



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

Diseño y cálculo de un sistema de producción eléctrico con recursos solar y biomasa y de la red de distribución para el suministro a la población aislada de Torrecillas de Nacaome en Honduras

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Ingeniería Industrial (Acceso desde Grado I. de Organización Industrial)

AUTOR/A: Hurtado Abad, Esther

Tutor/a: Vargas Salgado, Carlos Afranio

Cotutor/a: Ribó Pérez, David Gabriel

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR INGENIERÍA  
INDUSTRIAL VALENCIA

Curso Académico:

*“ A mi familia, en especial a mi padre  
A mi tutor Carlos Vagas Salgado  
A mi cotutor David Gabriel Ribó Pérez  
A la Universidad Politécnica de Valencia  
...”*

## RESUMEN

En el siguiente TFM se va a realizar el diseño de la red eléctrica de una población llamada Torrecillas de Nacaome situada en Honduras. Actualmente está totalmente aislada, no dispone ni de red eléctrica ni de agua corriente. Dada las condiciones de esta población, la posibilidad de acceder a la red eléctrica pública es realmente complicado, por ello se plantea la posibilidad de instalar una central híbrida de producción de energía eléctrica mediante el recurso solar y biomasa. La población cuenta con 60 viviendas, aproximadamente 41 de ellas se encuentran en la parte central de la población, 19 están separadas del núcleo urbano.

Inicialmente se estima la demanda eléctrica de esta localidad utilizando como referencia otras poblaciones similares a ella, además también se ha tenido en cuenta que estas poblaciones no suelen disponer de una gran cantidad de elementos eléctricos que sean necesarios de alimentar eléctricamente. Una vez se estima la demanda eléctrica, se plantean diferentes escenarios para realizar tanto la central eléctrica como la red de distribución. Ya que hay diferentes viviendas que se encuentran separadas del núcleo urbano, se diseñan diferentes posibilidades incluyendo toda la población en la misma red eléctrica o se considera la posibilidad de aislar algunas de ellas. Para conocer exactamente la cantidad de potencia a instalar de cada uno de los elementos necesarios para la central, se hace uso del software HOMER. Este Software simula diferentes configuraciones de sistemas híbridos hasta llegar a la solución óptima. Las diferentes configuraciones se analizan y comparan para llegar a la mejor alternativa planteada.

Para realizar correctamente toda la red de distribución, una vez conocida la configuración óptima se realiza el cálculo para conocer las secciones de cada parte del cableado de la instalación.

**Palabras clave:** Central eléctrica híbrida; energías renovables; comunidades rurales aisladas; Torrecillas de Nacaome, Honduras.

## RESUM

En el present TFM es realitzarà el disseny de la xarxa elèctrica d'una població anomenada Torrecillas de Nacaome situada a Hondures. Actualment, està totalment aïllada i no disposa ni de xarxa elèctrica ni d'aigua corrent. Degut a les condicions d'aquesta població, la possibilitat d'accedir a la xarxa elèctrica pública és realment complicat, és per això que es planteja la possibilitat d'instal·lar una central híbrida de producció d'energia elèctrica mitjançant el recurs solar i biomassa. La població compta amb 60 habitatges aproximadament, 41 d'ells es troben en la part central de la població i 19 estan separats del nucli urbà.

Inicialment s'estima la demanda elèctrica d'aquesta localitat utilitzant com a referència altres poblacions similars a ella. A més a més, també s'ha tingut en compte que aquestes poblacions no solen disposar d'una gran quantitat d'elements elèctrics que siguin necessaris d'alimentar elèctricament. Una vegada s'estima la demanda elèctrica, es plantegen diferents escenaris per a realitzar tant la central elèctrica com la xarxa de distribució. Ja que hi ha diferents habitatges que es troben separades del nucli urbà, es dissenyen diferents possibilitats incloent tota la població en la mateixa xarxa elèctrica o es considera la possibilitat d'aïllar algunes d'elles. Per a conèixer exactament la quantitat de potència a instal·lar de cadascun dels elements necessaris per a la central, es fa ús del programari HOMER. Aquest Programari simula diferents configuracions de sistemes híbrids fins a arribar a la solució òptima. Les diferents configuracions s'analitzen i es comparen per a arribar a la millor alternativa plantejada.

Per a realitzar correctament tota la xarxa de distribució, una vegada coneguda la configuració òptima es realitza el càlcul per a conèixer les seccions de cada part del cablejat de la instal·lació.

**Paraules clau:** Central elèctrica híbrida; energies renovables; comunitats rurals aïllades; Torrecillas de Nacaome, Hondures.

## SUMMARY

The following TFM will develop the design of the electrical network of a town called Torrecillas de Nacaome in Honduras. Currently, the small town is completely isolated and has neither electricity nor running water. Given the conditions of this town, the possibility of accessing the public electricity network is very complicated. Therefore, it is suggested that a hybrid power plant for electricity production using solar and biomass resources is developed and installed there. The town has 60 houses approximately 41 of them are located in the central part of the town and 19 are on the outskirts.

The electricity demand of this town is estimated using data collected from other towns of similar size. It has also been taken into account that these towns do not usually have a large number of electrical elements that are necessary to feed electrically. Once the electrical demand is estimated, different scenarios are proposed for both the power plant and the distribution network. Since there are houses that are separated from the urban nucleus, potential designs may vary. Designs may be limited to the town center or also include the houses located outside of the town center. HOMER Software can be used to know the exact amount of electrical power to be installed for each of the elements necessary for the power plant. This software simulates different configurations of hybrid systems until the optimal solution is found. The different configurations are analyzed and compared in order to determine the best alternative.

In order to correctly establish the whole distribution network, once the optimal configuration is known, the calculation is made to determine the sections of each part of the wiring of the installation.

