HSP:** Son las horas de sol pico del mes correspondiente introducidas en la pestaña “Datos necesarios” en el apartado “Radiaciones del lugar”.
- **PR:** El factor global de funcionamiento que varía entre 0.85 y 0.95. Como norma general se escoge un rendimiento general del 90% por lo que usaremos 0.90.

Una vez calculados el número de paneles de cada mes y dependiendo de los ángulos introducidos, al final de la tabla, en **negrita**, veremos el máximo valor de módulos que deberíamos instalar en el mes crítico de nuestra instalación para cada ángulo introducido, es decir, en el mes que menos horas de luz solar disponemos como vemos en la **Tabla.5**.

Tabla.5: Número de paneles solares para cada mes según la inclinación.

Número de paneles solares para cada mes del año según el ángulo			
MES	Inclinación 32°	Inclinación 33°	Inclinación 40°
Enero	6,949	6,781	6,450
Febrero	5,711	5,668	5,488
Marzo	3,903	3,944	3,892
Junio	3,232	3,335	3,496
Septiembre	3,843	3,817	3,811
Octubre	4,922	4,837	4,715
Noviembre	7,058	6,885	6,602
Diciembre	8,907	8,768	8,344
	8,907	8,768	8,344

3.3.3 Dimensionado de la instalación

Nos calcula lo necesario para poder estudiar las posibles elecciones para nuestra instalación, como veremos más adelante. En este apartado nos calculará lo referente al número de paneles, corriente que debe soportar el regulador y capacidad nominal de la batería. A continuación, explicaremos como se obtiene los cálculos de cada parte de la instalación.

- Número de paneles solares

Primero la hoja Excel, nos muestra el número mínimo de paneles solares (celda roja) que debe tener la instalación, que se obtiene al hacer el mínimo entre los valores que vemos al final de la tabla en negrita, obtenidos en el apartado anterior “*Número de paneles solares para cada mes*” y ese valor, normalmente en decimal, la hoja Excel redondea dicho valor para obtener el número total de paneles a instalar.

- Corriente del regulador

Es la corriente que como mínimo tiene que soportar el regulador de carga. Para obtener dicho valor, la hoja Excel utiliza la corriente de cortocircuito que nos proporciona el fabricante la cual hemos introducido en la segunda pestaña “*Datos necesarios*”, en el apartado “*Especificaciones del módulo*” y con el número de paneles obtenido en el anterior apartado nos muestra el resultado. La expresión en la que introduce los datos es la siguiente:

$$I_r = 1.1 \cdot I_{sc} \cdot N_p$$

Siendo estos los parámetros que la hoja Excel sustituye en la expresión.

- **I_{sc}**: La corriente unitaria del módulo fotovoltaico en condiciones de cortocircuito. Dato introducido en la pestaña “*Datos necesarios*” en el apartado “*Especificaciones del módulo*”.
- **NP**: El número de ramas en paralelo. Dato obtenido en la pestaña “*Fines de semana*” en el apartado anterior “*Número de paneles solares*”.
- **1.1**: Margen de seguridad del 10% para evitar que el regulador trabaje al límite de la corriente máxima que debe soportar el regulador.

- Capacidad nominal de la batería estacional

Nos muestra la capacidad nominal que debería tener la batería para poder disponer de esta energía fuera de las horas de luz o durante periodos prolongados de mal tiempo, cuya misión es almacenar la energía producida por el generador y mantener constante el voltaje de la instalación.

Necesitamos generar una energía diaria **Emd** con nuestras baterías pero que podamos disponer de ella durante 7 días sin sol, sin permitir una descarga mayor del 70% y suponiendo un Factor de corrección de Temperatura (**Fct** = 1). Una vez sabida la energía en Wh de la batería, simplemente dividimos entre la tensión de la misma y ya tenemos la capacidad mínima que necesitamos para nuestro sistema de acumulación en función de los días de autonomía. Las expresiones que utiliza son:

$$Cmd(Wh) = \frac{Emd \cdot N}{P_{dmax,e} \cdot Fct}$$

$$Cme(Ah) = \frac{Cmd(Wh)}{Vbat}$$

Siendo estos los parámetros que la hoja Excel sustituye en la expresión.

- **Emd:** Es el valor que obtenemos del consumo obtenido en el apartado “Consumo fines de semana”.
- **Pdmax,e:** Profundidad de Descarga Máxima Estacional: 70% = 0,7.
- **Fct** : Factor de corrección de Temperatura: 1.
- **Vbat** : Tensión de la batería. La hoja Excel, por defecto utiliza una instalación de 24V.
- **N:** Son los 7 días en los que la instalación debe operar bajo la irradiación mínima, días nublados continuos, en los que se va a consumir más energía de la que el sistema fotovoltaico va a ser capaz de generar.

Vistos todos los apartados del dimensionado de la instalación, la **Tabla.6** nos muestra el resultado de nuestra instalación en fin de semana y esos datos nos sirven para enfocar nuestra instalación a tener una mayor eficiencia.

Tabla.6: Dimensionado de la instalación.

Dimensionado de la instalación	
Nº mínimo paneles solares	8,344
Nº total de Paneles a instalar	9
Corriente soporta regulador (Ir)	54,252 A
Capacidad nominal batería estacional	37374,285 Wh
	1557,261 Ah

3.4 DIAS DE DIARIO

En la cuarta pestaña, “*Días de diario*”, la hoja de cálculo nos determina el diseño de la instalación que tendríamos que llevar a cabo, para hacer un uso de la casa rural durante toda la semana con los datos de ocupación suministrados. En esta pestaña, nos encontraremos varios apartados con diferentes ejemplos que calculan diferentes partes de la instalación. A continuación explicaremos el funcionamiento de cada apartado.

3.4.1 Consumo días de diario

Este apartado nos calcula el consumo medio cuando se usa durante los 7 días de la semana con la ocupación media de ese mes (datos suministrados por el instituto nacional de estadística). Obtenemos el consumo entre semana con ocupación parcial multiplicando el consumo medio diario por el grado de ocupación por plazas y por cinco días de diario que tiene la semana y todo ello lo dividimos entre siete días que tiene una semana. Este cálculo viene determinado por la siguiente expresión y podemos ver el resultado en la **Tabla.7**.

$$\text{Consumo d. d} = \frac{Emd \cdot 5}{7} \times \text{Grado de ocupación}$$

Tabla.7: Consumo en días de diario.

Consumo en días de diario					
Consumo diario máximo	13081	13081	13081	13081	13081
Grado de ocupación por plazas	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
	0,0655	0,0869	0,0959	0,1741	0,1097
Consumo entre semana con ocupación parcial	174,858	231,987	256,013	464,775	292,854

3.4.2 Número de paneles solares para cada mes del año

Nos calcula el número de paneles que nos haría falta para nuestra instalación en cada mes del año y según el ángulo que requiera nuestra instalación, para una mejor eficiencia. Para dicho cálculo la hoja Excel utilizará la siguiente expresión.

$$Np = \frac{Cd \cdot d}{Wp \cdot HSP \cdot PR}$$

Donde cada elemento significa:

- **Cd.d:** El consumo medio diario. Este valor se obtiene del apartado anterior "Consumo en días de diario", concretamente, son los valores obtenidos en la fila "Consumo entre semana con ocupación parcial" de la tabla anterior. Para realizar el cálculo del número de paneles, la hoja de cálculo utiliza los consumos correspondientes de cada mes.
- **Wp:** La potencia pico del módulo dada por el fabricante, introducida por nosotros en la segunda pestaña "Datos necesarios" en el apartado "Especificaciones del módulo".
- **Hsp:** Son las horas de sol pico del mes correspondiente introducidas en la pestaña "Datos necesarios" en el apartado "Radiaciones del lugar".
- **PR:** El factor global de funcionamiento que varía entre 0.85 y 0.95. Como norma general se escoge un rendimiento general del 90% por lo que usaremos 0.90.

Una vez calculados el número de paneles de cada mes y dependiendo de los ángulos introducidos, en la **Tabla.8**, veremos el número de módulos que deberíamos instalar en el mes crítico, el que mayor número de paneles solares necesite, en nuestra instalación para cada ángulo introducido.

Tabla.8: Número de paneles solares para cada mes según la inclinación.

Número de paneles solares para cada mes del año según el ángulo			
MES / INCLINACIÓN	31,3	33	40
Enero	1,137	1,110	1,056
Febrero	1,240	1,231	1,192
Marzo	0,935	0,945	0,934
Julio	1,883	1,918	2,001
Agosto	3,016	3,020	3,092
Septiembre	1,354	1,345	1,343
Octubre	1,672	1,643	1,602
Noviembre	1,597	1,557	1,493
Diciembre	2,939	2,893	2,753
	3,016	3,020	3,092

3.4.3 Dimensionado de la instalación

Nos calcula lo necesario para poder estudiar las posibles elecciones para nuestra instalación, como veremos más adelante. En este apartado nos calculará lo referente al número de paneles, corriente que debe soportar el regulador y capacidad nominal de la batería. A continuación, explicaremos como se obtiene los cálculos de cada parte de la instalación.

- Número de paneles solares

Primero la hoja Excel, nos muestra el número mínimo de paneles solares (celda roja) que debe tener la instalación, que se obtiene al hacer el mínimo entre los valores que vemos al final de la tabla en negrita, obtenidos en el apartado anterior “*Número de paneles solares para cada mes*” y ese valor, normalmente en decimal, la hoja Excel redondea dicho valor para obtener el número total de paneles a instalar.

- Corriente del regulador

Es la corriente que como mínimo tiene que soportar el regulador de carga. Para obtener dicho valor, la hoja Excel utiliza la corriente de cortocircuito que nos proporciona el fabricante la cual hemos introducido en la segunda pestaña “*Datos necesarios*”, en el apartado “*Especificaciones del módulo*” y con el número de paneles obtenido en el anterior apartado nos muestra el resultado. La expresión en la que introduce los datos es la siguiente:

$$I_r = 1.1 \cdot I_{sc} \cdot N_p$$

Siendo estos los parámetros que la hoja Excel sustituye en la expresión.

- **I_{sc}**: La corriente unitaria del módulo fotovoltaico en condiciones de cortocircuito. Dato introducido en la pestaña “*Datos necesarios*” en el apartado “*Especificaciones del módulo*”.
- **NP**: El número de ramas en paralelo. Dato obtenido en la pestaña “*Días de diario*” en el apartado anterior “*Número de paneles solares*”.
- **1.1**: Margen de seguridad del 10% para evitar que el regulador trabaje al límite de la corriente máxima que debe soportar el regulador.

- Capacidad nominal de la batería estacional

Nos muestra la capacidad nominal que debería tener la batería para poder disponer de esta energía fuera de las horas de luz o durante periodos prolongados de mal tiempo, cuya misión es almacenar la energía producida por el generador y mantener constante el voltaje de la instalación.

Necesitamos generar una energía diaria **Emd** con nuestras baterías pero que podamos disponer de ella durante 7 días sin sol, sin permitir una descarga mayor del 70% y suponiendo un Factor de corrección de Temperatura (**Fct** = 1). Una vez sabida la energía en Wh de la batería, simplemente dividimos entre la tensión de la misma y ya tenemos la capacidad mínima que necesitamos para nuestro sistema de acumulación en función de los días de autonomía. Las expresiones que utiliza son:

$$Cme(Wh) = \frac{Emd \cdot N}{Pdmax,e \cdot Fct}$$

$$Cme(Ah) = \frac{Cmd(Wh)}{Vbat}$$

Siendo estos los parámetros que la hoja Excel sustituye en la expresión.

- **Emd**: Es el valor que obtenemos del consumo entre semana con ocupación parcial máximo (situado en la celda roja en nuestro Excel) obtenido en el apartado “Consumo días de diario”.
- **Pdmax,e**: Profundidad de Descarga Máxima Estacional: 70% = 0,7.
- **Fct** : Factor de corrección de Temperatura: 1.
- **Vbat** : Tensión de la batería. La hoja Excel por defecto utiliza 24V.
- **N**: Son los 7 días en los que la instalación debe operar bajo la irradiación mínima, días nublados continuos, en los que se va a consumir más energía de la que el sistema fotovoltaico va a ser capaz de generar.

Vistos todos los apartados del dimensionado de la instalación, la **Tabla.9** nos muestra el resultado de nuestra instalación en días de diario y esos datos nos sirven para enfocar nuestra instalación a tener una mayor eficiencia.

Tabla.9: Dimensionado de la instalación.

Dimensionado de la instalación	
Nº mínimo paneles solares	3,016
Nº total de Paneles a instalar	4
Corriente soporta regulador (Ir)	24,112 A
Capacidad nominal batería estacional	34804,803 Wh
	1450,200 Ah

3.5 DÍAS DE DIARIO MÁS FINES DE SEMANA

En la quinta pestaña, “*Días de diario + fines de semana*”, la hoja de cálculo nos determina el diseño de la instalación que tendríamos que llevar a cabo, para hacer un uso de la casa rural de los días de diario, con la ocupación media de ese mes (con los datos suministrados por el instituto nacional de estadística) más fines de semana con la ocupación completa. En esta pestaña, nos encontraremos varios apartados con diferentes ejemplos que calculan diferentes partes de la instalación. A continuación explicaremos el funcionamiento de cada apartado.

3.5.1 Consumo días de diario más fines de semana

Este apartado nos calcula el consumo medio diario considerando los días de diario más fines de semana de la casa a diseñar.

- Días de diario:

Lo que queremos calcular es el consumo medio diario producido durante los días de diario con la ocupación dada. Obtenemos el consumo entre semana con ocupación parcial multiplicando el consumo medio diario por el grado de ocupación por plazas y por cinco días de diario que tiene la semana y todo ello lo dividimos entre siete días que tiene una semana.

Este cálculo viene determinado por la siguiente expresión y después veremos el resultado en la **tabla.10**.

$$\text{Consumo d. d} = \frac{Emd \cdot 5}{7} \times \text{Grado de ocupación}$$

Tabla.10: Consumo días de diario.

Consumo días de diario			
Consumo diario máximo	13081	13081	13081
Grado de ocupación por plazas	Enero	Febrero	Marzo
	0,0655	0,0869	0,0959
Consumo entre semana con ocupación parcial	612,003	811,956	896,048

- Fines de semana:

Lo que queremos calcular es el consumo medio diario producido por el fin de semana con ocupación completa. Obtenemos el consumo producido por los fines de semana con ocupación completa multiplicando el consumo medio diario por dos días que tiene el fin de semana y todo ello lo dividimos entre siete días que tiene una semana. Podemos observar el resultado en la **tabla.11**.

$$\text{Consumo } f.s = \frac{Emd \cdot 2}{7}$$

Tabla.11: Consumo fin de semana.

Consumo fin de semana	3737,428 Wh
------------------------------	--------------------

Una vez obtenido los consumos, realizamos la suma del consumo medio producido durante los días de diario más el consumo producido los fines de semana. Este cálculo viene determinado por la siguiente expresión:

$$\text{Consumo } f.s + d.d = \frac{Emd \cdot 2}{7} + \frac{Emd \cdot 5}{7} \times \text{Grado de ocupación}$$

3.5.2 Número de paneles solares para cada mes del año

Nos calcula el número de paneles que nos haría falta para nuestra instalación en cada mes del año y según el ángulo que requiera nuestra instalación, para una mejor eficiencia. En este apartado, veremos dos tablas, una calculará el número de paneles solares necesario para cubrir las necesidades producidas por los días de diario y la otra por los fines de semana. Para dichos cálculos la hoja Excel utilizará la siguiente expresión.

$$Np = \frac{Emd}{Wp \cdot HSP \cdot PR}$$

Donde cada elemento significa:

- **Emd:** El consumo medio diario. Este valor se obtiene del apartado anterior "Consumo en días de diario más fines de semana", concretamente, son los valores obtenidos en la fila "Consumo entre semana con ocupación parcial" y "Consumo fin de semana" de las tablas anteriores. Para realizar el cálculo del número de paneles, la hoja de cálculo utiliza los consumos correspondientes de cada mes.
- **Wp:** La potencia pico del módulo dada por el fabricante, introducida por nosotros en la segunda pestaña "Datos necesarios" en el apartado "Especificaciones del módulo".
- **Hsp:** Son las horas de sol pico del mes correspondiente introducidas en la pestaña "Datos necesarios" en el apartado "Radiaciones del lugar".
- **PR:** El factor global de funcionamiento que varía entre 0.85 y 0.95. Como norma general se escoge un rendimiento general del 90% por lo que usaremos 0.90.

Una vez calculados el número de paneles de cada mes y dependiendo de los ángulos introducidos, al final de las tablas en negrita, de la **Tabla.12** y la **Tabla.13**, veremos el máximo valor de módulos que deberíamos instalar en el mes crítico de nuestra instalación para cada ángulo introducido, es decir, en el mes que menos horas de luz solar disponemos.