**Keywords:** Hybrid power plant; renewable energies; isolated rural communities; Torrecillas de Nacaome, Honduras.



## Tabla de contenido

<i>Tabla de contenido</i> .....	1
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES</b> .....	3
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	4
<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b> .....	5
<b>ÍNDICE DE GRÁFICAS</b> .....	6
<b>I. MEMORIA</b> .....	
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	7
1.1 Antecedentes.....	7
1.2 Motivación.....	7
1.3 Objetivos.....	8
<b>2. ELECTRIFICACIÓN EN PAISES EN VÍAS DE DESARROLLO</b> .....	9
2.1 Características de las zonas rurales.....	10
2.2 Importancia de la electrificación rural.....	10
2.2.1. Reducción de la pobreza.....	10
2.2.2 Educación y salud.....	10
2.2.3 Medio ambiente.....	11
<b>3. CONTEXTO DE HONDURAS</b> .....	12
3.1 Honduras.....	12
3.2 Sector energético.....	12
3.3 Generación y recursos.....	14
3.4 Consumo.....	15
<b>4. CÁLCULO DE LA CENTRAL HÍBRIDA Y RED DE DISTRIBUCIÓN</b> .....	16
4.1 Metodología empleada.....	17
4.2 Contexto de Torrecillas de Nacaome.....	19
4.3 Recursos generales.....	20
4.3.1 Recurso solar.....	20
4.3.2 Recurso de biomasa.....	22
4.3.3 Recurso eólico.....	22
4.3.4 Recurso hídrico.....	23
4.4 Demanda.....	24
4.5 Red de distribución.....	26
4.6 Casos de estudio.....	28
4.6.1 Caso 1.....	28
4.6.2 Caso 2.....	29
4.6.3 Caso 3.....	30



<b>4.7 Configuración de la minired híbrida mediante el software HOMER. ....</b>	<b>31</b>
4.7.1 Descripción del software Homer .....	31
4.7.2 Datos de entrada .....	31
4.7.2.1 Demanda de energía.....	31
4.7.2.2 Componentes.....	36
4.7.2.2.1 Gasificador .....	36
4.7.2.2.2 Paneles solares.....	38
4.7.2.2.3 Baterías. ....	39
4.7.2.2.4 Convertidor .....	41
4.7.3 Resultados. ....	41
<b>4.8 Diseño de la instalación de las viviendas aisladas .....</b>	<b>43</b>
<b>4.9 Diseño de la red de distribución .....</b>	<b>45</b>
4.9.1 Agrupación de viviendas.....	46
4.9.2 Condiciones de la red .....	47
4.9.3 Procedimiento de cálculo .....	47
4.9.4 Cálculo. ....	48
4.9.4.1 Cableado trifásico núcleos A, B, C y D.....	48
4.9.4.2 Cableado monofásico núcleos A, B, C y D.....	50
4.9.5 Materiales: cableado y equipos empleados .....	53
4.9.5.1 Cableado necesario.....	53
4.9.5.1.1 Aluminio 35 mm <sup>2</sup> .....	53
4.9.5.1.2 Aluminio 25 mm <sup>2</sup> .....	53
4.9.5.1.3 Aluminio 16 mm <sup>2</sup> .....	54
4.9.5.1.4 Aluminio 10 mm <sup>2</sup> .....	54
4.9.5.2 Equipos .....	55
<b>5. CONCLUSIÓN .....</b>	<b>57</b>
<b>6. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>59</b>
<b>II. PRESUPUESTO .....</b>	<b>.....</b>
<b>III. PLANOS.....</b>	<b>.....</b>
<b>IV. PLIEGO DE CONDICIONES .....</b>	<b>.....</b>
<b>V. ANEXOS.....</b>	<b>.....</b>

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Cálculo de la potencia. ....	48
Ecuación 2: Cálculo de la intensidad. ....	49
Ecuación 3: Cálculo de la caída de tensión. ....	49
Ecuación 4: Cálculo porcentaje de la caída de tensión. ....	49
Ecuación 5: Ponderación longitud.....	51
Ecuación 6: Longitud total de aluminio de sección 35 mm <sup>2</sup> .....	53
Ecuación 7: Longitud total de aluminio de sección 25 mm <sup>2</sup> .....	54
Ecuación 8: Longitud total de aluminio de sección 16 mm <sup>2</sup> .....	54
Ecuación 9: Longitud total de aluminio de sección 10 mm <sup>2</sup> .....	54

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Censo de Torrecillas de Nacaome.....	27
Tabla 2: Energía consumida por cada núcleo y vivienda aislada.....	34
Tabla 3: Distancias entre las viviendas .....	46
Tabla 4: Factores de simultaneidad. ....	48
Tabla 5: Valores de las secciones del cableado trifásico. ....	49
Tabla 6: Valores del porcentaje de la caída de tensión. ....	50
Tabla 7: Distancias línea A-10 .....	51
Tabla 8: Valores de las secciones de la línea A. ....	51
Tabla 9: Valores del porcentaje de la caída de tensión de la línea A.....	51
Tabla 10: Valores de las secciones de la línea B.....	52
Tabla 11: Valores del porcentaje de la caída de tensión de la línea B .....	52
Tabla 12: Valores de las secciones de la línea C.....	52
Tabla 13: Valores del porcentaje de la caída de tensión de la línea C .....	52
Tabla 14: Valores de las secciones de la línea D .....	52
Tabla 15: Valores del porcentaje de la caída de tensión de la línea D.....	52
Tabla 16: Longitudes necesarias de cableado de aluminio .....	55

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Sistema interconectado nacional.[15] .....	13
Ilustración 2: Metodología empleada .....	18
Ilustración 3: Localización Torrecillas de Nacaome.....	19
Ilustración 4: Mapa del recurso solar en Honduras.....	20
Ilustración 5: Emplazamiento de la central de generación.....	21
Ilustración 6: Biomasa seca para consumo domiciliario .....	22
Ilustración 7: Recurso eólico Torrecillas de Nacaome.....	23
Ilustración 8: Depósitos de agua de lluvia .....	24
Ilustración 9: Vivienda tipo de Torrecillas de Nacaome.....	25
Ilustración 10: Localización de las viviendas de Torrecillas de Nacaome .....	26
Ilustración 11: Red de distribución del caso 1 .....	28
Ilustración 12: Red de distribución del caso 2 .....	29
Ilustración 13: Red de distribución del caso 3 .....	30
Ilustración 14: Introducción de la demanda en el Software Homer.....	34
Ilustración 15: DMAP .....	35
Ilustración 16: Menú inicial del Software Homer .....	36
Ilustración 17: Introducción del generador eléctrico en el Software Homer .....	37
Ilustración 18: Gestión del generador .....	38
Ilustración 19: Introducción de los paneles solares fotovoltaicos en el Software Homer .....	39
Ilustración 20: Introducción de los baterías en el Software Homer .....	40
Ilustración 21: Introducción del convertidor en el Software Homer.....	41
Ilustración 22: Resultados obtenidos de la ejecución del Software Homer .....	42
Ilustración 23: Red de distribución .....	45
Ilustración 24: Detalle línea A-10 .....	50

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1: Evolución desarrollo energía renovable en Honduras. [17].....	14
Gráfica 2: Potencia instalada en Honduras en el año 2020. ....	15
Gráfica 3: Evolución consumo eléctrico según sectores.[17] .....	15
Gráfica 4: Radiación Torrecillas de Nacaome. [25].....	21
Gráfica 5: Demanda eléctrica Torrecillas de Nacaome (I).....	25
Gráfica 6: Curva de demanda Torrecillas de Nacaome(II) .....	32
Gráfica 7: Curva de demanda de los núcleos A, B, C y D .....	32
Gráfica 8: Curva de demanda del núcleo E.....	33
Gráfica 9: Curva de demanda del núcleo F .....	33
Gráfica 10: Relación entre número de ciclos y porcentaje de las baterías .....	40
Gráfica 11: Comportamiento de los elementos en la central eléctrica .....	43

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Antecedentes

Actualmente, vivimos en un mundo de continuo crecimiento y desarrollo. Durante el año 2015, la Asamblea General de Naciones Unidas (AG-ONU) fijó los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) [1]. Para lograr el desarrollo de la sociedad y mejorar los medios de vida, el acceso a la electricidad es un elemento clave. Según la ONU[2] la electricidad puede ayudar a reducir la pobreza y la migración, a garantizar la igualdad de género o a mejorar la educación y la salud, entre otros beneficios. Estos aspectos son aún más significativos para aquellos países que aún están en vías de desarrollo. Además, se debe tener en cuenta que, a la hora de llegar a electrificar estas poblaciones en vías de desarrollo, se deben promover soluciones energéticas limpias y renovables.

Durante los últimos años, se han realizado esfuerzos para electrificar diferentes zonas rurales aisladas, la realidad es que los recursos financieros son limitados y no siempre se llegan a desarrollar las propuestas planteadas. Es por esta razón, por la cual no solo se necesitan soluciones que sean sostenibles, sino que también deben estar acompañadas de presupuestos rentables y lógicos. Después de diferentes planteamientos, se llega a la conclusión de que generalmente, las minirredes se consideran una de las mejores opciones para estos casos. El desarrollo de minirredes híbridas proporciona soluciones seguras, eficientes, estables y adecuadas. En estos casos, la obtención de la curva de demanda energética de las poblaciones es uno de los factores que resultan más complicados de obtener, ya que las poblaciones cada vez se van desarrollando más y esta curva es variable a lo largo del tiempo. Esta curva tiene un gran impacto en el diseño, ya que se ve afectado el tamaño del sistema, los costes y los parámetros operativos. A pesar de tener tanta influencia en la construcción de centrales, aún no se ha llegado a un protocolo global para establecer esta curva de demanda energética.

Recientemente, se han ido desarrollando diferentes tipos de softwares para reducir la incertidumbre de los datos, y lograr estimaciones de la demanda lo más precisas posible y llegar a soluciones lo más fiables posibles.

## 1.2 Motivación

En estos países en vías de desarrollo, los agricultores y las personas que viven en las zonas rurales son los más afectados por el cambio climático, ya que puntualmente, las estaciones son más variables y sus recursos e infraestructuras dependen completamente del tiempo de la zona en la que viven. Conscientes de este problema, surge una cooperación entre La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y La Universidad Politécnica de Valencia (UPV). El objetivo de esta unión es mejorar el bienestar de las comunidades aisladas mediante acciones de adaptación y mitigación del cambio climático. Dentro de estas acciones, una de las principales es facilitar el acceso a la red eléctrica a través de redes basadas en energías

renovables. A tal fin, se inició un estudio de suministro de energía eléctrica mediante microrredes eléctricas en Honduras que fue el germen de los proyectos posteriores en las zonas agrícolas.

Los investigadores del área de Energías Renovables del Instituto de Ingeniería Energética de la UPV han desarrollado diferentes proyectos de cooperación relacionados con el estudio e instalación de centrales híbridas productoras de energía eléctrica para países en desarrollo, como ha ocurrido en la República Democrática del Congo y Colombia. En los últimos años se les han subvencionado dos proyectos de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) para desarrollar en Honduras. El primero, que está en la última fase de ejecución, se ha realizado en El Santuario. En este proyecto intervine becada para colaborar en el cálculo de la red de distribución. Al conocer que se les había concedido el segundo proyecto a desarrollar en Torrecillas de Nacaome y, teniendo en cuenta mi experiencia en el anterior, propuse realizar el TFM consistente en el estudio y cálculo de la central y la red de distribución de la energía. El proyecto de Torrecillas de Nacaome tiene ciertas singularidades respecto a anteriores, ya que en los del Congo y Colombia solo se calculaba la central híbrida y en el de El Santuario solamente se implementa una central y la red de distribución. En el caso de Torrecillas, dada la dispersión de las viviendas hay que estudiar, además, la posibilidad de disponer varias centrales y la potencia de ellas, así como de las redes a instalar.

Así pues, una vez se empieza a trabajar en el diseño de la minirred, la mayor dificultad que se ha encontrado ha sido llegar a una buena estimación de la demanda de energía eléctrica de la comunidad, ya que previamente, no han tenido acceso a la red eléctrica. Por lo tanto, este Trabajo Final de Máster se realiza con el fin de llegar a maximizar la precisión y la garantía de la solución planteada.

## 1.3 Objetivos

El objetivo de este Trabajo Final de Máster es contribuir a la mejora de calidad de vida de poblaciones aisladas mediante la introducción de microrredes de energía eléctrica que posibilite el acceso a esta energía a comunidades de personas alejadas de las redes de distribución. Asimismo, contribuir en el desarrollo del trilema, alimentación, energía y agua establecido como objetivo principal de la FAO.

Para lograr este objetivo principal se han fijado diferentes objetivos específicos:

- Describir el contexto ambiental y socioeconómico actual de la comunidad rural de Torrecilla e identificar los recursos energéticos renovables más adecuados disponibles en la zona.
- Simular diferentes configuraciones de sistemas híbridos en el Software Homer hasta alcanzar las soluciones óptimas.
- Desarrollar diferentes escenarios para realizar la instalación eléctrica de la población, y así poder escoger aquella que se adapte mejor al presupuesto base.
- Diseñar la microrred híbrida de energías renovables teniendo en cuenta sus parámetros principales (potencia nominal de las tecnologías, cableado...)