Tabla.12: Número de paneles solares para cada mes según la inclinación para los días de diario.

Número de paneles solares para cada mes del año según el ángulo para días de diario			
MES / INCLINACIÓN	31,3	33	40
Enero	1,137	1,110	1,056
Febrero	1,240	1,231	1,192
Marzo	0,935	0,945	0,934
Abril	1,717	1,786	1,812
Mayo	0,938	0,977	1,012
Junio	1,119	1,154	1,210
Julio	1,883	1,918	2,001
Agosto	3,016	3,020	3,095
Septiembre	1,354	1,345	1,343
Octubre	1,672	1,643	1,602
Noviembre	1,597	1,557	1,493
Diciembre	2,939	2,893	2,753
	3,016	3,020	3,092

Tabla.13: Número de paneles solares para cada mes según la inclinación para los fines de semana.

Número de paneles solares para cada mes del año según el ángulo para fines de semana:			
MES / INCLINACIÓN	31,3	33	40
Enero	6,949	6,781	6,450
Febrero	5,711	5,668	5,488
Marzo	3,904	3,944	3,897
Abril	3,944	4,103	4,164
Mayo	3,421	3,563	3,691
Junio	3,234	3,335	3,335
Julio	3,161	3,220	3,360
Agosto	3,239	3,243	3,320
Septiembre	3,843	3,814	3,811
Octubre	4,922	4,837	4,715
Noviembre	7,058	6,885	6,602
Diciembre	8,907	8,761	8,344
	8,907	8,768	8,344

Ahora sumamos los datos de las **tablas.12 y 13** obteniendo el número de paneles solares necesarios cada mes como podemos observar en la **tabla.14**.

Tabla.14: Número de paneles solares para cada mes según la inclinación.

Número de paneles solares para cada mes del año según el ángulo			
MES / INCLINACIÓN	31,3	33	40
Enero	8,087	7,892	7,506
Febrero	6,952	6,8999	6,680
Marzo	4,839	4,8908	4,831
Abril	5,662	5,889	5,977
Mayo	4,360	4,540	4,704
Junio	4,354	4,4901	4,546
Julio	5,045	5,139	5,362
Agosto	6,255	6,2645	6,412
Septiembre	5,198	5,1631	5,154
Octubre	6,595	6,4813	6,317
Noviembre	8,655	8,443	8,095
Diciembre	11,847	11,661	11,094
	11,847	11,661	11,098

Por último, para el número total de paneles necesarios para la instalación, según el ángulo de inclinación. Estos valores se obtienen al elegir el mayor de la suma de los valores obtenidos para cada mes y cada ángulo. La hoja Excel, nos señala el mínimo valor, coloreando la celda de rojo, para que nos sea más fácil entender el apartado

siguiente. Por último, para conocer el número total de paneles necesarios, tomamos el mes que mayor número de paneles necesite para cada inclinación y elegimos la inclinación que lo tenga menor como vemos en la **tabla.15**.

Tabla.15: Número total de paneles necesarios para la instalación.

Número total de paneles necesarios para la instalación	
31,3	11,847
33	11,661
40	11,098

Finalmente el número elegido se redondeara al alza y este será el número de paneles necesario.

3.5.3 Dimensionado de la instalación

Nos calcula lo necesario para poder estudiar las posibles elecciones para nuestra instalación, como veremos más adelante. En este apartado nos calculará lo referente al número de paneles, corriente que debe soportar el regulador y capacidad nominal de la batería. A continuación, explicaremos como se obtiene los cálculos de cada parte de la instalación.

- Número de paneles solares

Primero la hoja Excel, nos muestra el número mínimo de paneles solares que debe tener la instalación, que se obtiene al hacer el mínimo entre los valores que vemos en la tabla anterior, obtenidos en el apartado anterior “*Número de paneles solares para cada mes*” y ese valor, normalmente en decimal, la hoja Excel redondea dicho valor para obtener el número de paneles a instalar.

- Corriente del regulador

Es la corriente que como mínimo tiene que soportar el regulador de carga. Para obtener dicho valor, la hoja Excel utiliza la corriente de cortocircuito que nos proporciona el fabricante la cual hemos introducido en la segunda pestaña “*Datos necesarios*”, en el apartado “*Especificaciones del módulo*” y con el número de paneles obtenido en el anterior apartado nos muestra el resultado. La expresión en la que introduce los datos es la siguiente:

$$I_r = 1.1 \cdot I_{sc} \cdot N_p$$

Siendo estos los parámetros que la hoja Excel sustituye en la expresión.

- **Isc:** La corriente unitaria del módulo fotovoltaico en condiciones de cortocircuito. Dato introducido en la pestaña "Datos necesarios" en el apartado "Especificaciones del módulo".
- **NP:** El número de ramas en paralelo. Dato obtenido en la pestaña "Días de diario+Fines de semana" en el apartado anterior "Número de paneles solares".
- **1.1:** Margen de seguridad del 10% para evitar que el regulador trabaje al límite de la corriente máxima que debe soportar el regulador.

- Capacidad nominal de la batería estacional

Nos muestra la capacidad nominal que debería tener la batería para poder disponer de esta energía fuera de las horas de luz o durante periodos prolongados de mal tiempo, cuya misión es almacenar la energía producida por el generador y mantener constante el voltaje de la instalación.

Necesitamos generar una energía diaria **Emd** con nuestras baterías pero que podamos disponer de ella durante 7 días sin sol, sin permitir una descarga mayor del 70% y suponiendo un Factor de corrección de Temperatura (**Fct** = 1). Una vez sabida la energía en Wh de la batería, simplemente dividimos entre la tensión de la misma y ya tenemos la capacidad mínima que necesitamos para nuestro sistema de acumulación en función de los días de autonomía. Las expresiones que utiliza son:

$$Cme(Wh) = \frac{Emd \cdot N}{Pdmax,e \cdot Fct}$$

$$Cme(Ah) = \frac{Cmd(Wh)}{Vbat}$$

Siendo estos los parámetros que la hoja Excel sustituye en la expresión.

- **Emd:** Es el valor que obtenemos de hacer la suma del consumo entre semana con ocupación parcial máximo (situado en la celda roja) y el consumo medio diario obtenidos en el apartado "Consumo días de diario más fines de semana".
- **Pdmax,e:** Profundidad de Descarga Máxima Estacional: 70% = 0,7.
- **Fct :** Factor de corrección de Temperatura: 1.
- **Vbat :** Tensión de la batería. La hoja Excel por defecto utiliza 24V.

- **N:** Son los 7 días en los que la instalación debe operar bajo la irradiación mínima, días nublados continuos, en los que se va a consumir más energía de la que el sistema fotovoltaico va a ser capaz de generar.

Vistos todos los apartados del dimensionado de la instalación, la **tabla.16** nos muestra el resultado de nuestra instalación en días de diario y esos datos nos sirven para enfocar nuestra instalación a tener una mayor eficiencia.

Tabla.16: Dimensionado de la instalación.

Dimensionado de la instalación	
Nº mínimo paneles solares	11,098
Nº total de Paneles a instalar	12
Corriente soporta regulador (Ir)	72,336 A
Capacidad nominal batería estacional	72179,089 Wh
	3007,462 Ah

3.6 DISEÑO DE LA INSTALACIÓN

En las pestañas sexta, séptima y octava, “*Diseño DD+FS*”, “*Diseño DD*” y “*Diseño FS*”, la hoja de cálculo nos determina el diseño final de la instalación que tendríamos que llevar a cabo, para hacer un uso de la casa rural en esos periodos de tiempo, segúnelijamos la pestaña que nos haría falta. Nos encontraremos varios apartados con diferentes ejemplos que calculan diferentes partes de la instalación. A continuación explicaremos el funcionamiento de cada apartado.

- Módulo fotovoltaico

En esta tabla se ve las especificaciones del módulo elegido para llevar a cabo la instalación. Se introducirá el precio de cada panel y la hoja nos mostrará el precio total de la instalación de módulos fotovoltaicos. La **tabla.17** muestra el resultado.

Tabla.17: Diseño del módulo fotovoltaico.

Módulo Fotovoltaico	
Modelo del módulo	TAV PV 185
Potencia máxima	185 Wp
Corriente cortocircuito	5,48 A
Precio del panel	485 Euros
Nº de paneles	12
Precio Total	5820 Euros

- Regulador de carga

En esta tabla se ve las especificaciones del regulador elegido para llevar a cabo la instalación. Se introducirá la corriente del regulador elegido y el precio de cada regulador de carga y la hoja nos mostrará el número de reguladores a instalar y el precio total de los reguladores. La **tabla.18** muestra el resultado.

Tabla.18: Diseño del regulador de carga.

Regulador de Carga	
Corriente que debe soportar	72.33 A
Modelo del regulador elegido	Esteca Solarix 2401
Corriente del regulador elegido	40 A
Precio del regulador elegido	174 Euros
Número de reguladores	1,507
Número de reguladores a instalar	2
Precio Total	348 Euros

- Batería estacionaria

En esta tabla se ve las especificaciones de la batería elegida para llevar a cabo la instalación. Se introducirá la tensión nominal a la que trabaja la instalación, la capacidad de la batería elegida y su tensión, así como el precio de cada batería. La hoja nos mostrará el número de baterías a instalar y el precio total de las baterías. La **tabla.19** muestra el resultado.

Tabla.19: Diseño de la batería estacionaria.

Batería estacionaria	
Capacidad nominal que debe tener	3007.462 Ah
Tensión nominal de la instalación	24 V
Modelo de la batería elegida	TAB 20 OPzS 2500
Capacidad de la batería elegida	3750 Ah
Tensión de la batería elegida	2 V
Precio de la batería elegida	533 Euros
Número de baterías	12
Número de baterías a instalar	12
Precio Total	11184 Euros

- Inversor

En esta tabla se ve las especificaciones del inversor elegido para llevar a cabo la instalación. Se introducirá el precio del inversor y el número de inversores que requiere la instalación. La hoja nos mostrará el precio total del inversor. La **tabla.20** muestra el resultado.

Tabla.20: Diseño del inversor elegido.

Inversor	
Modelo del inversor elegido	Phoenix C24/5000
Precio del inversor	2.491,61 Euros
Número de inversores	1
Precio Total	2.491,61 Euros

- Coste total de la instalación

Nos calcula el coste total de nuestra instalación una vez calculado los apartados anteriores. Lo vemos en la **tabla.21**.

Tabla.21: Coste total de la instalación.

Coste total de la instalación	19843.61 Euros
--------------------------------------	-----------------------

4. DETERMINACIÓN DE LA ENERGÍA NECESARIA

Como ya se ha dicho anteriormente, la casa consta de dos plantas. En la planta baja se encuentran la cocina y el salón-comedor. En la planta primera hay cuatro habitaciones cada una con baño propio. A continuación, veremos que aparatos se encuentran en cada uno de los sitios de la casa.

- En la cocina:
 - Un lavavajillas.
 - Un frigorífico con congelador.
 - Un microondas.
 - Un exprimidor de cítricos.
 - Una caldera de gasoil.
 - Un tostador.
 - Una lavadora.
 - Dos lámparas fluorescentes.
- En el comedor:
 - Dos lámparas fluorescentes.
- En el salón:
 - Un televisor en color de 19 pulgadas.
 - Un lector de DVD.
 - Una lámpara con bombilla bajo consumo.
- En cada habitación:
 - Un televisor en color 17 pulgadas.
 - Una lámpara de mesa con bombilla incandescente.
 - Una lámpara con dos bombillas de bajo consumo.
- Pasillo:
 - Dos focos fluorescentes.
- En el cada baño:
 - Dos focos empotrables halógenos.

Además de estos electrodomésticos vistos en cada rincón de la casa, hay que contar con la posibilidad de que se conecten:

- Un aspirador.
- Hasta cuatro ordenadores portátiles.
- Hasta cuatro móviles.
- Hasta cuatro maquinillas de afeitar.
- Hasta cuatro secadores de pelo.
- Una plancha.

Una vez vistos los diferentes aparatos que se encuentran en el interior de la casa y los electrodomésticos que podemos utilizar a mayores, mostramos en la **Tabla.22** los consumos con todos los electrodomésticos que podemos utilizar en la casa.

Tabla.22: Consumos de los electrodomésticos.

Aparatos	Tensión(V)	Unidades	Potencia W	Hora/Día H	Energía W·H
Tubos fluorescentes	230V	8	40	5	1600
Focos incandescentes	230V	6	40	2	480
focos empotrables halógenos	230V	8	50	1	400
lámpara compacta fluorescente	230V	10	23	1	230
TV color(19 pulg)	230V	1	70	8	560
Tv 17	230V	4	70	8	2240
DVD	230V	1	25	2	50
Exprimidor de cítricos	230V	1	30	0,16	4,8
Lavavajillas	230V	1	430	2 usos	2000
Lavadora	230V	1	400	1 uso	1200
Refrigerador	230V	1	-	24horas	1000
Tostador	230V	1	900	0,16	144
Plancha	230V	1	1000	0,5	500
Aspiradora horizontal	230V	1	800	1	800
Microondas	230V	1	600	0,3	180
Cargador de móvil	230V	4	2,25	1	9
Cargador de portátil	230V	4	75	4	1200
Secador de pelo	230V	4	1200	0,1	480
Maquinilla de afeitarse	230V	4	5	0,16	3,2
TOTAL:					13081

En el apartado “*Herramienta de cálculo en Excel*”, en la pestaña “*Energía necesaria*” visto anteriormente, señalábamos como podemos modificar y como se obtiene el resultado final. Pos bien, esta tabla de consumos, nos muestra la energía necesaria diaria de la casa a diseñar, que en nuestro caso es de **13081 Wh/día**.

5. DIMENSIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

5.1 MÓDULO FOTOVOLTAICO

Los módulos fotovoltaicos están formados por ciertos materiales semiconductores que captan los fotones transmitidos en la luz solar para transformarlos en una corriente continua de electrones, es decir, en electricidad. Estos materiales están formados por conjuntos de células (células fotovoltaicas), interconectadas en serie o en paralelo y protegidas por un vidrio en la parte superior y por varias capas plásticas en la parte posterior, todo ello reforzado mediante un marco metálico. En la parte posterior se encuentran las conexiones eléctricas pertinentes. La **Fig.2** muestra lo dicho anteriormente.



Fig.2: Módulo fotovoltaico

5.1.1 Tipos

En el mercado podemos encontrar diferentes tipos de módulos fotovoltaicos en función del material que forman sus células.

- Silicio Puro monocristalino: Se componen de secciones de un único cristal de silicio. Son los de mayor calidad, aunque en los últimos años han sido casi alcanzados por nuevas patentes de policristalinos. Su eficiencia es del 14-16%. La **Fig.3** nos muestra el módulo monocristalino.



Fig.3: Módulo solar monocristalino

- Silicio puro policristalino: Los materiales son semejantes a los del tipo anterior aunque en este caso el proceso de cristalización del silicio es diferente. Los paneles

policristalinos se basan en secciones de una barra de silicio que se ha estructurado desordenadamente en forma de pequeños cristales. Son visualmente muy reconocibles por presentar su superficie un aspecto granulado. Es más barato pero logra un rendimiento del 10-12%. La **Fig.4** nos muestra el módulo policristalino.

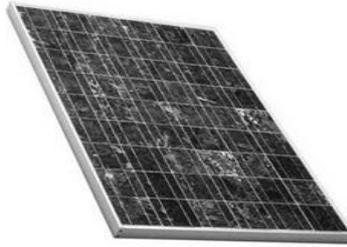


Fig.4: Módulo solar policristalino

- **Silicio amorfo:** Basados también en el silicio, pero a diferencia de los dos anteriores, este material no sigue aquí estructura cristalina alguna. Paneles de este tipo son habitualmente empleados para pequeños dispositivos electrónicos (Calculadoras, relojes) y en pequeños paneles portátiles. Su rendimiento es del 6-8%. La **Fig.5** nos muestra el silicio amorfo.



Fig.5: Silicio amorfo

5.1.2 Elección del módulo

Una vez explicado en qué consiste un módulo fotovoltaico y sus diferentes tipos en relación al material que forman sus células, debemos estudiar nuestro caso y elegir el módulo fotovoltaico que mejor nos conviene para tener una mayor eficiencia en nuestra instalación. Se ha elegido un módulo fotovoltaico con célula monocristalina, porque presenta rendimiento energético superior a la equivalente policristalina. Si esto es así, a igualdad de potencia, se necesitará menor área de captación. Para un área de captación determinada, las monocristalinas ofrecerán mayor potencia a igualdad de irradiación. Sabiendo que en el mercado hay diferentes modelos de módulos monocristalinos, nosotros nos fijaremos en los de mayor potencia ya que queremos que la instalación sea lo menos costosa y económica. Dicho esto, después de comparar varios módulos de diferente potencia y precio, a continuación veremos los módulos escogidos entre varios y con nuestra hoja de cálculo diseñada, en función

del número de paneles solares y precio total, determinaremos cual es la opción más económica y eficiente.

- Módulo Fotovoltaico Monocristalino TAB PV 185:

El módulo fotovoltaico monocristalino PV 185 del fabricante TAB presenta las características que veremos en la **Tablas.23** y **Tabla.24**:

Tabla.23: Datos técnicos del módulo TAB PV 185.

DATOS TÉCNICOS	
Potencia máxima. Pmp	185Wp
Voltaje a potencia máxima. Vmp	36.6V
Corriente a potencia máxima. Imp	5.06A
Voltaje de circuito abierto. Voc	48.8V
Corriente de cortocircuito. Isc	5.4A

Tabla.24: Construcción del módulo TAB PV 185.

CONSTRUCCIÓN	
Longitud	1605mm
Anchura	805mm
Profundidad	35mm
Peso	16.70kg

El módulo TAB de 185w está compuesto de 72 células, tiene una tolerancia de +/-3%, una eficiencia de la célula de 17.05% y una eficiencia del módulo de 14.98%. Su precio es de 485 Euros cada módulo.

Vistas sus características y precio, introduciremos esos datos en nuestra hoja de cálculo, en la pestaña “*Diseño DD+FS*”, en el apartado “*Módulo fotovoltaico*” y obtenemos el resultado que vemos en la **Tabla.25**.

Tabla.25: Número de paneles y precio del panel TAB PV 185

Módulo Fotovoltaico	
Modelo del módulo	TAV PV 185
Potencia máxima	185 Wp
Voltaje a potencia máx	36,6 V
Corriente cortocircuito	5,48 A
Precio del panel	485 Euros
Nº de paneles	12
Precio Total	5820 Euros

- Módulo Fotovoltaico Monocristalino SANYO HIP-225 HDE1:

El módulo fotovoltaico monocristalino SANYO HIP-225 HDE1 presenta las características que veremos en la **Tablas.26** y **Tabla.27**:

Tabla.26: Datos técnicos del módulo SANYO HIP-225 HDE1.

DATOS TÉCNICOS	
Potencia máxima. Pmp	225Wp
Voltaje a potencia máxima. Vmp	33.9V
Corriente a potencia máxima. Imp	7.14A
Voltaje de circuito abierto. Voc	47.8V
Corriente de cortocircuito. Isc	5.48A

Tabla.27: Construcción de módulo SANYO HIP-225 HDE1.

CONSTRUCCIÓN	
Longitud	1610mm
Anchura	861mm
Profundidad	35mm
Peso	16.5kg

El módulo SANYO HIP-225 HDE1 está compuesto de 72 células, tiene una tolerancia de +/-3%, una eficiencia de la célula de 18.8% y una eficiencia del módulo de 16.2%. Su precio es de 870 Euros cada módulo.

Vistas sus características y precio, introduciremos esos datos en nuestra hoja de cálculo, en la pestaña “*Diseño DD+FS*”, en el apartado “*Módulo fotovoltaico*” y obtenemos el resultado que vemos en la **Tabla.28**.

Tabla.28: Número de paneles y precio del panel

Módulo Fotovoltaico	
Modelo del módulo	SANYO HIP-225 HDE1
Potencia máxima	225 Wp
Corriente cortocircuito	5,48 A
Precio del panel	870 Euros
Nº de paneles	8
Precio Total	6960 Euros

- Módulo Fotovoltaico Monocristalino LDK-240D:

El módulo fotovoltaico Monocristalino 240D del fabricante LDK presenta las características que veremos en la **Tablas.29** y **Tabla.30**:

Tabla.29: Datos técnicos del módulo LDK-240D.

DATOS TÉCNICOS	
Potencia máxima. Pmp	240Wp
Voltaje a potencia máxima. Vmp	36.1V
Corriente a potencia máxima. Imp	7.11A
Voltaje de circuito abierto. Voc	46.8V
Corriente de cortocircuito. Isc	5.4A

Tabla.30: Construcción de módulo LDK-240D.

CONSTRUCCIÓN	
Longitud	1600mm
Anchura	870mm
Profundidad	34mm
Peso	16.5kg

El módulo LDK-240D está compuesto de 72 células, tiene una tolerancia de +/- 3%, una eficiencia de la célula de 17.8% y una eficiencia del módulo de 17.2%. Su precio es de 935 Euros cada módulo.

Vistas sus características y precio, introduciremos esos datos en nuestra hoja de cálculo, en la pestaña “*Diseño DD+FS*”, en el apartado “*Módulo fotovoltaico*” y obtenemos el resultado que vemos en la **Tabla.31**.

Tabla.31: Número de paneles y precio del panel.

Módulo Fotovoltaico	
Modelo del módulo	LDK-240D
Potencia máxima	240 Wp
Voltaje a potencia máx	36,1 V
Corriente cortocircuito	5,4 A
Precio del panel	935 Euros
Nº de paneles	8
Precio Total	7480 Euros

5.1.3 Modelo elegido

Una vez estudiado los tres casos anteriores, hemos elegido para nuestra instalación el módulo monocristalino TAB de 185w, porque aunque tengamos que instalar 2 módulos más que si utilizamos el de SANYO de más potencia, sale un precio más asequible. El módulo fotovoltaico monocristalino TAB PV 185 presenta las características que veremos en la **Tablas.32** y **Tabla.33**:

Tabla.32: Datos técnicos del módulo TAB PV 185.

DATOS TÉCNICOS	
Potencia máxima. Pmp	185Wp
Voltaje a potencia máxima. Vmp	36.6V
Corriente a potencia máxima. Imp	5.06A
Voltaje de circuito abierto. Voc	48.8V
Corriente de cortocircuito. Isc	5.4A

Tabla.33: Construcción del módulo TAB PV 185.

CONSTRUCCIÓN	
Longitud	1605mm
Anchura	805mm
Profundidad	35mm
Peso	16.70kg

El módulo TAB de 185w está compuesto de 72 células, tiene una tolerancia de +/-3%, una eficiencia de la célula de 17.05% y una eficiencia del módulo de 14.98%.

5.1.4 Dimensionamiento

La colocación de los módulos fotovoltaicos es muy importante para la instalación porque necesitamos sacarle el mayor rendimiento y aprovechar toda la radiación solar que nos llega. Los factores más importantes son la orientación, la inclinación y la radiación de los módulos fotovoltaicos.

- Orientación:

La orientación de los paneles solares es muy importante ya que interesa que los paneles capten la mayor cantidad de radiación solar posible. Esta orientación puede ser impuesta por el emplazamiento donde vamos a instalar los paneles, como es el caso de tejados con una cierta orientación, o libre si la ubicación lo permite, como extensiones de terreno llanas.

La orientación se define por el ángulo llamado **azimut (α)**, que es el ángulo que forma la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del

modulo y el meridiano del lugar. Los valores típicos son 0° para los módulos al sur, -90° para módulos orientados al este y $+90^\circ$ para módulos orientados al oeste, tal como viene en la **Fig.6**.

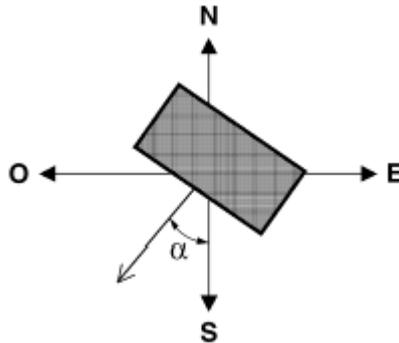


Fig.6: Ángulos azimuth (α)

Para hallar la orientación óptima de los paneles solares debe considerarse la ubicación de los mismos. Como norma general, los módulos fotovoltaicos deben orientarse al sur, ya que nos encontramos en el hemisferio norte. Por lo tanto, los paneles captaran la mayor cantidad de radiación solar si se orientan al sur geográfico, donde $\alpha=0^\circ$.

- Inclinación:

Otro punto importante para el diseño de estas instalaciones fotovoltaicas, es la inclinación que deben tener los módulos para la captación de la mayor cantidad de radiación solar. La inclinación de los módulos solares se define mediante el ángulo de inclinación β , que es el ángulo que forma la superficie de los módulos con el plano horizontal. Su valor es 0° para módulos horizontales y 90° para módulos verticales. La inclinación óptima, puede variar a lo largo de un año, por lo tanto, para una instalación de módulos fijos (lo más usual en instalaciones solares aisladas), se suele escoger un valor de inclinación para la máxima potencia media recibida anualmente. En nuestra instalación, para obtener la inclinación a la que deberán estar nuestros módulos para obtener menores pérdidas con un uso anual, por diferentes métodos, podemos obtener diferentes ángulos y obtener, mediante la página de consulta de la base de datos PVGIS, las horas pico solar (HSP) de cada mes en los ángulos obtenidos.

Sabiendo que la latitud de nuestra instalación en San Martín de la Vega del Alberche es de $40^\circ 25' 43''$ NORTE, la expresamos en grados que sería:

$$\text{Latitud: } 40^\circ 25' 43'' \text{ NORTE} \rightarrow \Phi = 40.43^\circ$$

- Primer método: Se suele tender a escoger un valor aproximado a la latitud, para que haya una mejor captación de energía solar en invierno respecto al verano. En nuestro caso la latitud de la casa es de: $40^\circ 25' 43''$, luego escogemos el ángulo para nuestros módulos de 40° .

- Segundo método: La página web PVGIS(Photovoltaic Geographical Information System)nos permite determinar el potencial de producción fotovoltaica de cualquier zona de Europa introduciendo las coordenadas del lugar y en la pestaña “monthly radiation” señalamos sólo “optimal inclination angle” y nos sale la tabla que nos muestra la inclinación óptima del lugar para todo el año **Tabla.34**.

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps3/pvest.php>

Tabla.34: Inclinación óptima anual del lugar

Month	I_{opt}
Jan	62
Feb	54
Mar	43
Apr	26
May	13
Jun	7
Jul	11
Aug	22
Sep	38
Oct	51
Nov	59
Dec	62
Year	33

- Tercer método: Según el libro “Energía Solar Fotovoltaica, de Miguel Pareja Aparicio” nos muestra una expresión para realizar el cálculo de la inclinación óptima de los paneles solares en función de la latitud del lugar de una instalación

$$Inclinación = 3.7 + 0.69 \cdot latitud = 31.3^\circ$$

- Radiación:

La radiación es la energía electromagnética emitida por los rayos del sol. Lo que debemos hacer es buscar los datos de radiación solar global en San Martín de la Vega del Alberche (Ávila), localización de la vivienda. En la página descrita anteriormente, introducimos los datos obtenidos.

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>

Obtendremos la **Tabla.35**, que nos expresa la irradiación solar diaria según las inclinaciones a estudio H (Wh/m2/día) (marcando en la anterior página el ángulo en “irration chosen angle”):

Tabla.35: Radiaciones del lugar en diferentes meses del año en H(Wh/m2/día).

MES / INCLINACIÓN	31.3°	33°	40°
Enero	3230	3310	3480
Febrero	2930	3960	4090
Marzo	5750	5690	5760
Abril	5690	5470	5390
Mayo	6560	6300	6080
Junio	6940	6730	6420
Julio	7100	6970	6680
Agosto	6930	6920	6760
Septiembre	5840	5880	5890
Octubre	4560	4640	4760
Noviembre	3180	3260	3400
Diciembre	2520	2560	2690

Las horas de sol pico HPS(h), definido como las horas de luz solar por día equivalente, pero definidas en base a una irradiancia I(Kw/m²) constante de 1 (Kw/m²), a la cual está siempre medida la potencia de los paneles solares. La irradiancia H(Kwh./m²) es igual al producto de la irradiancia de referencia I (kw/m²) constante de 1kw/m² por las horas de pico solar HPS(h). Luego entonces los valores numéricos de la irradiación y horas de pico solar son iguales.

$$H \text{ (kWh/m}^2\text{)} = I \text{ (1kW/m}^2\text{)} \cdot \text{HPS (h)}$$

Entonces, según la ecuación, los valores numéricos de la tabla anterior son igualmente válidos para las horas de pico solar. Para ello aplicamos la siguiente expresión que consiste en dividir la radiación en W/m²/día entre la potencia de radiación estándar (1000w/m²) Para obtener la cantidad de horas pico de sol (hsp).

$$Hps = \frac{\text{Radiación incidente}}{\text{Potencia de radiación estándar}}$$

Con lo explicado, obtendremos la **Tabla.36**, que nos expresa las Horas pico solar diarias según las inclinaciones a estudio Hps/día:

Tabla.36: Radiaciones del lugar en los diferentes meses del año en Hps/día.

MES / INCLINACIÓN	31.3°	33°	40°
Enero	3.23	3.31	3.48
Febrero	2.93	3.96	4.09

Marzo	5.75	5.69	5.76
Abril	5.69	5.47	5.39
Mayo	6.56	6.30	6.08
Junio	6.94	6.73	6.42
Julio	7.10	6.97	6.68
Agosto	6.93	6.92	6.76
Septiembre	5.84	5.88	5.89
Octubre	4.56	4.64	4.76
Noviembre	3.18	3.26	3.40
Diciembre	2.52	2.56	2.69

Estos valores, según el mes del año y la inclinación elegida para el estudio, son los que debemos introducir en la hoja de cálculo diseñada, en el apartado “*Datos necesarios*”, para que la hoja de cálculo utilice estas radiaciones para hallar el número de módulos necesarios para nuestra instalación, en cada uno de los casos.

5.1.5 Número de módulos

Procedemos ahora con el cálculo del número total de módulos necesarios. Para ello necesitamos saber cuántos paneles necesitamos para generar la energía que demanda nuestro sistema cada día. En la hoja de cálculo, en la pestaña “*Datos necesarios*” introducimos en el apartado “*Especificaciones necesarias*”, la potencia máxima y la corriente de cortocircuito que nos proporciona el fabricante del panel elegido. En nuestro caso la potencia máxima de nuestro panel TAB PV 185 es de 185W y su corriente de cortocircuito es de 5.48A. Una vez introducidos los datos, nos vamos a la pestaña “*Días de diario+ fines de semana*”, ya que nuestra instalación estará hecha para uso de días de diario más fines de semana durante todo el año, y en el apartado “*Dimensionado de la instalación*” vemos el número de paneles solares que nos haría falta para que nuestra instalación sea eficiente. En nuestro caso, la instalación constará de doce módulos fotovoltaicos TAB PV 185. En el apartado “*Herramienta de cálculo en Excel*” pestaña “*Días de diario y fines de semana*” hemos explicado cómo hemos obtenido el número de módulos a instalar con nuestra hoja de cálculo. La siguiente **Tabla.37** podemos ver el resultado.

Tabla.37: Número mínimo de paneles solares a instalar.

Dimensionado de la instalación	
Nº mínimo paneles solares	11,098

Nº total de Paneles a instalar

12

5.1.6 Conexionado

Para saber qué tipo de conexión debemos utilizar, debemos tener en cuenta la tensión que soportará nuestra instalación. Sabiendo que en paralelo las corrientes se suman y el voltaje es el mismo en todos los puntos, en nuestro caso como la tensión de nuestra instalación será de 24V, y cada módulo trabajará a 24V, conectaremos doce módulos en paralelo con un módulo en serie por cada rama, quedando como muestra la siguiente **Fig.7**:

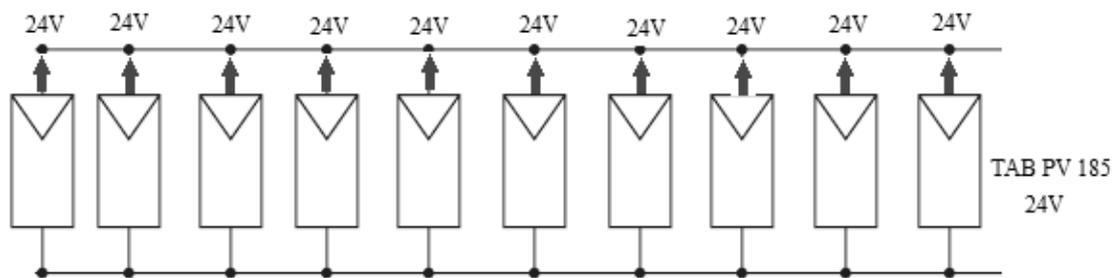


Fig.7: Doce módulos en paralelo con un módulo en serie por cada rama.