## 2. ELECTRIFICACIÓN EN PAISES EN VÍAS DE DESARROLLO

En la actualidad, se estima que 1.100 millones de personas, es decir, el 14% de la población, no tienen acceso a la electricidad. Aunque el número de personas es 97 millones menos que en 2016, sigue siendo urgente proporcionar acceso universal a la energía moderna. Entre las personas sin acceso a la energía, el 84% vive en las zonas rurales de los países en desarrollo, siendo el África subsahariana la más afectada, con apenas un 23% de acceso a la electricidad. Además, se estima que si no se actúa y se continúa con este escenario, alrededor de 600 millones de personas seguirán sin tener acceso a la electricidad en 2040 (IRENA, 2017) [3].

Satisfacer la demanda energética de las zonas rurales y urbanas presenta altos costes. La Agencia Internacional de Energía afirma que se necesitarán 52.000 millones de dólares de inversión adicional entre 2018 y 2030 para lograr la electrificación universal. En consecuencia, los responsables políticos y los gobiernos deben hacer frente a elevados costes con presupuestos limitados.

Sin embargo, la adopción de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) [1] de las Naciones Unidas en 2015, especialmente en el ODS 7 (Garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos en 2030) supuso, por primera vez, el reconocimiento político de la energía y su importancia para el desarrollo sostenible. De hecho, el acceso a la energía moderna contribuirá a otros ODS como acabar con la pobreza (ODS 1), mejorar la calidad del aire y el acceso a los servicios sanitarios (ODS 3), acabar con el hambre (ODS 2), el crecimiento económico y el empleo (ODS 8), la adaptación al cambio climático y su mitigación (ODS 11), la industrialización sostenible (ODS 9) y la igualdad de género (ODS 5).

Por ello, en los últimos años se han observado importantes esfuerzos para la electrificación rural. Las organizaciones internacionales han aumentado su atención a la reducción de la pobreza, por lo que se han centrado en los países en desarrollo para el acceso a la electricidad. Además, la electrificación de las comunidades rurales fuera de la red las hace más habitables, evita que su población emigre a la metrópoli e incluso puede atraer a los que ya emigraron para que vuelvan.

La ONU está promoviendo la energía sostenible con el programa Energía Sostenible para Todos, impulsando el ODS7 y buscando el acceso universal a la energía, el uso de energías renovables y la mejora de la eficiencia energética. Entre otros, el Grupo del Banco Mundial, la Agencia Internacional de Energías Renovables, la Agencia Internacional de la Energía y la Organización Mundial de la Salud [4] [5] se suman a los esfuerzos para acabar con la pobreza energética. No solo mediante programas de medición y estadística como el Marco de Seguimiento Global o los Indicadores de Regulación para la Energía Sostenible, sino también poniendo en marcha iniciativas y gestionando fondos como el Programa de Asistencia para la Gestión del Sector Energético o los Fondos de Inversión en el Clima. Unos marcos normativos y financieros más eficaces, junto con las mejoras tecnológicas, la reducción de costes y las repercusiones medioambientales y sociales positivas, están ayudando a construir un futuro prometedor para la electrificación rural en los países en desarrollo.



## 2.1 Características de las zonas rurales

Las zonas rurales se caracterizan por estar aisladas y dispersas. Esto da lugar a una accesibilidad limitada a los proveedores de combustible y a unos costes elevados cuando la electrificación se realiza a través de las redes nacionales.

Además, la principal actividad económica es la agricultura a pequeña escala, seguida de otras como la ganadería, la pesca, la silvicultura o el turismo, que proporcionan bajos ingresos a los hogares. La inaccesibilidad del lugar también reduce las oportunidades de participar en los mercados locales, regionales o nacionales. Otras características de estas zonas son la falta de servicios educativos y sanitarios, la desigualdad de género, las pequeñas infraestructuras y la falta de suministro de agua potable.

## 2.2 Importancia de la electrificación rural

La electrificación rural es esencial para acabar con la pobreza y garantizar el bienestar de la población de las zonas rurales.[6] A lo largo de la historia, la electrificación ha desempeñado un papel importante en el desarrollo de la sociedad y en la mejora del nivel de vida. En los siguientes apartados se va a desarrollar como afecta la electrificación a determinados caracteres imprescindibles para un desarrollo digno de cualquier comunidad.

### 2.2.1. Reducción de la pobreza

Varios estudios coinciden en que los ingresos medios anuales de los hogares con acceso a la electricidad son mayores que los de aquellos que carecen de ella.

En efecto, el acceso a una energía fiable y asequible puede llevar a desarrollar actividades productivas y a satisfacer las necesidades de las industrias agrícolas y rurales, proporcionando así empleo y nuevas fuentes de ingresos para los hogares. La productividad en las actividades agrícolas, resultan más productivas ya que se ahorran recursos, principalmente el desperdicio de agua. Además, se pueden desarrollar micro, pequeñas y medianas empresas, contribuyendo a erradicar la pobreza. [7]

### 2.2.2 Educación y salud

La iluminación mejora la concentración y la comodidad en las escuelas, permite más horas de enseñanza y tiempo extra para estudiar en casa. Por lo tanto, los estudiantes obtienen mejores resultados y el rendimiento educativo mejora. Por ejemplo, en Sudán y Tanzania se descubrió que la tasa de finalización de la educación alcanzó después de la electrificación un mayor nivel.

Además, la electricidad permite las conexiones informáticas. Esto proporciona un mayor acceso a la información y a la adquisición de conocimientos, no solo para los estudiantes, que se exponen a nueva información cultural y, por tanto, desarrollan su creatividad y sus propias opiniones, sino también para los profesores, que mejoran sus habilidades y conocimientos docentes.

Según la Organización Mundial de la Salud, la electrificación evita el deterioro de las vacunas y las interrupciones de los servicios médicos. Las emergencias pueden resolverse rápidamente con el acceso a los sistemas de comunicación, lo que también permite aumentar los conocimientos en tratamientos o procedimientos médicos. Además, los pacientes pueden disponer de asistencia sanitaria durante las horas en que no hay sol y de otros servicios como agua caliente y limpia.

El confort también promueve la llegada de más profesionales para trabajar en centros educativos o sanitarios. [8] [9] [10]

### 2.2.3 Medio ambiente

El acceso a la energía reduce directamente la dependencia de los combustibles fósiles o de otras fuentes contaminantes como las lámparas de queroseno o las pilas. Además de reducir las emisiones, se evitan los problemas de riesgo de incendio y se mejora la calidad del aire interior.