5.2 BATERÍA

La energía eléctrica producida por los módulos puede seguir dos caminos: consumirse en el momento o acumularse. Para poder disponer de esta energía fuera de las horas de luz o durante periodos prolongados de mal tiempo, es necesario instalar acumuladores, cuya misión es almacenar la energía producida por el generador y mantener constante el voltaje de la instalación.

El sistema de acumulación consiste en un juego de elementos, los cuales vemos en la **Fig.8** y explicaremos a continuación las tres partes más importantes:

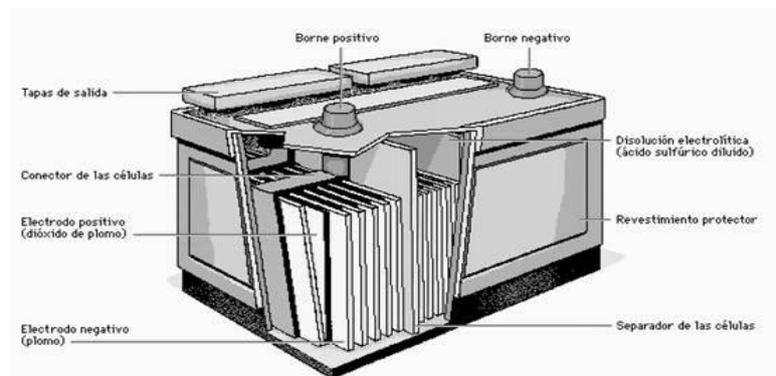


Fig.8: Partes de la batería.

- Electrolito: Es un conductor iónico que cubre los electrodos y que con el paso de la corriente eléctrica se transforma. Este elemento químico puede ser sólido, líquido o tener forma de pasta.
- Electrodos: Son dos conductores que se encuentran sumergidos en el electrolito. Estos conductores son metálicos, uno hace de polo positivo (cátodo) y el otro de polo negativo (ánodo).
- Rejilla o vaso: La batería está formada por varias rejillas o vasos cargadas iónicamente, que facilitan el traspaso de electrones de un vaso a otro, con la ayuda del electrolito. La tensión que son capaces de mantener los vasos varía de 1,2 V a 2V, dependiendo de la clase de batería.

En una batería hay que tener en cuenta tres consideraciones técnicas:

- La capacidad de descarga: La capacidad de una batería es la cantidad máxima de energía eléctrica que puede llegar a suministrar desde su carga plena a su descarga completa. Dicho en fórmula física: sería el producto de la intensidad por el tiempo de descarga.
- La profundidad de descarga: Existen dos tipos de baterías desde el punto de vista de la profundidad de descarga, las baterías de descarga superficial y las de descarga profunda. En las instalaciones de cualquier tipo de energía renovable, solamente se utilizan las baterías de descarga profunda, a continuación veremos por qué. Cuando hablamos de la profundidad de descarga nos referimos al tanto por ciento que se utiliza de la capacidad de la batería en un ciclo de carga y descarga.
 - Descarga superficial: Este tipo de batería tienen una descarga media que no supera el 15%, pero puede llegar al 50%.
 - Descarga profunda: Estas baterías tienen una descarga media de un 25%, pudiendo llegar al 80%.
- Ciclos de una batería: Un ciclo es el tiempo transcurrido desde una carga completa hasta una descarga de la batería. La vida útil de una batería se mide en cantidad de ciclos que puede llegar a soportar. El fabricante está obligado a indicar el número de ciclos de la batería y la profundidad de la descarga, así como la nomenclatura que hemos observado anteriormente.

5.2.1 Tipos

Para ver los tipos de baterías que pueden existir en una instalación fotovoltaica, vamos hacer la clasificación por sus componentes químicos. Aunque existen de varios tipos, las más usadas son: Las de plomo-ácido y Las de níquel-cadmio. Las primeras son las más usadas en instalaciones fotovoltaicas, en cambio, las de níquel-cadmio ofrecen un mejor rendimiento, pero tienen un precio demasiado elevado.

- Baterías de plomo-ácido: Lo que caracteriza a éstas baterías es su bajo coste y el mantenimiento que requieren, que más adelante explicaremos. La tensión de cada rejilla o vaso es de 2V. La **Fig.9** muestra una batería de plomo-ácido:



Fig.9: Batería de plomo-ácido

- Baterías de níquel-cadmio: El electrolito que utilizan es un alcalino. Tienen un bajo coeficiente de autodescarga, la carga ronda el 80%, tienen un buen rendimiento con temperaturas extremas y los vasos tienen un voltaje de 1,2V. Este tipo de baterías presenta el inconveniente del precio. La **Fig.10** muestra una batería de níquel-cadmio:



Fig.10: Batería de níquel-cadmio

5.2.2 Cálculo de la batería

Pasamos ahora al cálculo de las baterías. Como hemos señalado, nuestra instalación estará hecha para uso de días de diario más fines de semana durante todo el año. En la hoja Excel, en la pestaña “*Días de diario más fines de semana*”, en el apartado “*Dimensionado de la instalación*”, nos muestra el resultado para nuestra instalación. La capacidad nominal de las baterías sería, como mínimo, de **C100 = 3007.4 Ah**. En el apartado “*Herramienta de cálculo en Excel*” en lo referente a las baterías, podemos ver como se ha realizado el cálculo, con la explicación de las expresiones utilizadas y los parámetros que las componen, para obtener la capacidad nominal de la batería para nuestra instalación a diseñar. La **Tabla.38** nos muestra el resultado.

Tabla.38: Capacidad nominal de la batería estacional.

Dimensionado de la instalación	
Capacidad nominal batería estacional	72179,089 Wh
	3007,462 Ah

5.2.3 Elección de la batería

Una vez explicado en qué consiste un acumulador, debemos estudiar nuestro caso y elegir el acumulador que mejor nos conviene. Para nuestra instalación, como consume una potencia constante durante largos periodos de tiempo nos fijamos en el dato C100 que viene en las características del fabricante. Este dato significa que 100Ah en C100 hasta 2V/elemento, partiendo de una batería totalmente cargada en condiciones de temperatura fijas, puedes sacar una corriente de 1A durante 100 horas y al final tendrás una tensión por elemento de 2V (es decir 12V en una batería de 12V nominales). Dicho esto, una vez calculada la capacidad nominal mínima que debe soportar la batería estacional, que en nuestro caso es de **3007.4 Ah**, debemos mirar acumuladores que superen esa capacidad para tener un margen de seguridad y estudiaremos diferentes acumuladores con nuestra hoja de cálculo diseñada, y en función del precio total determinaremos cual es la opción más económica y eficiente. Después de mirar varios acumuladores, hemos elegido estudiar estos dos casos, ya que eran las opciones que mejor nos salían de precio y eran las opciones más eficientes.

- FIAMM 20 OPzS 2500 (3700)

La batería FIAMM 20 OPzS 2500 presenta las siguientes características que veremos en la **Tabla.39** y **Tabla.40**:

Tabla.39: Datos técnicos de la batería FIAMM 20 OPzS 2500.

DATOS TÉCNICOS	
Capacidad en 10h. C10	2620Ah
Capacidad en 100h. C100	3700Ah
Resistencia. R	0.29mΩ
Corriente de cortocircuito. Isc	6897A

Tabla.40: Construcción de la batería FIAMM 20 OPzS 2500.

CONSTRUCCIÓN	
Longitud	265mm
Anchura	200mm
Profundidad	696mm
Peso	100.5kg

Es un acumulador compuesto por 6 vasos, para una tensión de 12V. Tiene una capacidad de 3700Ah y su precio es de 7075 euros. Como nuestro sistema requiere una tensión nominal de 24V, harían falta dos bloques de baterías del modelo FIAMM 20 OPzS 2500 para conseguir los 24V que buscamos, ya que, como cada bloque está compuesto de 6 vasos de 2 voltios cada uno son 12V, luego con dos bloques conseguiríamos los 24V del sistema.

En nuestra hoja de cálculo, en la pestaña “*Diseño*”, nos dirigimos al apartado “*Batería estacionaria*” e introducimos las características de la batería y el precio de cada una de ellas y nos da el resultado que vemos en la **Tabla.41**.

Tabla.41: Datos batería estacionaria FIAMM 20 OPzS 2500.

Batería estacionaria	
Capacidad nominal que debe tener	3007,462 Ah
Tensión nominal de la instalación	24 V
Modelo de la batería elegida	FIAMM 20 OPzS 2500
Capacidad de la batería elegida	3700 Ah
Tensión de la batería elegida	12 V
Precio de la batería elegida	7075 Euros
Número de baterías	2
Número de baterías a instalar	2
Precio Total	14150 Euros

- TAB 20 OPzS 2500(3750Ah)

La batería TAB 20 OPzS 2500 presenta las siguientes características que veremos en la **Tabla.42** y **Tabla.43**:

Tabla.42: Datos técnicos de la batería TAB 20 OPzS 2500.

DATOS TÉCNICOS	
Capacidad en 10h. C10	2500Ah
Capacidad en 100h. C100	3750Ah
Resistencia. R	0.18mΩ
Corriente de cortocircuito. Isc	12500A

Tabla.43: Construcción de la batería TAB 20 OPzS 2500.

CONSTRUCCIÓN	
Longitud	275mm
Anchura	210mm
Profundidad	861mm
Peso	119kg

La batería es un vaso. Es decir, que para nuestra instalación nos harían falta 12 vasos de 2V cada uno, para una tensión de 24V. Cada vaso tiene 3750Ah de capacidad y su precio es de 932 euros cada vaso.

En nuestra hoja de cálculo, en la pestaña “*Diseño DD+FS*”, nos dirigimos al apartado “*Batería estacionaria*” e introducimos los datos y vemos el resultado que nos muestra la **Tabla.44**.

Tabla.44: Datos batería estacionaria TAB 20 OPzS2500.

Batería estacionaria	
Capacidad nominal que debe tener	3007,462 Ah
Tensión nominal de la instalación	24 V
Modelo de la batería elegida	TAB 20 OPzS 2500
Capacidad de la batería elegida	3750 Ah
Tensión de la batería elegida	2 V
Precio de la batería elegida	932 Euros
Número de baterías	12
Número de baterías a instalar	12
Precio Total	11184 Euros

5.2.4 Modelo elegido

Una vez estudiado los dos casos anteriores, hemos elegido para nuestra instalación los 12 vasos del modelo TAB 20 OPzS 2500, **Fig.11**, ya que es la opción que mejor nos viene para nuestra instalación, porque nos sale un precio más asequible. Como dijimos antes, nos fijamos en la capacidad del fabricante, C100=3750Ah, esto significa que partiendo de una batería totalmente cargada en condiciones de temperatura fijas puedes sacar una corriente de 37.5A durante 100 horas.



Fig.11: Vaso TAB 20 OPzS 2500

La batería TAB 20 OPzS 2500 tiene las siguientes características que veremos en la **Tabla.45** y **Tabla.46**.

Tabla.45: Datos técnicos de la batería TAB 20 OPzS 2500.

DATOS TÉCNICOS	
Capacidad en 10h. C10	2500Ah
Capacidad en 100h. C100	3750Ah
Resistencia. R	0.18mΩ
Corriente de cortocircuito. Isc	12500A

Tabla.46: Construcción de la batería TAB 20 OPzS 2500.

CONSTRUCCIÓN	
Longitud	275mm
Anchura	210mm
Profundidad	861mm
Peso	119kg

Es una batería de placa tubular inundada de larga duración ya que su vida útil es más de 20 años a 20°C , de más de 10 años a 30°C y de más de 5 años a 40°C. Tiene un mantenimiento reducido, se deberá añadir agua destilada cada 2-3 años a 20°C. La cantidad de ciclos posibles: más de 1500 ciclos al 80% de descarga.

5.2.5 Número de baterías

Nuestra instalación requiere una tensión de 24V, luego como cada vaso elegido del modelo TAB 20 OPzS 2500 es de 2V, necesitaremos 12 vasos de la misma capacidad, 3750Ah.

En nuestra hoja de cálculo, en la pestaña “*Diseño DD+FS*”, en el apartado “*Batería estacionaria*” se puede calcular el número de baterías, sólo tenemos que introducir el

tipo de voltaje que requiere nuestra instalación y el voltaje del acumulador elegido. La siguiente **Tabla.47** nos muestra el resultado final.

Tabla.47: Batería TAB 20 OPzS 2500.

Batería estacionaria	
Capacidad nominal que debe tener	3007,462 Ah
Tensión nominal de la instalación	24 V
Modelo de la batería elegida	TAB 20 OPzS 2500
Capacidad de la batería elegida	3750 Ah
Tensión de la batería elegida	2 V
Precio de la batería elegida	932 Euros
Número de baterías	12
Número de baterías a instalar	12
Precio Total	11184 Euros

5.2.6 Conexionado

Como dijimos anteriormente, necesitaremos 12 vasos en serie de la misma capacidad, 3750Ah, para conseguir los 24V que necesitamos para nuestra instalación, ya que en serie aumenta el voltaje y la corriente es la misma en todos los puntos. La siguiente **Fig.12** nos muestra como quedaría la instalación de las baterías:

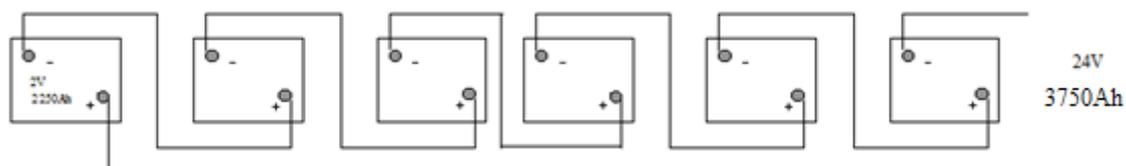


Fig.12: Conexión serie de las baterías TAB 20 OPzS2500

5.3 REGULADOR

Entre los módulos fotovoltaicos y las baterías es necesario incluir un regulador de carga. Este es un dispositivo que se encarga de la protección de los acumuladores frente a sobrecargas y descargas profundas, ya que puede ocurrir que la potencia requerida por el usuario no sea proporcional a la energía acumulada en la batería o a la radiación solar incidente sobre los módulos fotovoltaicos sea insuficiente.

Cuando las baterías estén cargadas, el regulador se encarga de cerrar el aporte de energía desde los paneles solares a la batería, para impedir la sobrecarga de las baterías y por consiguiente el acortamiento de su vida útil. De igual forma, el regulador cierra el aporte de energía de las baterías al consumo cuando las baterías alcanzan su nivel de descarga, para impedir la sobredescarga de las baterías y por consiguiente el acortamiento de su vida útil.

5.3.1 Tipos

En principio existen dos tipos de reguladores de carga:

- Reguladores PWM

Un regulador PWM (**P**ulse **W**idth **M**odulation) es un regulador sencillo que actúa como un interruptor entre los módulos fotovoltaicos y la batería. Conectados a un regulador PWM, los módulos fotovoltaicos están forzados a trabajar a la tensión de la batería (por ejemplo, en nuestro caso, cuando cargamos la batería a 24V, los módulos también dan 24V), lo que resulta en pérdidas de rendimiento respecto al punto de máxima potencia (MPP) de los módulos. En cuanto llegamos a la fase de absorción de la batería, el regulador empieza a cortar parte de la posible producción de los módulos, modificando la anchura de los pulsos (es decir cortando muchas veces por segundo el contacto entre módulos y batería), para que no se sobrecargue la batería. En la **Fig.13** vemos un regulador tipo PWM.



Fig.13: Regulador PWM

Las ventajas de este tipo de regulador son la sencillez, reducido peso y el precio. La desventaja principal es la pérdida de rendimiento con respecto a reguladores MPPT, es decir un regulador PWM va a extraer menos energía de un campo fotovoltaico que un regulador MPPT, por lo cual se necesitan más módulos fotovoltaicos para sacar la misma producción.

- Reguladores MPPT

Un regulador MPPT lleva incorporado un seguidor del punto de máxima potencia (**M**aximum **P**ower **P**oint **T**racking = MPPT) y un convertidor CC-CC (transformador de corriente continua de más alta tensión a corriente continua de más baja tensión - para la carga de la batería). El MPPT se encarga de trabajar en la entrada de los módulos fotovoltaicos a la tensión que más conviene (para sacar la máxima potencia o para limitar la potencia en fases de "absorción" y "flotación"). En la **Fig.14** vemos un regulador tipo MPPT.



Fig.14: Regulador MPPT

Las ventajas de un regulador MPPT frente a uno PWM:

- Saca más rendimiento de los módulos fotovoltaicos.
- Permite emplear módulos fotovoltaicos que no se pueden emplear con reguladores PWM (por cuestiones de incompatibilidad de la tensión del panel con la de la batería).
- Permite trabajar a mayor tensión en el campo fotovoltaico disminuyendo caídas de tensión respectivamente permitiendo emplear cables de menor sección.

5.3.2 Cálculo del regulador de carga

Procedemos ahora al cálculo del regulador. Para ello debemos calcular cual es la máxima corriente que debe soportar el regulador. Como hemos señalado, nuestra instalación estará hecha para uso de días de diario más fines de semana durante todo el año. En la hoja Excel, una vez introducido los valores en la pestaña "Datos necesarios" en el apartado "Especificaciones del módulo", nos dirigimos a la pestaña "Días de diario+fines de semana", en el apartado "Dimensionado de la instalación", nos muestra el resultado para nuestra instalación. La corriente mínima que debe soportar el regulador es de $I_r = 72.33A$. En el apartado "Herramienta de cálculo en Excel" en lo referente a los reguladores, podemos ver como se ha realizado el cálculo, con la explicación de las expresiones utilizadas y los parámetros que las componen, para obtener la corriente que debe soportar el regulador para nuestra instalación a diseñar. La **Tabla.48** nos muestra el resultado.

Tabla.48: Cálculo del regulador de carga

Dimensionado de la instalación	
Corriente soporta regulador (I_r)	72.33 A

5.3.3 Elección del regulador

Una vez explicado en qué consiste un regulador de carga y sus tipos, debemos estudiar nuestro caso y elegir el regulador que mejor nos conviene. Para nuestro proyecto, vamos a emplear reguladores PWM, porque es la opción más económica y para nuestra instalación queremos algo sencillo. En la hoja de cálculo, en la pestaña “*Diseño DD+FS*”, en el apartado “*Regulador de carga*”, nos debemos fijar en la corriente que debe soportar nuestro regulador, que en nuestro caso es de **72.33A**, y a partir de ello elegimos el regulador para hacer frente a nuestra instalación. Para ello, hemos hecho el estudio de varios reguladores de diferentes fabricantes, y nos hemos quedado con estos dos modelos, ya que eran la opción más económica y la que menos reguladores se necesitaría instalar.

- REGULADOR SOLENER DSD (50 A)

El regulador SOLENER DSD 50 presenta las siguientes características que veremos en la **Tabla.49** y **Tabla.50**:

Tabla.49: Datos técnicos del regulador SOLENER DSD 50.

DATOS TÉCNICOS	
Tensión del sistema. V	12/24V
Tensión de entrada máxima. V	47V
Corriente de carga. A	50A

Tabla.50: Construcción del regulador SOLENER DSD 50.

CONSTRUCCIÓN	
Longitud	330mm
Anchura	330mm
Profundidad	157mm
Peso	10kg

Con este regulador de carga solar se pueden regular sistemas hasta 8.400 Wp en tres niveles de tensión (12 V, 24V, 48 V). Es un Regulador de carga de 50A y su precio son 185 euros.

En la hoja de cálculo, en la pestaña “*Diseño DD+FS*”, en el apartado “*Regulador de carga*” introducimos la corriente del regulador y su precio y la **Tabla.51** nos muestra el resultado:

Tabla.51: Regulador de carga SOLENER DSD 50.

Regulador de Carga	
Corriente que debe soportar	72.336 A
Modelo del regulador elegido	SOLENER DSD 50
Corriente del regulador elegido	50 A
Precio del regulador elegido	185 Euros
Número de reguladores	1.446
Número de reguladores a instalar	2
Precio Total	370 Euros

- STECA SOLARIX 2401 (40A)

El regulador STECA SOLARIX 2401 presenta las siguientes características que veremos en la **Tabla.52** y **Tabla.53**:

Tabla.52: Datos técnicos del regulador STECA SOLARIX 2401.

DATOS TÉCNICOS	
Tensión del sistema. V	12/24/48V
Tensión de entrada máxima. V	125V
Corriente de carga. A	40A

Tabla.53: Construcción del regulador STECA SOLARIX 2401.

CONSTRUCCIÓN	
Longitud	330mm
Anchura	330mm
Profundidad	157mm
Peso	10kg

En la hoja de cálculo, en la pestaña “*Diseño*”, en el apartado “Regulador de carga” introducimos los datos que nos piden y la **Tabla.54** nos muestra el resultado:

Tabla.54: Regulador de carga Steca Solarix 2401.

Regulador de Carga	
Corriente que debe soportar	72.336 A
Modelo del regulador elegido	Esteca Solarix 2401
Corriente del regulador elegido	40 A
Precio del regulador elegido	174 Euros
Número de reguladores	1.8084
Número de reguladores a instalar	2
Precio Total	348 Euros

5.3.4 Modelo elegido

Una vez estudiado los dos casos, elegimos el modelo Steca Solarix 2401, **Fig.15**, ya que aunque tengamos que instalar 2 reguladores, uno más que si utilizamos la otra opción, es la opción más económica. Es un regulador de carga de fácil manejo, con programación por medio de botones y conmutación manual de carga. Tiene un Funcionamiento muy eficaz, silencioso, con modulación de anchura de pulsos. Sus funciones principales son la protección automática contra sobrecargas, tanto en modo activo como pasivo y Protección contra inversión de polaridad y cortocircuitos del grupo FV.



Fig.15: Regulador Steca Solarix 2401.

El regulador Steca Solarix 2401 tiene las siguientes características que veremos en la **Tabla.55** y **Tabla.56**.

Tabla.55: Datos técnicos del regulador STECA SOLARIX 2401.

DATOS TÉCNICOS	
Tensión del sistema. V	12/24/48V
Tensión de entrada máxima. V	125V
Corriente de carga. A	40A

Tabla.56: Construcción del regulador STECA SOLARIX 2401.

CONSTRUCCIÓN	
Longitud	330mm
Anchura	330mm
Profundidad	157mm
Peso	10kg

5.3.5 Número de reguladores

Nuestra instalación requiere una corriente como mínimo de 72.33A, luego como nuestro regulador elegido es de 40A, necesitaremos 2 reguladores del modelo Steca Solarix 2401.

En nuestra hoja de cálculo, en la pestaña “*Diseño DD+FS*”, en el apartado “*Regulador de carga*” se puede calcular el número de reguladores, sólo tenemos que introducir la corriente del regulador elegido y la hoja calculará cuantos reguladores necesitamos para nuestra instalación. La **Tabla.57** nos muestra el resultado.

Tabla.57: Regulador de carga Steca Solarix 2401.

Regulador de Carga	
Corriente que debe soportar	72.336 A
Modelo del regulador elegido	Esteca Solarix 2401
Corriente del regulador elegido	40 A
Precio del regulador elegido	174 Euros
Número de reguladores	1.8084
Número de reguladores a instalar	2
Precio Total	348 Euros

5.3.6 Conexionado

Se agruparán los paneles con cada regulador, conectando todas las salidas al banco de baterías, es decir, se conectarán los 2 reguladores Steca Solarix 2401 en paralelo así mantendremos el voltaje fijo de 24V y se sumarán las corrientes de los 2 reguladores.

Para saber el número de módulos solares que se conectarán a cada regulador, habrá que realizar el cociente entre el número de módulos solares que tiene nuestra instalación y el número de reguladores que debemos instalar:

$$\text{Módulos solares por regulador} = \frac{10}{2} = 5$$

Con lo cual, debemos conectar 5 módulos solares por regulador, quedando de la forma como se muestra en la **Fig.16**:

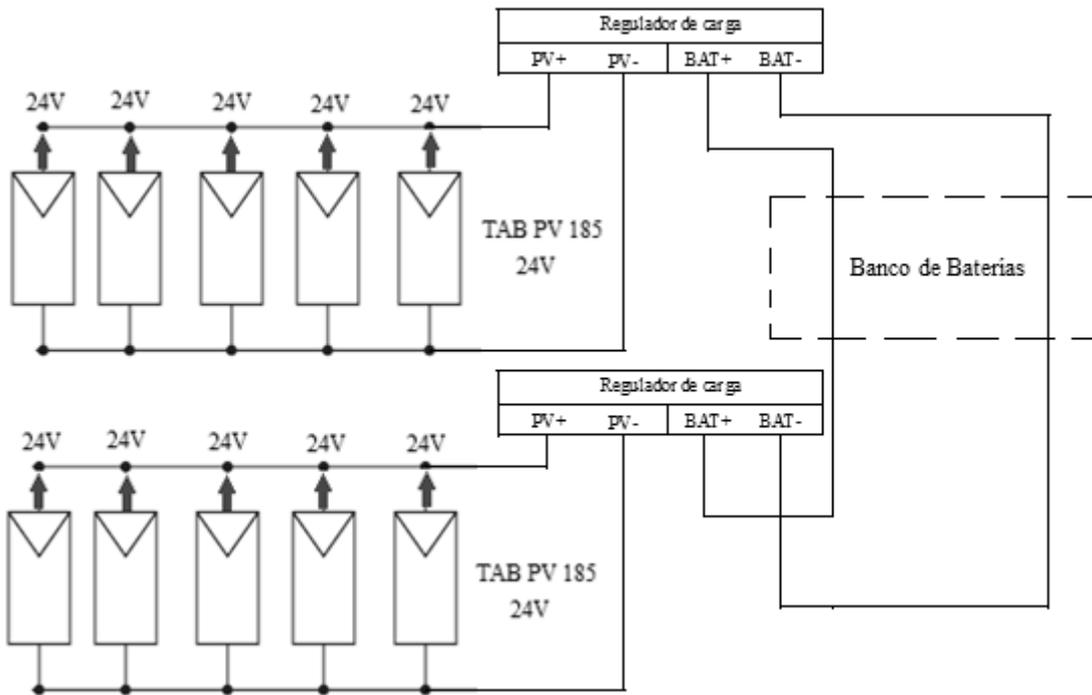


Fig.16: Conexión de los 2 reguladores

5.4 INVERSOR

Dispositivo que se encarga de convertir la corriente continua de la instalación fotovoltaica en corriente alterna para la alimentación de los receptores que trabajan con corriente alterna.

5.4.1 Tipos

Entre los inversores, se pueden distinguir los siguientes:

- Inversores de conmutación natural

También son conocidos como inversores conmutados por la red, por ser esta la que determina el fin del estado de conducción en los dispositivos electrónicos. Su aplicación es para sistemas fotovoltaicos conectados a la red. Actualmente están siendo desplazados por los inversores de conmutación forzada tipo PWM, conforme se desarrollan los transistores de tipo IGBT para mayores niveles de tensión y corriente. La siguiente **Fig.17** muestra un inversor de estas características.



Fig.17: Inversor de conmutación natural.

- Inversores de conmutación forzada o autoconmutados

Sirven para sistemas fotovoltaicos aislados. Permiten generar CA mediante conmutación forzada, que se refiere a la apertura y cierre forzados por el sistema de control. Pueden ser de salida escalonada (onda cuadrada) o de modulación por anchura de pulsos (PWM), con los que se pueden conseguir salidas prácticamente senoidales y por tanto con poco contenido de armónicos. La siguiente **Fig.18** muestra un regulador de estas características.



Fig.18: Inversor de conmutación forzada.

5.4.2 Elección del inversor

Para nuestro tipo de instalación usaremos un inversor de conmutación forzada o autoconmutados, ya que nuestra instalación está aislada de red. Para la elección del inversor tomamos una potencia mínima instantánea de 4000W que aunque no nos permitirá conectar todos los electrodomésticos a la vez, no dará problemas si se evita la conexión simultánea de los de mayor consumo (lavadora, lavavajillas, aspiradora...). Para ello estudiamos la posibilidad de varios inversores superiores a 4000W para tener un margen de seguridad.

5.4.3 Modelo elegido

Hacemos el estudio de varios inversores de diferentes fabricantes, y elegimos el Victron C24/5000, **Fig.19**, por ser la opción más fiable para nuestras características. En este caso no hemos usado el criterio del precio debido a que un mal inversor puede provocar averías en los electrodomésticos de la casa. Los datos técnicos del inversor elegido son los mostrados en la **Tabla.58**:



Fig.19: Inversor Victron C24/5000

Tabla.58: Datos técnicos del inversor Victron 24/5000.

DATOS TÉCNICOS	
Potencia de salida.	5000 W
Rango de tensión de entrada.	19-33 V
Tensión de salida.	230 V
Pico de potencia.	10000 W
Eficiencia máxima 12V/24V/48V	94/95 %

Tabla.59: Precio total del inversor.

Inversor	
Modelo del inversor elegido	Phoenix C24/5000
Precio del inversor	2.491,61 € Euros
Número de inversores	1
Precio Total	2.491,61 € Euros

6. ESTUDIO EÓLICO

6.1 AEROGENERADOR

Un aerogenerador es un generador eléctrico movido por una turbina accionada por el viento. Están formados normalmente por dos o tres palas aerodinámicamente diseñadas para la captura de la máxima cantidad de viento posible, que al rotar convierten la energía cinética del viento en potencia mecánica que mueve un generador que produce energía eléctrica de forma limpia y no contaminante. Una carcasa de protección es la que une el rotor, el generador y la cola, la cual es la encargada de alinear al rotor en la dirección en la que sopla al viento. En la **Fig.20** podemos ver la estructura de un aerogenerador y las partes que lo componen.

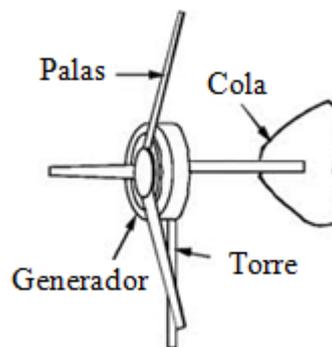


Fig.20: Aerogenerador

6.1.1 Características

Los aerogeneradores tienen una serie de características. Las más importantes son:

- Velocidad de arranque: Es la velocidad que tiene que alcanzar el viento para que las palas del aerogenerador comiencen a girar y este comience a producir energía.
- Velocidad nominal: Es la velocidad del viento a la cual un aerogenerador genera su potencia nominal.
- Velocidad máxima: Es la máxima velocidad de viento que soporta el aerogenerador sin sufrir daños.

A velocidades comprendidas entre la velocidad de arranque y la velocidad nominal, el aerogenerador proporcionara una energía que será, en general, proporcional al cuadrado de la velocidad del viento. En la **Fig.21** podemos ver la gráfica potencia- velocidad de un aerogenerador. A velocidades de viento muy altas el aerogenerador se paraliza para evitar averías y deja de suministrar energía.

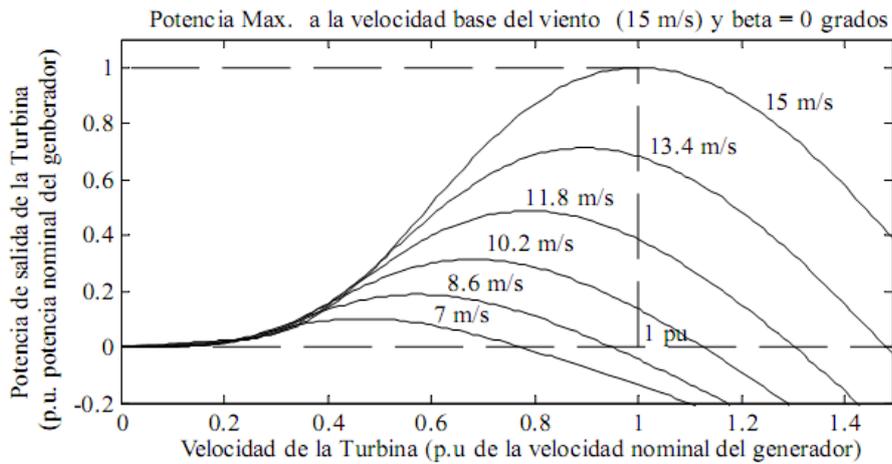


Fig.21: Potencia de salida para aerogenerador a velocidad constante.

6.1.2 Cálculos

Para realizar el cálculo, usaremos los datos facilitados por el instituto nacional de meteorología, obtenidos de la página <http://www.aemet.es> que nos mostrará la velocidad del viento en los diferentes meses del año. Los datos los veremos en la siguiente **Tabla.60**.

Tabla.60: Velocidad media del viento.

Meses	Velocidad media del viento (m/s)
Enero	2,274
Febrero	2,931
Marzo	3,609
Abril	3,363
Mayo	2,81
Junio	2,886
Julio	3,254
Agosto	2,876
Septiembre	2,453
Octubre	2,280
Noviembre	2,82
Diciembre	2.293

Una vez vista la tabla anterior, calculamos la velocidad media del viento mensual que resulta ser de **2.82 m/s**. Una vez vista la velocidad media del viento comprobamos que tal se comportarían los aerogeneradores existentes en el mercado con estos valores.