El uso de fuentes de energía renovables, como la fotovoltaica o la eólica, contribuye a mitigar los efectos del cambio climático, además de proporcionar adaptación y resiliencia a los habitantes de las zonas rurales. Además, también puede reducir la dependencia de la madera, que en muchos casos se recoge en tierras protegidas y provoca problemas de deforestación.[11]

## 3. CONTEXTO DE HONDURAS

### 3.1 Honduras

Honduras está situada en la zona centro-norte de Centroamérica. El país limita al norte y al este con el mar Caribe, al sur con El Salvador y al oeste con Guatemala, con una superficie total de 112.492 km<sup>2</sup>.

La población total de Honduras es de 9.119.914 habitantes, de los cuales un promedio del 45,5% vive actualmente en zonas rurales, siendo esta la tasa más alta de Centroamérica después de Belice. Es un país de renta media-baja con un PIB de casi 23 mil millones de dólares en 2017 y un 66 % de personas que viven en la pobreza en 2016. Alrededor del 20% de los habitantes de las zonas rurales tienen ingresos inferiores a 1,9 USD/día, por lo que se enfrentan a la pobreza extrema. [12]

### 3.2 Sector energético

El sector energético en Honduras se comienza a desarrollar en 1957, momento en el que se creó la Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE) por la Junta de Gobierno Militar. Desde este momento, el sector energético ha seguido creciendo a través de diferentes políticas y reformas gubernamentales. [13]

Las reformas recientes se iniciaron con la "Ley Marco del Subsector Eléctrico", que define la estructura del subsector eléctrico y fue promulgada en 1994 con el objetivo de superar los efectos negativos de la crisis de 1994, provocada por una demanda del rápido crecimiento que el sistema eléctrico de entonces no era capaz de abastecer.

Aunque la liberalización del sector de la generación se logró en los años 90, el Gobierno sigue teniendo un fuerte poder en la regulación de las tarifas eléctricas y del precio de los combustibles, así como en la operación de los sistemas de transmisión y distribución. La Comisión Nacional de Energía (CNE) está a cargo de la regulación del sector eléctrico; y la formulación de las políticas está a cargo de la ENEE y la Secretaría de Recursos Naturales y Ambientales (SERNA) que se conoce como "MiAmbiente".

El marco regulatorio actual se basa en la "Ley General de la Industria Eléctrica" (2013). Esta ley fue diseñada para mejorar la regulación del mercado eléctrico nacional (generación, transmisión, distribución, comercialización y operación del sistema eléctrico) además de permitir su interconexión con el Mercado Eléctrico Regional (MER) de Centroamérica, mediante la creación de la Comisión Reguladora de Energía Eléctrica (CREE), que sustituye a la antigua CNE.[14]

El sistema de interconexión eléctrica está compuesto por líneas de transmisión de tres niveles de tensión diferentes: 69, 138 y 230 kV, que llevan la energía eléctrica desde las centrales de

generación hasta las subestaciones ubicadas a lo largo del país. Esta línea permite también la interconexión a la línea de transmisión regional, que posibilita el intercambio de electricidad, a través de 1.793 km de líneas de transmisión de 230kV, entre los diferentes países latinoamericanos.[15]

A lo largo del tiempo, la red de distribución eléctrica se ha caracterizado por pérdidas eléctricas que alcanzaron el 15% en usuarios comerciales finales, y apagones que duraron más de 35 horas (Banco Mundial, 2007)[11]. En 2016, tratando de buscar una solución a estas limitaciones, la ENEE desarrolló su "Plan Estratégico del Grupo ENEE 2016-2020" que incluye un plan de inversiones para mejorar la infraestructura eléctrica. La Empresa de Energía de Honduras (EEH) tiene la responsabilidad de mejorar, operar y mantener las líneas de distribución.

Las líneas de distribución se dividen en una línea primaria de unos 30.000 km y una línea secundaria de casi 20.000 km. Las líneas más desarrolladas y robustas pertenecen a San Pedro Sula, Puerto Cortés, El Progreso, Tela, La Ceiba, Tegucigalpa y Choluteca, como principales centros de consumo, mientras que las líneas de distribución en las zonas rurales y pequeñas comunidades son demasiado antiguas y están en malas condiciones para garantizar un suministro de energía fiable. Además, como se muestra en la ilustración 1, muchas zonas rurales aún no tienen acceso a la red eléctrica nacional.

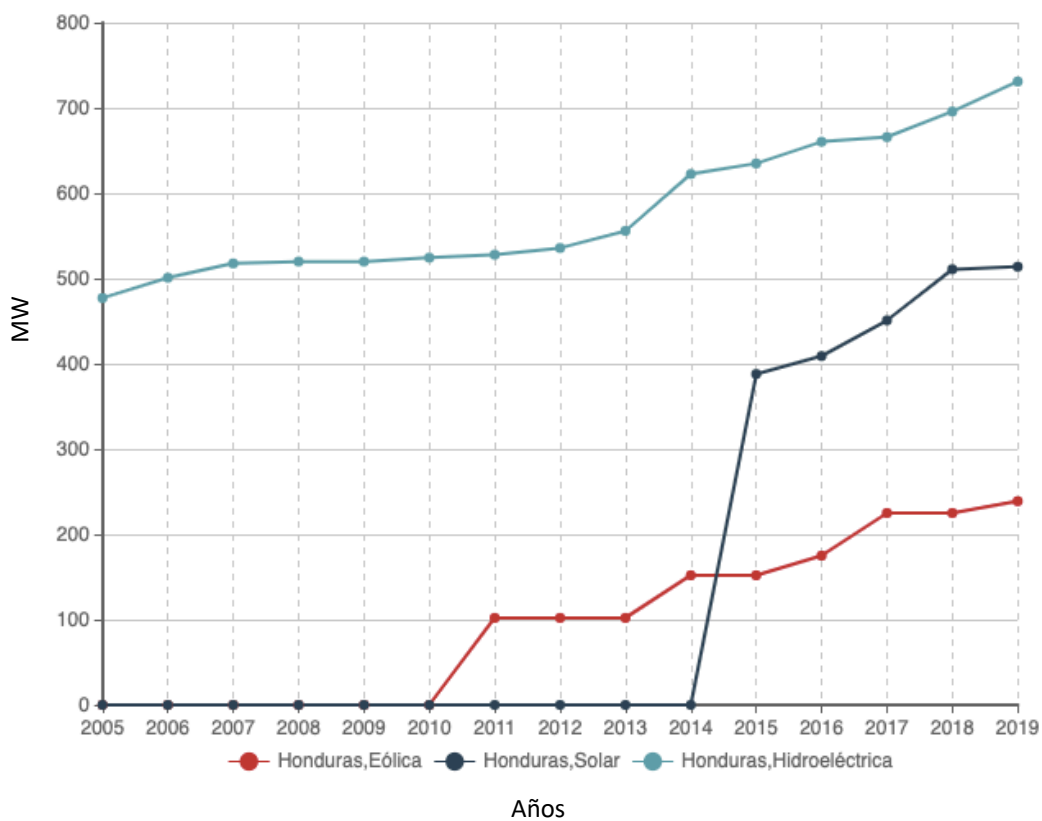


Ilustración 1: Sistema interconectado nacional.[15]