Una vez vistas las características de varios fabricantes, comprobamos que, incluso para los aerogeneradores más pequeños del mercado, el viento es insuficiente para una producción satisfactoria. La velocidad nominal de los aerogeneradores más pequeños ronda los 5m/s y en muchos casos la velocidad media del viento ni siquiera alcanza la velocidad de arranque a la que el aerogenerador empieza a producir energía. Por lo tanto

el uso del aerogenerador queda descartado por la baja velocidad del viento en la región que impide el aprovechamiento efectivo de este. Podemos ver un ejemplo de las características de la turbina Swift en la **Tabla.61**.

Tabla.61: Turbina de Swift.

DATOS TÉCNICOS	
Turbina eólica.	Eje horizontal.
Potencia de salida.	1.5 Kw a velocidad nominal.
Producción de energía anual.	1.200 Kwh a 5 m/s de velocidad media.
Velocidad de arranque.	3.58 m/s.
Velocidad máxima.	64.8 m/s.
Vida estimada.	20 años.
Emisiones acústicas.	35 DB.

7. MANTENIMIENTO

Las instalaciones solares fotovoltaicas, en su conjunto, son fáciles de mantener. Sin embargo, una instalación que no tenga el mantenimiento adecuado fácilmente tendrá problemas en un plazo más o menos corto.

Hay tareas de mantenimiento que de no llevarse a cabo conducirán simplemente a una reducción del rendimiento de la instalación, pero la omisión de otras podrían provocar el deterioro de algunos de los elementos o el acortamiento de su vida útil.

7.1 MÓDULO FOTOVOLTAICO

El mantenimiento básico del panel solar fotovoltaico comprende las acciones siguientes:

- Limpiar sistemáticamente la cubierta frontal de vidrio del panel solar fotovoltaico (se recomienda que el tiempo entre una limpieza y otra se realice teniendo en cuenta el nivel de suciedad ambiental). La limpieza debe efectuarse con agua y un paño suave; de ser necesario, emplee detergente.
- Verifique que no haya terminales flojos ni rotos, que las conexiones estén bien apretadas y que los conductores se hallen en buenas condiciones.
- Podar sistemáticamente los árboles que puedan provocar sombra en el panel solar fotovoltaico. No poner objetos cercanos que puedan dar sombra, como los tanques de agua y las antenas.

7.2 BATERÍA

La batería de acumulación es el elemento de los sistemas solares fotovoltaicos de pequeña potencia que representa mayor peligro para cualquier persona necesitada de manipularla (aunque sea para un mantenimiento básico), tanto por sus características eléctricas como por las químicas.

Por tanto, antes de reflejar las reglas de mantenimiento básico se exponen los riesgos fundamentales que pueden ocurrir, así como algunas recomendaciones y consideraciones que deben tenerse en cuenta para evitar accidentes.

- Riesgos del electrólito

El electrólito utilizado en las baterías de acumulación de plomo-ácido (comúnmente usadas en estos sistemas) es ácido diluido, el cual puede causar irritación e incluso quemaduras al contacto con la piel y los ojos.

Si por alguna razón el electrólito hace contacto con los ojos se deben enjuagar inmediatamente con abundante agua durante un minuto, manteniendo los ojos abiertos.

Si el contacto es con la piel, lave inmediatamente con abundante agua la zona afectada. En ambos casos, después de esta primera acción neutralizadora, solicite rápidamente atención médica.

- Riesgos eléctricos

La batería de acumulación puede presentar riesgos de cortocircuitos. Se recomienda al manipularlas observar las siguientes reglas:

- Quitarse relojes, anillos, cadenas u otros objetos metálicos de adorno personal que pudieran entrar en contacto accidentalmente con los bornes de la batería de acumulación.
- Usar herramientas con mangos aislados eléctricamente.

- Riesgos de incendio

Las baterías de acumulación presentan riesgos de explosión y por consiguiente de incendio, debido a que generan gas hidrógeno. Se recomienda lo siguiente:

- Proporcionar una buena ventilación en el lugar de ubicación de la batería de acumulación para evitar acumulación de gases explosivos.
- Mantener el área de la batería de acumulación fuera del alcance de llamas, chispas y cualquier otra fuente que pueda provocar incendio.
- No provocar chispas poniendo en cortocircuito la batería para comprobar su estado de carga, pues también puede provocar explosión.

- Mantenimiento básico de la batería

- Verificar que el local de ubicación de las baterías de acumulación esté bien ventilado y que las baterías se encuentren protegidas de los rayos solares.
- Mantener el nivel de electrólito en los límites adecuados (adicionar solamente agua destilada cuando sea necesario para reponer las pérdidas ocasionadas durante el gaseo). Se recomienda, en la práctica, que siempre el electrólito cubra totalmente las placas, entre 10 y 12 mm por encima del borde superior. En caso de que la caja exterior de la batería de acumulación sea transparente y posea límites de nivel del electrólito, este se situará entre los límites máximo y mínimo marcados por el fabricante.
- Limpiar la cubierta superior de la batería y proteger los bornes de conexión con grasa antioxidante para evitar la sulfatación.
- Verificar que los bornes de conexión estén bien apretados.
- Verificar que el uso de las baterías sea el adecuado y que su estructura de soporte esté segura y en buen estado.

7.3 REGULADOR DE CARGA

El regulador de carga no necesita mantenimiento. Todos los componentes del sistema PV deben comprobarse como mínimo una vez al año, de acuerdo con las indicaciones de los respectivos fabricantes. Hay que tener en cuenta las siguientes acciones:

- Asegurar la ventilación del disipador de calor.
- Comprobar los dispositivos de descarga de tracción.
- Comprobar que las conexiones estén firmemente instaladas.
- Apretar los tornillos, si hiciera falta.

7.4 INVERSOR

- Verificar que el área de ubicación del inversor se mantenga limpia, seca y bien ventilada.
- Verificar que el inversor esté protegido de los rayos solares.
- Comprobar que el inversor funciona adecuadamente y que no se producen ruidos extraños dentro de él. En caso de que la operación sea defectuosa o no funcione, contactar al personal especializado.

7.5 RECOMENDACIONES Y CONSEJOS ÚTILES

- Desconectar los equipos electrodomésticos en los días de tormentas eléctricas fuertes y ciclones para evitar que una descarga atmosférica pueda averiarlos.
- No conectar al sistema equipos electrodomésticos o de otro tipo que no hayan sido considerados en el diseño, sin consultar a los especialistas, ya que una sobrecarga por consumo excesivo puede provocar su mal funcionamiento.
- No permitir que otros usuarios se conecten a su instalación.
- No conectar equipos de potencia superior a la del inversor CD/CA, pues esta sobrecarga puede dañarlo.
- Almacenar el agua destilada en recipientes plásticos o de cristal; siempre que se vaya a añadir agua destilada a la batería de acumulación, usar también embudo de plástico o cristal (en ningún caso emplear recipientes metálicos).
- Fijarse regularmente en los indicadores lumínicos del controlador de carga y en caso de notar que alguno de ellos no enciende, contactar inmediatamente al personal especializado.
- Si alguna lámpara no enciende y el tubo fluorescente no está fundido ni defectuoso, revisar tanto el fusible como el interruptor. Si alguno está defectuoso, reemplazarlo por otro.

8. CONCLUSIONES

El proyecto ha cumplido los objetivos deseados. Se ha realizado el estudio de la instalación mixta llegando a la conclusión de que solo la instalación fotovoltaica es viable. También se ha creado una herramienta de Excel sencilla pero completa que permite el cálculo y dimensionado de la instalación de una forma rápida y que permite elegir entre varias opciones la que mejor se ajuste al proyecto.

El método elegido para el dimensionado ha sido el de considerar que la casa rural tiene ocupación completa los fines de semana y que los días de diario tiene una ocupación igual a la ocupación media de las casas rurales en la provincia de Ávila según la suministra el instituto nacional de estadística. Nos hemos decantado por esta opción debido a que aunque provoca un pequeño sobredimensionamiento de la instalación nos asegura que el suministro de energía será suficiente aun cuando se supere la ocupación esperada.

La instalación fotovoltaica se ha realizado de manera que los paneles solares cubren la demanda en los meses menos favorables, Diciembre, Noviembre y Enero (la baja radiación solar en estos exige un mayor número de paneles solares) y las baterías son capaces de soportar los meses de mayor gasto energético, Agosto y Julio (meses de mayor ocupación y por tanto de mayor gasto energético). Con esto en consideración hemos elegido los paneles solares PV 185 de TAB, de los cuales serán necesarios 12; el regulador Solarix 2401 de Steca, capaz de soportar hasta 40A de corriente; las baterías 20OPzS 2500 de TAB que tienen una capacidad de 3750Ah y 2V de tensión haciendo necesario conectar 12 en serie; y el regulador C24/5000 de Phoenix que permite el uso de 5000W de potencia.

Respecto al estudio eólico se ha llegado a la conclusión de que, a pesar de que en teoría podría ser una fuente complementaria a la solar que nos permitiera reducir el número de paneles solares necesarios en invierno, la velocidad del viento en la zona es insuficiente para la producción energética a pequeña escala.

A nivel personal, este proyecto nos ha permitido familiarizarnos con el mundo de las energías fotovoltaicas y eólica así como a elegir los componentes que más se ajustan a nuestras necesidades de entre todos los disponibles en el mercado. También hemos comprobado que crear una herramienta de cálculo sencilla que permita rehacer los cálculos de manera rápida es una forma de ahorrar tiempo y evitar errores.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Pareja Aparicio, Miguel. Energía Solar Fotovoltaica: Cálculo de una instalación aislada. Marcombo, S.A. ISBN: 9788426715265.
- PVGIS. Inclinación óptima anual del lugar y Radiaciones del lugar. Disponible en: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps3/pvest.php>.
- SOLARWEB. Foro con preguntas y respuestas para instalaciones fotovoltaicas aisladas. Disponible en: www.solarweb.net
- SANYO. Consulta de los componentes de una instalación fotovoltaica. Disponible en: www.sanyo.com.
- LDK. Consulta de los componentes de una instalación fotovoltaica. Disponible en: www.ldksolar.com.
- TAB. Elección del módulo fotovoltaico y batería. Disponible en: www.tab.com.es.
- SOLENER. Elección del regulador de carga. Disponible en: www.solener.com.
- VICTRON. Elección del inversor. Disponible en: www.victronenergy.com.
- Instituto nacional de meteorología. www.aemet.es.
- Instituto nacional de estadística. www.ine.es/
- SWIFTWINDTURBINE. Consulta de la turbina Swiftwin. Disponible en : www.swiftwindturbine.com.

GUÍA

HERRAMIENTA DE CÁLCULO EN EXCEL

INDICE

1. HERRAMIENTA DE CÁLCULO EN EXCEL

1.1 ENERGIA NECESARIA

1.1.1 Datos a introducir

1.1.2 Cálculo del consumo

1.2 DATOS NECESARIOS

1.2.1 Especificaciones del módulo

1.2.2 Especificaciones del lugar

1.2.3 Radiaciones del lugar

1.3 FINES DE SEMANA

1.3.1 Consumo medio para fines de semana con ocupación completa.

1.3.2 Número de paneles solares para cada mes

1.3.3 Dimensionamiento de la instalación

1.4 DÍAS DE DIARIO

1.4.1 Consumo fin de semana

1.4.2 Número de paneles solares para cada mes

1.4.3 Dimensionamiento de la instalación

1.5 DÍAS DE DIARIO Y FINES DE SEMANA

1.5.1 Consumo fines de semana

1.5.2 Número de paneles solares para cada mes

1.5.3 Dimensionamiento de la instalación

1.6 DISEÑO DE LA INSTALACIÓN

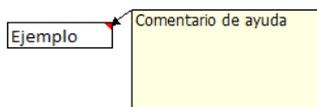
HERRAMIENTA DE CÁLCULO EN EXCEL

Esta herramienta nos permite calcular el número y coste de paneles solares, inversores, baterías y reguladores de carga que necesita una instalación aislada de red, así como el precio total de la instalación a realizar, con tan sólo insertar los datos de la instalación y los modelos elegidos.

En esta hoja de Excel se incluyen tres métodos para el cálculo de la energía necesaria según las características de la instalación a diseñar. Estos métodos se explicarán en los siguientes apartados y sirven para calcular el dimensionamiento para fines de semana, días de diario y días de diario más Fines de semana. Esto se debe a que si usamos directamente la energía total que puede llegar a consumir la instalación nos queda excesivamente sobredimensionada pues rara vez tendremos una ocupación total y un consumo máximo. Para solucionar esto, hacemos un cálculo de la energía que puede necesitar nuestra instalación a lo largo de la semana (por los tres procedimientos dichos anteriormente) y luego calculamos la instalación para que se reparta la carga de baterías entre toda la semana de manera que no son necesarios tantos paneles solares.

En este apartado, explicaremos brevemente como se debe utilizar la hoja de cálculo, con las explicaciones de cada apartado y señalando ciertos consejos y puntos que nos podremos encontrar, como por ejemplo:

- Se aconseja leer primero esta guía para que el uso de la hoja de cálculo sea más sencillo y después entender cada hoja de cálculo con el ejemplo mostrado.
- Hay celdas que tienen comentarios de ayuda que aparecen cuando se sitúa el puntero del ratón en una marca roja que hay en la parte superior derecha.



3.1 ENERGÍA NECESARIA

En la primera pestaña, “*Energía necesaria*”, veremos una tabla que nos calculará el consumo medio diario de la casa a diseñar.

3.1.1 Datos a introducir

Para que la tabla que veremos a continuación nos calcule la energía necesaria, debemos introducir los siguientes valores dependiendo de cada columna:

- En la columna “Aparatos”: Introducimos los aparatos o electrodomésticos que poseerá la instalación.
- En la columna “Unidades”: Introducimos el número de aparatos o electrodomésticos del mismo tipo que contiene la casa.

HERRAMIENTA DE CÁLCULO EN EXCEL

- En la columna “Potencia”: Introducimos la potencia que consume cada aparato o electrodoméstico de la instalación.
- En la columna “Hora/Día”: Introducimos las horas a las que está expuesto el aparato o electrodoméstico al día.

3.1.2 Cálculo del consumo

Una vez introducido los valores en la columna correspondiente, la hoja de cálculo lo que hará es calcular la energía que consume el aparato o electrodoméstico con la siguiente expresión:

$$Energía = Unidades * Potencia * Hora$$

Por último, la hoja de cálculo sumará los consumos de cada aparato o electrodoméstico y nos mostrará el consumo medio diario de la instalación que nos aparecerá en negrita en la celda de color rojo. El resultado lo vemos en la **Tabla 1**:

$$Energía Total = \Sigma E1 + E2 \dots$$

Tabla 1: Cálculo de consumos.

Aparatos	Tensión(V)	Unidades	Potencia W	Hora/Día H	Energía W·H
Tubos fluorescentes	230V	8	40	5	1600
Microondas	230V	1	600	0,3	180
Refrigerador	230V	1	-	24horas	1000
TV color(19 pulg)	230V	1	70	8	560
Microondas	230V	1	600	0,3	180
Lavadora	230V	1	400	1 uso	1200
TOTAL:					4720

3.2 DATOS NECESARIOS

En la segunda pestaña, “*Datos necesarios*”, nos pide que introduzcamos los datos necesarios para que la hoja de cálculo nos realice el diseño de la instalación. En ella se encuentran tres apartados, los cuales explicaremos a continuación.

3.2.1 Especificaciones del módulo

Son especificaciones necesarias para que la hoja de cálculo funcione correctamente. Una vez elegido el módulo que emplearemos para la instalación, en la **Tabla 2** que vemos a continuación, introducimos el nombre del modelo del módulo y las especificaciones necesarias que nos piden, el voltaje a potencia máxima, la potencia máxima del panel solar y su corriente de cortocircuito, datos que facilita el fabricante.

HERRAMIENTA DE CÁLCULO EN EXCEL

Tabla 2: Especificaciones del módulo.

Especificaciones del módulo		
Módulo	Modelo del módulo	TAV PV 185
	Voltaje a potencia Máx.	36,6 V
	Potencia máxima Pmp	185 W
	Corrient cortocircuito Isc	5,48 A

3.2.2 Especificaciones del lugar

En esta tabla, introducimos el nombre del lugar elegido y las siguientes especificaciones del lugar, para que la hoja Excel pueda trabajar con esos datos. A continuación se explicará los apartados de la tabla.

- Latitud del lugar (grados): Nos pide que introduzcamos en grados, la latitud donde se va a proceder la instalación. Este valor lo podemos buscar en “*google maps*”.
- Inclinación óptima anual del lugar: La página web PVGIS(Photovoltaic Geographical Information System)nos permite determinar el potencial de producción fotovoltaica de cualquier zona de Europa introduciendo las coordenadas del lugar y en la pestaña “monthly radiation” señalamos sólo “optimal inclination angle” y nos saldrá la inclinación óptima anual del lugar. Ese es el valor que debemos introducir. Este sería el enlace:

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps3/pvest.php>

3.2.3 Radiaciones del lugar

En esta tabla, podemos ver los meses del año frente a los ángulos de inclinación del módulo. Una vez introducido los valores del apartado “*Especificaciones del lugar*”, la hoja de cálculo mostrará los ángulos de inclinación con los que conseguiríamos mejores rendimientos. Estos ángulos se obtienen de la siguiente forma:

- En la primera columna: El ángulo de inclinación se obtiene de realizar la siguiente expresión, según el libro “Energía Solar Fotovoltaica, de Miguel Pareja Aparicio”.

$$\text{Inclinación} = 3.7 + 0.69 \cdot \text{latitud}$$

- En la segunda columna: El ángulo de inclinación se obtiene de consultar en la página anterior explicada, en el apartado “*Inclinación óptima anual del lugar*”.
- En la tercera columna: El ángulo de inclinación es un valor aproximado a la latitud del lugar, para que haya una mejor captación de energía solar en invierno

HERRAMIENTA DE CÁLCULO EN EXCEL

respecto al verano. Al introducir la latitud del lugar en grados en el apartado “Especificaciones del lugar”, la hoja de cálculo utilizará ese valor para obtener el resultado.

Visto como se obtiene cada ángulo, por último debemos rellenar las celdas con las radiaciones del lugar dependiendo de los ángulos de inclinación del módulo. Para ello, debemos ir a la página web siguiente y marcamos el ángulo en “irration chosen angle” y obtenemos las radiaciones tal y como vemos en la **Tabla 3**:

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>

Tabla 3: Radiaciones del lugar.

Radiaciones del lugar en los diferentes meses del año según las inclinaciones			
MES / INCLINACIÓN	31,3	33	40
Enero	3,230	3,310	3,480
Febrero	3,930	3,960	4,090
Marzo	5,750	5,690	5,760
Abril	5,690	5,470	5,390

3.3 FINES DE SEMANA

En la tercera pestaña, “*Fines de semana*”, la hoja de cálculo nos determina el diseño de la instalación que tendríamos que llevar a cabo, para hacer un uso de la casa rural sólo los fines de semana. En esta pestaña, nos encontraremos varios apartados con diferentes ejemplos que calculan diferentes partes de la instalación. A continuación explicaremos el funcionamiento de cada apartado.

3.3.1 Consumo medio para fines de semana con ocupación completa

Este apartado nos calcula el consumo medio diario para una ocupación completa únicamente durante el fin de semana. Obtenemos el consumo producido por los fines de semana con ocupación completa multiplicando el consumo máximo diario de la instalación por dos días que tiene el fin de semana y todo ello lo dividimos entre siete días que tiene una semana. Este cálculo viene determinado por la siguiente expresión y después veremos el resultado en la **Tabla.4**.

$$\text{Consumo } f. s = \frac{E_{md} * 2}{7}$$

Tabla 4: Consumo fines de semana.

Consumo fin de semana	3737,42857 Wh
-----------------------	---------------

3.3.2 Número de paneles solares para cada mes del año

Nos calcula el número de paneles que nos haría falta para nuestra instalación en cada mes del año y según el ángulo que requiera nuestra instalación, para una mejor eficiencia. Para dicho cálculo la hoja Excel utilizará la siguiente expresión.

HERRAMIENTA DE CÁLCULO EN EXCEL

$$Np = \frac{Cf.s}{Wp \cdot HSP \cdot PR}$$

Donde cada elemento significa:

- **Cf.s:** El consumo en fin de semana. Es el valor obtenido de “Consumo medio para fines de semana con ocupación completa”.
- **Wp:** La potencia pico del módulo dada por el fabricante, introducida por nosotros en la segunda pestaña “Datos necesarios” en el apartado “Especificaciones del módulo”.
- **HSP:** Son las horas de sol pico del mes correspondiente introducidas en la pestaña “Datos necesarios” en el apartado “Radiaciones del lugar”.
- **PR:** El factor global de funcionamiento que varía entre 0.85 y 0.95. Como norma general se escoge un rendimiento general del 90% por lo que usaremos 0.90.

Una vez calculados el número de paneles de cada mes y dependiendo de los ángulos introducidos, al final de la tabla, en negrita, veremos el máximo valor de módulos que deberíamos instalar en el mes crítico de nuestra instalación para cada ángulo introducido, es decir, en el mes que menos horas de luz solar disponemos como vemos en la **Tabla 5**.

Tabla 5: Número de paneles solares para cada mes según la inclinación.

Número de paneles solares para cada mes del año según el ángulo			
MES	Inclinación 32°	Inclinación 33°	Inclinación 40°
Enero	6,949541315	6,78157657	6,450292657
Febrero	5,711709529	5,668439002	5,488268569
Marzo	3,903829295	3,944994455	3,897051814
Abril	3,944994455	4,10365968	4,16456743
Mayo	3,421801593	3,563018801	3,691943824
Junio	3,234440698	3,335366783	3,496420319
Julio	3,161551894	3,220519146	3,360332103
Agosto	3,239108001	3,243788793	3,320564859
Septiembre	3,843667542	3,817520144	3,811038786
Octubre	4,922591765	4,837719493	4,715760178
Noviembre	7,058810832	6,885588481	6,602064249
Diciembre	8,907547003	8,768366581	8,344616523
	8,907547003	8,768366581	8,344616523

3.3.3 Dimensionado de la instalación

Nos calcula lo necesario para poder estudiar las posibles elecciones para nuestra instalación, como veremos más adelante. En este apartado nos calculará lo referente al número de paneles, corriente que debe soportar el regulador y capacidad nominal de la

HERRAMIENTA DE CÁLCULO EN EXCEL

batería. A continuación, explicaremos como se obtiene los cálculos de cada parte de la instalación.

- Número de paneles solares

Primero la hoja Excel, nos muestra el número mínimo de paneles solares (celda roja) que debe tener la instalación, que se obtiene al hacer el mínimo entre los valores que vemos al final de la tabla en negrita, obtenidos en el apartado anterior “*Número de paneles solares para cada mes*” y ese valor, normalmente en decimal, la hoja Excel redondea dicho valor para obtener el número total de paneles a instalar.

- Corriente del regulador

Es la corriente que como mínimo tiene que soportar el regulador de carga. Para obtener dicho valor, la hoja Excel utiliza la corriente de cortocircuito que nos proporciona el fabricante la cual hemos introducido en la segunda pestaña “*Datos necesarios*”, en el apartado “*Especificaciones del módulo*” y con el número de paneles obtenido en el anterior apartado nos muestra el resultado. La expresión en la que introduce los datos es la siguiente:

$$I_r = 1.1 \cdot I_{sc} \cdot N_p$$

Siendo estos los parámetros que la hoja Excel sustituye en la expresión.

- **I_{sc}**: La corriente unitaria del módulo fotovoltaico en condiciones de cortocircuito. Dato introducido en la pestaña “*Datos necesarios*” en el apartado “*Especificaciones del módulo*”.

- **NP**: El número de ramas en paralelo. Dato obtenido en la pestaña “*Fines de semana*” en el apartado anterior “*Número de paneles solares*”.

- **1.1**: Margen de seguridad del 10% para evitar que el regulador trabaje al límite de la corriente máxima que debe soportar el regulador.

- Capacidad nominal de la batería estacional

Nos muestra la capacidad nominal que debería tener la batería para poder disponer de esta energía fuera de las horas de luz o durante periodos prolongados de mal tiempo, cuya misión es almacenar la energía producida por el generador y mantener constante el voltaje de la instalación.

HERRAMIENTA DE CÁLCULO EN EXCEL

Necesitamos generar una energía diaria **Emd** con nuestras baterías pero que podamos disponer de ella durante 7 días sin sol, sin permitir una descarga mayor del 70% y suponiendo un Factor de corrección de Temperatura (**Fct** = 1). Una vez sabida la energía en Wh de la batería, simplemente dividimos entre la tensión de la misma y ya tenemos la capacidad mínima que necesitamos para nuestro sistema de acumulación en función de los días de autonomía. Las expresiones que utiliza son:

$$Cmd(Wh) = \frac{Emd \cdot N}{Pdmax,e \cdot Fct}$$

$$Cme(Ah) = \frac{Cmd(Wh)}{Vbat}$$

Siendo estos los parámetros que la hoja Excel sustituye en la expresión.

- **Emd:** Es el valor que obtenemos del consumo obtenido en el apartado “Consumo fines de semana”.
- **Pdmax,e:** Profundidad de Descarga Máxima Estacional: 70% = 0,7.
- **Fct** : Factor de corrección de Temperatura: 1.
- **Vbat** : Tensión de la batería. La hoja Excel, por defecto utiliza una instalación de 24V.
- **N:** Son los 7 días en los que la instalación debe operar bajo la irradiación mínima, días nublados continuos, en los que se va a consumir más energía de la que el sistema fotovoltaico va a ser capaz de generar.

Vistos todos los apartados del dimensionado de la instalación, la **Tabla 6** nos muestra el resultado de nuestra instalación en fin de semana y esos datos nos sirven para enfocar nuestra instalación a tener una mayor eficiencia.

Tabla 6: Dimensionado de la instalación.

Dimensionado de la instalación	
Nº mínimo paneles solares	8,344616523
Nº total de Paneles a instalar	9
Corriente soporta regulador (Ir)	54,252 A
Capacidad nominal batería estacional	37374,2857 Wh
	1557,2619 Ah

HERRAMIENTA DE CÁLCULO EN EXCEL

3.4 DIAS DE DIARIO

En la cuarta pestaña, “*Días de diario*”, la hoja de cálculo nos determina el diseño de la instalación que tendríamos que llevar a cabo, para hacer un uso de la casa rural durante toda la semana con los datos de ocupación suministrados. En esta pestaña, nos encontraremos varios apartados con diferentes ejemplos que calculan diferentes partes de la instalación. A continuación explicaremos el funcionamiento de cada apartado.

3.4.1 Consumo días de diario

Este apartado nos calcula el consumo medio cuando se usa durante los 7 días de la semana con la ocupación media de ese mes (datos suministrados por el instituto nacional de estadística). Obtenemos el consumo entre semana con ocupación parcial multiplicando el consumo medio diario por el grado de ocupación por plazas y por cinco días de diario que tiene la semana y todo ello lo dividimos entre siete días que tiene una semana. Este cálculo viene determinado por la siguiente expresión y podemos ver el resultado en la **Tabla 7**.

$$\text{Consumo d. d} = \frac{\text{Emd} \cdot 5}{7} \times \text{Grado de ocupación}$$

Tabla 7: Consumo en días de diario.

Consumo en días de diario					
Consumo diario máximo	13081	13081	13081	13081	13081
Grado de ocupación por plazas	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
	0,0655	0,0869	0,0959	0,1741	0,1097
Consumo entre semana con ocupación parcial	174,858265	231,987531	256,013857	464,775939	292,854224

3.4.2 Número de paneles solares para cada mes del año

Nos calcula el número de paneles que nos haría falta para nuestra instalación en cada mes del año y según el ángulo que requiera nuestra instalación, para una mejor eficiencia. Para dicho cálculo la hoja Excel utilizará la siguiente expresión.

$$Np = \frac{Cd \cdot d}{Wp \cdot HSP \cdot PR}$$

Donde cada elemento significa:

HERRAMIENTA DE CÁLCULO EN EXCEL

- **Cd.d:** El consumo medio diario. Este valor se obtiene del apartado anterior” *Consumo en días de diario*”, concretamente, son los valores obtenidos en la fila “*Consumo entre semana con ocupación parcial*” de la tabla anterior. Para realizar el cálculo del número de paneles, la hoja de cálculo utiliza los consumos correspondientes de cada mes.
- **Wp:** La potencia pico del módulo dada por el fabricante, introducida por nosotros en la segunda pestaña “*Datos necesarios*” en el apartado “*Especificaciones del módulo*”.
- **Hsp:** Son las horas de sol pico del mes correspondiente introducidas en la pestaña “*Datos necesarios*” en el apartado “*Radiaciones del lugar*”.
- **PR:** El factor global de funcionamiento que varía entre 0.85 y 0.95. Como norma general se escoge un rendimiento general del 90% por lo que usaremos 0.90.

Una vez calculados el número de paneles de cada mes y dependiendo de los ángulos introducidos, en la **Tabla 8**, veremos el número de módulos que deberíamos instalar en el mes crítico, el que mayor número de paneles solares necesite, en nuestra instalación para cada ángulo introducido.

Tabla 8: Número de paneles solares para cada mes según la inclinación.

Número de paneles solares para cada mes del año según el ángulo			
MES / INCLINACIÓN	31,3	33	40
Enero	1,13798739	1,110483163	1,056235423
Febrero	1,240868895	1,231468373	1,192326347
Marzo	0,935943074	0,945812421	0,934318172
Abril	1,717058836	1,786117876	1,812627974
Mayo	0,938429087	0,977157906	1,012515594
Junio	1,119925092	1,154870748	1,210635535
Julio	1,883494541	1,918624281	2,00191785
Agosto	3,016419326	3,020778313	3,092276025
Septiembre	1,354892809	1,345675851	1,343391172
Octubre	1,672450552	1,643615198	1,60217952
Noviembre	1,597055951	1,557864394	1,493717036
Diciembre	2,939490511	2,893560972	2,753723453
	3,016419326	3,020778313	3,092276025

3.4.3 Dimensionado de la instalación

Nos calcula lo necesario para poder estudiar las posibles elecciones para nuestra instalación, como veremos más adelante. En este apartado nos calculará lo referente al número de paneles, corriente que debe soportar el regulador y capacidad nominal de la batería. A continuación, explicaremos como se obtiene los cálculos de cada parte de la instalación.

HERRAMIENTA DE CÁLCULO EN EXCEL

- Número de paneles solares

Primero la hoja Excel, nos muestra el número mínimo de paneles solares (celda roja) que debe tener la instalación, que se obtiene al hacer el mínimo entre los valores que vemos al final de la tabla en negrita, obtenidos en el apartado anterior “*Número de paneles solares para cada mes*” y ese valor, normalmente en decimal, la hoja Excel redondea dicho valor para obtener el número total de paneles a instalar.

- Corriente del regulador

Es la corriente que como mínimo tiene que soportar el regulador de carga. Para obtener dicho valor, la hoja Excel utiliza la corriente de cortocircuito que nos proporciona el fabricante la cual hemos introducido en la segunda pestaña “*Datos necesarios*”, en el apartado “*Especificaciones del módulo*” y con el número de paneles obtenido en el anterior apartado nos muestra el resultado. La expresión en la que introduce los datos es la siguiente:

$$I_r = 1.1 \cdot I_{sc} \cdot N_p$$

Siendo estos los parámetros que la hoja Excel sustituye en la expresión.

- **I_{sc}**: La corriente unitaria del módulo fotovoltaico en condiciones de cortocircuito. Dato introducido en la pestaña “*Datos necesarios*” en el apartado “*Especificaciones del módulo*”.

- **NP**: El número de ramas en paralelo. Dato obtenido en la pestaña “*Días de diario*” en el apartado anterior “*Número de paneles solares*”.

- **1.1**: Margen de seguridad del 10% para evitar que el regulador trabaje al límite de la corriente máxima que debe soportar el regulador.

- Capacidad nominal de la batería estacional

Nos muestra la capacidad nominal que debería tener la batería para poder disponer de esta energía fuera de las horas de luz o durante periodos prolongados de mal tiempo, cuya misión es almacenar la energía producida por el generador y mantener constante el voltaje de la instalación.

Necesitamos generar una energía diaria **E_{md}** con nuestras baterías pero que podamos disponer de ella durante 7 días sin sol, sin permitir una descarga mayor del 70% y suponiendo un Factor de corrección de Temperatura (**F_{ct}** = 1). Una vez

HERRAMIENTA DE CÁLCULO EN EXCEL

sabida la energía en Wh de la batería, simplemente dividimos entre la tensión de la misma y ya tenemos la capacidad mínima que necesitamos para nuestro sistema de acumulación en función de los días de autonomía. Las expresiones que utiliza son:

$$Cme(Wh) = \frac{Emd \cdot N}{Pdmax,e \cdot Fct}$$

$$Cme(Ah) = \frac{Cmd(Wh)}{Vbat}$$

Siendo estos los parámetros que la hoja Excel sustituye en la expresión.

- **Emd:** Es el valor que obtenemos del consumo entre semana con ocupación parcial máximo (situado en la celda roja en nuestro Excel) obtenido en el apartado “Consumo días de diario”.
- **Pdmax,e:** Profundidad de Descarga Máxima Estacional: 70% = 0,7.
- **Fct :** Factor de corrección de Temperatura: 1.
- **Vbat :** Tensión de la batería. La hoja Excel por defecto utiliza 24V.
- **N:** Son los 7 días en los que la instalación debe operar bajo la irradiación mínima, días nublados continuos, en los que se va a consumir más energía de la que el sistema fotovoltaico va a ser capaz de generar.