### 3.3 Generación y recursos

En el año 2007, Honduras comienza a desarrollar instalaciones de energía renovable moderna con la "Ley de Promoción a la Generación de Energía Eléctrica con Recursos Naturales", esta ley pretendía promover la inversión financiera privada y pública en proyectos de generación de energías renovables, esta iniciativa se desarrolla debido a que los precios de los hidrocarburos comenzaban a elevarse. En consecuencia, se publicó el Reglamento de la Ley de Biocombustibles en el año 2008. Seguidamente, en el año 2010 se implanta la Ley Especial Reguladora de Proyectos Públicos de Energías Renovables. [16]

En la gráfica 1 se puede apreciar cómo es en el año 2010 cuando la energía eólica comienza a tener un papel en el sector energético de Honduras, y es a los cuatro años de la implantación de esta ley cuando se comienza a utilizar el recurso solar para el suministro eléctrico del país.



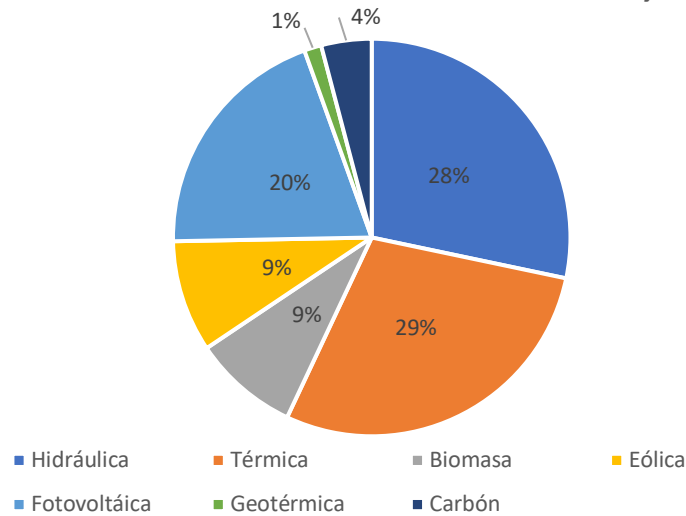
Gráfica 1: Evolución desarrollo energía renovable en Honduras. [17]

En los primeros meses del año 2010, el Gobierno de Honduras publicó la Visión del País 2010-2038 y su Plan Nacional 2010-2022, el cual tenía como objetivo que en el año 2022 el 60% de la energía fuese renovable en Honduras y el 80% en el 2038. Como se puede ver en la gráfica 1, conforme han ido pasando los años, la presencia de energía renovable ha sido mayor.

En el año 2016 Honduras alcanzó el valor del 10% y es en el año 2020 cuando la potencia instalada llega al 67,2% de energía renovable en el país. [18]

En la gráfica 2 se puede ver el porcentaje correspondiente a cada una de las fuentes de energía renovable que con la que contaba Honduras en el año 2020.

### POTENCIA INSTALADA HONDURAS, 2020

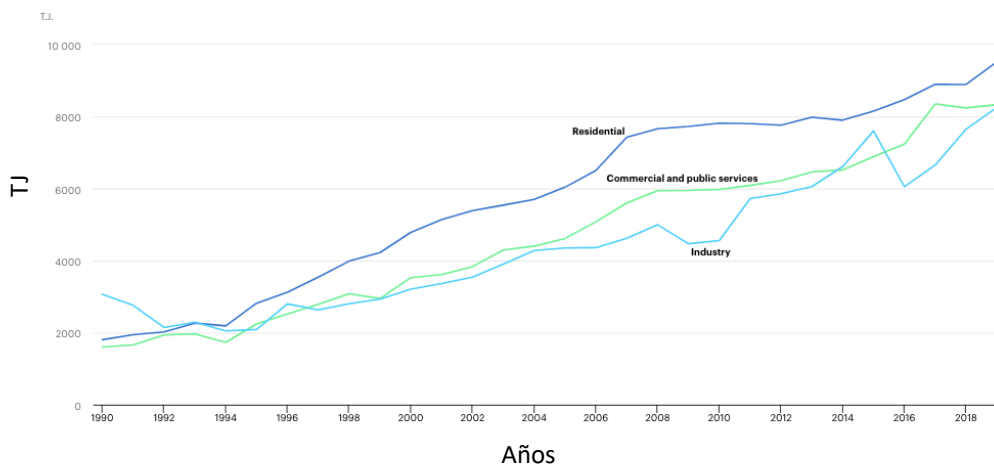


Gráfica 2: Potencia instalada en Honduras en el año 2020.

(Elaboración propia a partir de [18])

### 3.4 Consumo.

Según la Agencia Internacional de Energía el consumo de energía eléctrica en el país de Honduras sumó un total de 7,6 TWh. El sector más consumidor fue el residencial, con un 36,4% del total, seguido por el sector comercial con un 32% y un 31,6% referente al sector industrial. En la gráfica 3 se puede observar como a lo largo de los años tanto el sector residencial como el comercial y el industrial han ido aumentando a lo largo de los años, hasta el punto de llegar a los valores que se han comentado anteriormente. Se puede esperar que, a lo largo de los años, este consumo total de energía eléctrica aumente conforme el país se vaya desarrollando.



Gráfica 3: Evolución consumo eléctrico según sectores. [17]

## 4. CÁLCULO DE LA CENTRAL HÍBRIDA Y RED DE DISTRIBUCIÓN

Este tipo de microrredes híbridas aisladas combinan diferentes recursos renovables para suministrar energía eléctrica. En el caso que nos ocupa los recursos son el solar y la biomasa, que tienen, además, almacenamiento mediante acumuladores eléctricos o baterías. Los equipos que se necesitan para esta finalidad son:

- Paneles solares fotovoltaicos los cuales proporcionarán energía eléctrica a partir del recurso solar.
- Grupo gasificador de biomasa-grupo electrógeno. El grupo electrógeno se alimenta a través del gas producido por el gasificador de biomasa, pero, en definitiva, funciona como un grupo electrógeno.
- Baterías para almacenar energía eléctrica, de tal manera que en los momentos en los que haya déficit de energía eléctrica se podrá hacer uso de ellas. De la misma manera, en los momentos en los que se tenga un exceso de energía eléctrica (probablemente proporcionada por el recurso solar) esta se podrá almacenar en estos dispositivos.
- Inversor de red para transformar la energía eléctrica, de corriente continua a corriente alterna, ya que los equipos de las viviendas funcionan mediante corriente alterna.
- Inversores bidireccionales o gestores de red. Estos son los elementos encargados de hacer funcionar todo el sistema. Están conectados a las baterías y, funcionando como inversores, generan la red eléctrica a la que se conecta los paneles solares, a través de sus inversores, así como el grupo electrógeno y también la red eléctrica de distribución que conecta con los receptores.

En el caso de que la producción solar supere la demanda, el sobrante se almacena en las baterías. En el supuesto de que la demanda supere la producción solar, se inyecta energía a través de las baterías. Hay que prever cuando las baterías van a estar a un nivel reducido de carga para que se ponga en funcionamiento el grupo electrógeno, funcionando, por tanto, a la vez el grupo y la producción solar para abastecer la demanda y, en este caso, cargar baterías.

Se pueden programar los gestores de la red para que cuando el nivel de carga de baterías alcance un mínimo se dé un aviso o conecte de forma automática el grupo. Para la conexión automática del grupo habría que almacenar el gas producido por el gasificador pero en este caso es inviable, así que lo que se hará es que entre en funcionamiento bien mediante el aviso o mediante una previsión de carga por experiencia de funcionamiento del sistema.

- Equipos de protección y control. En estos elementos será necesario tanto interruptores magnetotérmicos como diferenciales.
- Cableado específico para cada tramo de la instalación.
- Transformadores utilizados para disminuir la tensión en determinados puntos de la instalación.

En el caso de pequeñas centrales para pocas viviendas se dispondrá solamente paneles solares y baterías con el inversor adecuado.

En cuanto a la estructura de la red de distribución, hay que partir de que la central suministrará en trifásica a 400 V y que la tensión de los equipos de Honduras funciona a 110 V. A fin de reducir pérdidas, se ha previsto hacer una distribución en trifásica a 400 V hasta centros de consumo o nodos, donde se instalarán transformadores que reduzcan de 400 V a 126 V y a partir de aquí líneas monofásicas que alimentan grupos de viviendas, intentando equilibrar al máximo el sistema trifásico. [21]

## 4.1 Metodología empleada

Se va a explicar la metodología empleada para realizar todo el cálculo de la central híbrida. Inicialmente se estudiará el contexto de la población, estudiando tanto su localización como los diferentes recursos energéticos de los que dispone la población. Se procederá a una estimación de la curva de carga de la localidad, esta curva de demanda será estimada, ya que actualmente no disponen de red eléctrica, por lo tanto, pretende asemejarse lo máximo posible a la realidad. Seguidamente, conociendo la localización de las viviendas, se estudiará como debería de ser la red de distribución a priori, a continuación, se plantearán diferentes escenarios. Utilizando la herramienta del Software HOMER, se realizará el dimensionamiento de la red para cada uno de los casos planteados. Conociendo las diferentes posibilidades, se seleccionará el caso que se considere más adecuado para la población. A continuación, se realizará tanto el diseño como la configuración del sistema híbrido planteado. Se desarrollará todo el cálculo del cableado y se seleccionarán los equipos específicos que se emplearían para este supuesto. Finalmente, se realizará el presupuesto total de la instalación. A continuación, se puede ver un esquema global de la metodología empleada.

---

Para la realización de todos los cálculos y diferentes planteamientos, se ha hecho uso de las siguientes referencias [19] [20] [21] [22] [28] [29] [30]