Vistos todos los apartados del dimensionado de la instalación, la **Tabla 9** nos muestra el resultado de nuestra instalación en días de diario y esos datos nos sirven para enfocar nuestra instalación a tener una mayor eficiencia.

Tabla 9: Dimensionado de la instalación.

Dimensionado de la instalación	
Nº mínimo paneles solares	3,016419326
Nº total de Paneles a instalar	4
Corriente soporta regulador (Ir)	24,112 A
Capacidad nominal batería estacional	34804,8036 Wh
	1450,20015 Ah

3.5 DÍAS DE DIARIO MÁS FINES DE SEMANA

En la quinta pestaña, “*Días de diario + fines de semana*”, la hoja de cálculo nos determina el diseño de la instalación que tendríamos que llevar a cabo, para hacer un uso de la casa rural de los días de diario, con la ocupación media de ese mes (con los

HERRAMIENTA DE CÁLCULO EN EXCEL

datos suministrados por el instituto nacional de estadística) más fines de semana con la ocupación completa. En esta pestaña, nos encontraremos varios apartados con diferentes ejemplos que calculan diferentes partes de la instalación. A continuación explicaremos el funcionamiento de cada apartado.

3.5.1 Consumo días de diario más fines de semana

Este apartado nos calcula el consumo medio diario considerando los días de diario más fines de semana de la casa a diseñar.

- Días de diario:

Lo que queremos calcular es el consumo medio diario producido durante los días de diario con la ocupación dada. Obtenemos el consumo entre semana con ocupación parcial multiplicando el consumo medio diario por el grado de ocupación por plazas y por cinco días de diario que tiene la semana y todo ello lo dividimos entre siete días que tiene una semana.

Este cálculo viene determinado por la siguiente expresión y después veremos el resultado en la **tabla 10**.

$$\text{Consumo } d. d = \frac{Emd \cdot 5}{7} \times \text{Grado de ocupación}$$

Tabla 10: Consumo días de diario.

Consumo días de diario			
Consumo diario máximo	13081	13081	13081
Grado de ocupación por plazas	Enero	Febrero	Marzo
	0,0655	0,0869	0,0959
Consumo entre semana con ocupación parcial	612,003929	811,956357	896,0485

- Fines de semana:

Lo que queremos calcular es el consumo medio diario producido por el fin de semana con ocupación completa. Obtenemos el consumo producido por los fines de semana con ocupación completa multiplicando el consumo medio diario por dos días que tiene el fin de semana y todo ello lo dividimos entre siete días que tiene una semana. Podemos observar el resultado en la **tabla 11**.

$$\text{Consumo } f. s = \frac{Emd \cdot 2}{7}$$

Tabla 11: Consumo fin de semana.

HERRAMIENTA DE CÁLCULO EN EXCEL

Consumo fin de semana	3737,42857 Wh
-----------------------	---------------

Una vez obtenido los consumos, realizamos la suma del consumo medio producido durante los días de diario más el consumo producido los fines de semana. Este cálculo viene determinado por la siguiente expresión:

$$\text{Consumo } f. s + d. d = \frac{Emd \cdot 2}{7} + \frac{Emd \cdot 5}{7} \times \text{Grado de ocupación}$$

3.5.2 Número de paneles solares para cada mes del año

Nos calcula el número de paneles que nos haría falta para nuestra instalación en cada mes del año y según el ángulo que requiera nuestra instalación, para una mejor eficiencia. En este apartado, veremos dos tablas, una calculará el número de paneles solares necesario para cubrir las necesidades producidas por los días de diario y la otra por los fines de semana. Para dichos cálculos la hoja Excel utilizará la siguiente expresión.

$$Np = \frac{Emd}{Wp \cdot HSP \cdot PR}$$

Donde cada elemento significa:

- **Emd:** El consumo medio diario. Este valor se obtiene del apartado anterior "Consumo en días de diario más fines de semana", concretamente, son los valores obtenidos en la fila "Consumo entre semana con ocupación parcial" y "Consumo fin de semana" de las tablas anteriores. Para realizar el cálculo del número de paneles, la hoja de cálculo utiliza los consumos correspondientes de cada mes.
- **Wp:** La potencia pico del módulo dada por el fabricante, introducida por nosotros en la segunda pestaña "Datos necesarios" en el apartado "Especificaciones del módulo".
- **Hsp:** Son las horas de sol pico del mes correspondiente introducidas en la pestaña "Datos necesarios" en el apartado "Radiaciones del lugar".
- **PR:** El factor global de funcionamiento que varía entre 0.85 y 0.95. Como norma general se escoge un rendimiento general del 90% por lo que usaremos 0.90.

Una vez calculados el número de paneles de cada mes y dependiendo de los ángulos introducidos, al final de las tablas en negrita, de la **Tabla 12** y la **Tabla 13**, veremos el máximo valor de módulos que deberíamos instalar en el mes crítico de nuestra instalación para cada ángulo introducido, es decir, en el mes que menos horas de luz solar disponemos.

HERRAMIENTA DE CÁLCULO EN EXCEL

Tabla 12: Número de paneles solares para cada mes según la inclinación para los días de diario.

Número de paneles solares para cada mes del año según el ángulo para días de diario			
MES / INCLINACIÓN	31,3	33	40
Enero	1,13798739	1,110483163	1,056235423
Febrero	1,240868895	1,231468373	1,192326347
Marzo	0,935943074	0,945812421	0,934318172
Abril	1,717058836	1,786117876	1,812627974
Mayo	0,938429087	0,977157906	1,012515594
Junio	1,119925092	1,154870748	1,210635535
Julio	1,883494541	1,918624281	2,00191785
Agosto	3,016419326	3,020778313	3,092276025
Septiembre	1,354892809	1,345675851	1,343391172
Octubre	1,672450552	1,643615198	1,60217952
Noviembre	1,597055951	1,557864394	1,493717036
Diciembre	2,939490511	2,893560972	2,753723453
	3,016419326	3,020778313	3,092276025

Tabla 13: Número de paneles solares para cada mes según la inclinación para los fines de semana.

Número de paneles solares para cada mes del año según el ángulo para fines de semana:			
MES / INCLINACIÓN	31,3	33	40
Enero	6,949541315	6,78157657	6,450292657
Febrero	5,711709529	5,668439002	5,488268569
Marzo	3,903829295	3,944994455	3,897051814
Abril	3,944994455	4,10365968	4,16456743
Mayo	3,421801593	3,563018801	3,691943824
Junio	3,234440698	3,335366783	3,335366783
Julio	3,161551894	3,220519146	3,360332103
Agosto	3,239108001	3,243788793	3,320564859
Septiembre	3,843667542	3,817520144	3,811038786
Octubre	4,922591765	4,837719493	4,715760178
Noviembre	7,058810832	6,885588481	6,602064249
Diciembre	8,907547003	8,768366581	8,344616523
	8,907547003	8,768366581	8,344616523

Ahora sumamos los datos de las **tablas 12 y 13** obteniendo el número de paneles solares necesarios cada mes como podemos observar en la **tabla 14**.

Tabla 14: Número de paneles solares para cada mes según la inclinación.

Número de paneles solares para cada mes del año según el ángulo			
--	--	--	--

HERRAMIENTA DE CÁLCULO EN EXCEL

MES / INCLINACIÓN	31,3	33	40
Enero	8,087528705	7,892059733	7,50652808
Febrero	6,952578424	6,899907375	6,680594916
Marzo	4,839772369	4,890806875	4,831369986
Abril	5,662053291	5,889777555	5,977195404
Mayo	4,360230679	4,540176707	4,704459417
Junio	4,35436579	4,490237531	4,546002318
Julio	5,045046435	5,139143427	5,362249953
Agosto	6,255527327	6,264567106	6,412840884
Septiembre	5,198560351	5,163195995	5,154429957
Octubre	6,595042317	6,481334691	6,317939698
Noviembre	8,655866783	8,443452874	8,095781285
Diciembre	11,84703751	11,66192755	11,09833998
	11,84703751	11,66192755	11,09833998

Por último, para el número total de paneles necesarios para la instalación, según el ángulo de inclinación. Estos valores se obtienen al elegir el mayor de la suma de los valores obtenidos para cada mes y cada ángulo. La hoja Excel, nos señala el mínimo valor, coloreando la celda de rojo, para que nos sea más fácil entender el apartado siguiente. Por último, para conocer el número total de paneles necesarios, tomamos el mes que mayor número de paneles necesite para cada inclinación y elegimos la inclinación que lo tenga menor como vemos en la **tabla 15**.

Tabla 15: Número total de paneles necesarios para la instalación.

Número total de paneles necesarios para la instalación	
31,3	11,8470375
33	11,6619276
40	11,09834

Finalmente el número elegido se redondeará al alza y este será el número de paneles necesario.

3.5.3 Dimensionado de la instalación

Nos calcula lo necesario para poder estudiar las posibles elecciones para nuestra instalación, como veremos más adelante. En este apartado nos calculará lo referente al número de paneles, corriente que debe soportar el regulador y capacidad nominal de la batería. A continuación, explicaremos como se obtiene los cálculos de cada parte de la instalación.

- Número de paneles solares

Primero la hoja Excel, nos muestra el número mínimo de paneles solares que debe tener la instalación, que se obtiene al hacer el mínimo entre los valores que

HERRAMIENTA DE CÁLCULO EN EXCEL

vemos en la tabla anterior, obtenidos en el apartado anterior “*Número de paneles solares para cada mes*” y ese valor, normalmente en decimal, la hoja Excel redondea dicho valor para obtener el número de paneles a instalar.

- Corriente del regulador

Es la corriente que como mínimo tiene que soportar el regulador de carga. Para obtener dicho valor, la hoja Excel utiliza la corriente de cortocircuito que nos proporciona el fabricante la cual hemos introducido en la segunda pestaña “*Datos necesarios*”, en el apartado “*Especificaciones del módulo*” y con el número de paneles obtenido en el anterior apartado nos muestra el resultado. La expresión en la que introduce los datos es la siguiente:

$$I_r = 1.1 \cdot I_{sc} \cdot N_p$$

Siendo estos los parámetros que la hoja Excel sustituye en la expresión.

- **I_{sc}**: La corriente unitaria del módulo fotovoltaico en condiciones de cortocircuito. Dato introducido en la pestaña “*Datos necesarios*” en el apartado “*Especificaciones del módulo*”.

- **NP**: El número de ramas en paralelo. Dato obtenido en la pestaña “*Días de diario+Fines de semana*” en el apartado anterior “*Número de paneles solares*”.

- **1.1**: Margen de seguridad del 10% para evitar que el regulador trabaje al límite de la corriente máxima que debe soportar el regulador.

- Capacidad nominal de la batería estacional

Nos muestra la capacidad nominal que debería tener la batería para poder disponer de esta energía fuera de las horas de luz o durante periodos prolongados de mal tiempo, cuya misión es almacenar la energía producida por el generador y mantener constante el voltaje de la instalación.

Necesitamos generar una energía diaria **E_{md}** con nuestras baterías pero que podamos disponer de ella durante 7 días sin sol, sin permitir una descarga mayor del 70% y suponiendo un Factor de corrección de Temperatura (**F_{ct}** = 1). Una vez sabida la energía en Wh de la batería, simplemente dividimos entre la tensión de la misma y ya tenemos la capacidad mínima que necesitamos para nuestro sistema de acumulación en función de los días de autonomía. Las expresiones que utiliza son:

$$C_{me}(Wh) = \frac{E_{md} \cdot N}{P_{dmax,e} \cdot F_{ct}}$$

HERRAMIENTA DE CÁLCULO EN EXCEL

$$Cme(Ah) = \frac{Cmd(Wh)}{Vbat}$$

Siendo estos los parámetros que la hoja Excel sustituye en la expresión.

- **Emd:** Es el valor que obtenemos de hacer la suma del consumo entre semana con ocupación parcial máximo (situado en la celda roja) y el consumo medio diario obtenidos en el apartado “Consumo días de diario más fines de semana”.
- **Pdmax,e:** Profundidad de Descarga Máxima Estacional: 70% = 0,7.
- **Fct :** Factor de corrección de Temperatura: 1.
- **Vbat :** Tensión de la batería. La hoja Excel por defecto utiliza 24V.
- **N:** Son los 7 días en los que la instalación debe operar bajo la irradiación mínima, días nublados continuos, en los que se va a consumir más energía de la que el sistema fotovoltaico va a ser capaz de generar.

Vistos todos los apartados del dimensionado de la instalación, la **tabla 16** nos muestra el resultado de nuestra instalación en días de diario y esos datos nos sirven para enfocar nuestra instalación a tener una mayor eficiencia.

Tabla 16: Dimensionado de la instalación.

Dimensionado de la instalación	
Nº mínimo paneles solares	11,09833998
Nº total de Paneles a instalar	12
Corriente soporta regulador (Ir)	72,336 A
Capacidad nominal batería estacional	72179,0893 Wh
	3007,46205 Ah

3.6 DISEÑO DE LA INSTALACIÓN

En las pestañas sexta, séptima y octava, “*Diseño DD+FS*”, “*Diseño DD*” y “*Diseño FS*”, la hoja de cálculo nos determina el diseño final de la instalación que tendríamos que llevar a cabo, para hacer un uso de la casa rural en esos periodos de tiempo, según elijamos la pestaña que nos haría falta. Nos encontraremos varios apartados con diferentes ejemplos que calculan diferentes partes de la instalación. A continuación explicaremos el funcionamiento de cada apartado.

- Módulo fotovoltaico

HERRAMIENTA DE CÁLCULO EN EXCEL

En esta tabla se ve las especificaciones del módulo elegido para llevar a cabo la instalación. Se introducirá el precio de cada panel y la hoja nos mostrará el precio total de la instalación de módulos fotovoltaicos. La **tabla 17** muestra el resultado.

Tabla 17: Diseño del módulo fotovoltaico.

Módulo Fotovoltaico	
Modelo del módulo	TAV PV 185
Potencia máxima	185 Wp
Voltaje a potencia máx	36,6 V
Corriente cortocircuito	5,48 A
Precio del panel	485 Euros
Nº de paneles	12
Precio Total	5820 Euros

- Regulador de carga

En esta tabla se ve las especificaciones del regulador elegido para llevar a cabo la instalación. Se introducirá la corriente del regulador elegido y el precio de cada regulador de carga y la hoja nos mostrará el número de reguladores a instalar y el precio total de los reguladores. La **tabla 18** muestra el resultado.

Tabla 18: Diseño del regulador de carga.

Regulador de Carga	
Corriente que debe soportar	72.33 A
Modelo del regulador elegido	Esteca Solarix 2401
Corriente del regulador elegido	40 A
Precio del regulador elegido	174 Euros
Número de reguladores	1,507
Número de reguladores a instalar	2
Precio Total	348 Euros

- Batería estacionaria

En esta tabla se ve las especificaciones de la batería elegida para llevar a cabo la instalación. Se introducirá la tensión nominal a la que trabaja la instalación, la capacidad de la batería elegida y su tensión, así como el precio de cada batería. La hoja nos mostrará el número de baterías a instalar y el precio total de las baterías. La **tabla 19** muestra el resultado.

Tabla 19: Diseño de la batería estacionaria.

Batería estacionaria

HERRAMIENTA DE CÁLCULO EN EXCEL

Capacidad nominal que debe tener	3007.462054 Ah
Tensión nominal de la instalación	24 V
Modelo de la batería elegida	TAB 20 OPzS 2500
Capacidad de la batería elegida	3750 Ah
Tensión de la batería elegida	2 V
Precio de la batería elegida	533 Euros
Número de baterías	12
Número de baterías a instalar	12
Precio Total	11184 Euros

- Inversor

En esta tabla se ve las especificaciones del inversor elegido para llevar a cabo la instalación. Se introducirá el precio del inversor y el número de inversores que requiere la instalación. La hoja nos mostrará el precio total del inversor. La **tabla 20** muestra el resultado.

Tabla 20: Diseño del inversor elegido.

Inversor	
Modelo del inversor elegido	Phoenix C24/5000
Precio del inversor	2.491,61 Euros
Número de inversores	1
Precio Total	2.491,61 Euros

- Coste total de la instalación

Nos calcula el coste total de nuestra instalación una vez calculado los apartados anteriores. Lo vemos en la **tabla 21**.

Tabla 21: Coste total de la instalación.

Coste total de la instalación	19843.61 Euros
--------------------------------------	-----------------------

HERRAMIENTA DE CÁLCULO EN EXCEL