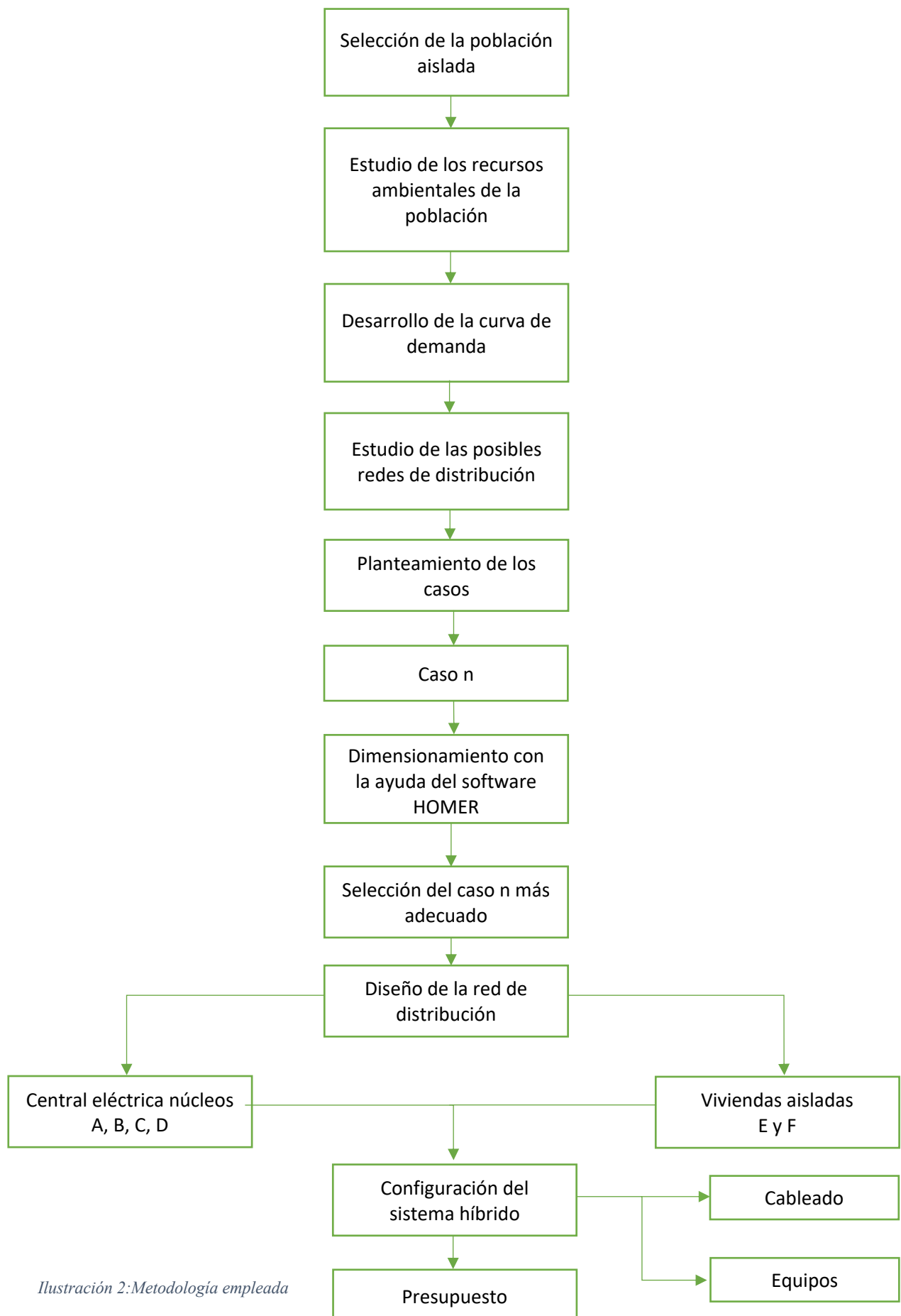


Ilustración 2: Metodología empleada

## 4.2 Contexto de Torrecillas de Nacaome

El pueblo de Torrecillas de Nacaome es una comunidad que se encuentra en una zona de laderas rodeada por un bosque seco, con pinos y encinas como especies forestales predominantes. Cuenta con arroyos como principales fuentes de agua, los cuales permanecen secos durante los meses de verano. Durante el año se diferencian dos estaciones: una seca (noviembre a abril) y otra húmeda (mayo a octubre). Las temperaturas a lo largo del año suelen ser muy estables. Por otro lado, las precipitaciones son cambiantes a lo largo del año, siendo enero el mes más seco y septiembre el más húmedo.

La principal actividad económica es la agricultura. El maíz y el frijol son las especies agrícolas más extendidas. Poco a poco van aumentando sus cultivos, actualmente se han introducido nuevas especies, como la yuca y la batata. Dado que el acceso a esta población es únicamente por una carretera en mal estado, el acceso es difícil y es por este motivo por el que está eléctricamente aislada. [24]

La comunidad se sitúa geográficamente en:

- Latitud: 13° 35' N
- Longitud: 87° 35' O

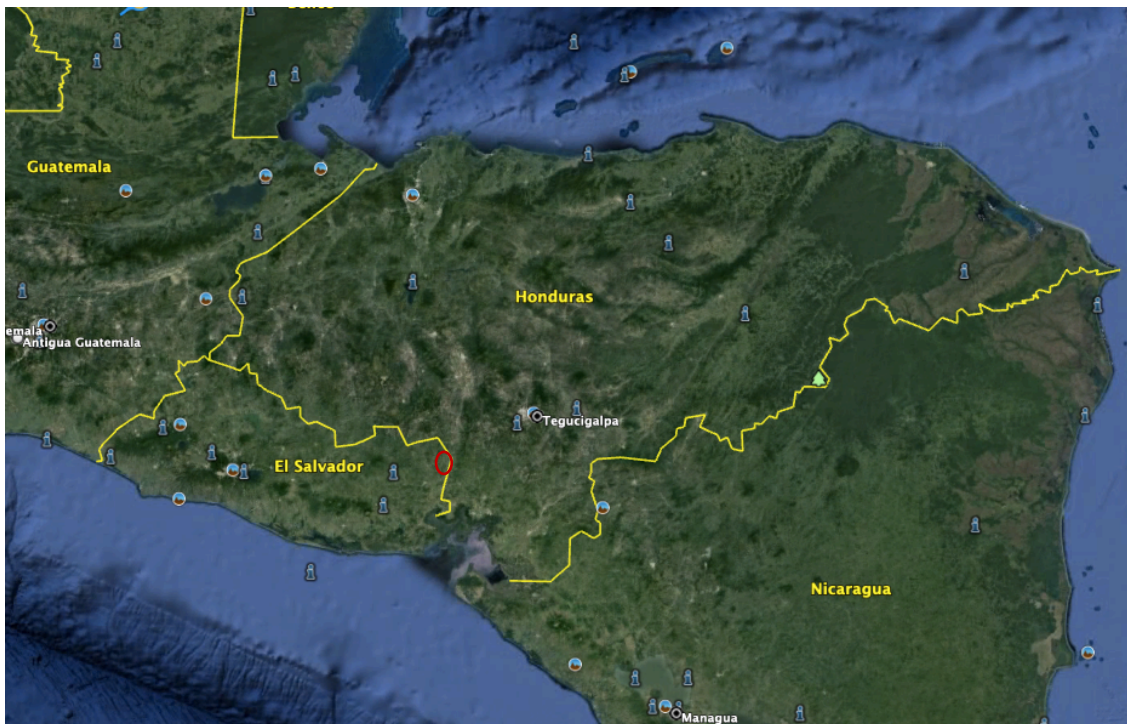


Ilustración 3: Localización Torrecillas de Nacaome.

## 4.3 Recursos generales

En el siguiente apartado se ha realizado el análisis de los recursos renovables disponibles en la zona para el potencial de generación de energía. Dicha información ha sido obtenida gracias a diferentes softwares y a través de diferentes preguntas y cuestionarios a los habitantes de Torrecilla.

### 4.3.1 Recurso solar

La energía solar fotovoltaica representa una alternativa fiable y ampliamente implementada en Honduras. Según la estadística de la Empresa Nacional de Energía Eléctrica hondureña, el mix de generación eléctrica de Honduras a septiembre de 2020 presenta 445,9 MW de energía solar fotovoltaica, representando el 17,8% de la capacidad de generación total y una generación anual acumulada del 10,2% de la electricidad consumida. [18]. En la ilustración 4 se puede apreciar que la radiación solar en Nacaome es muy elevada.

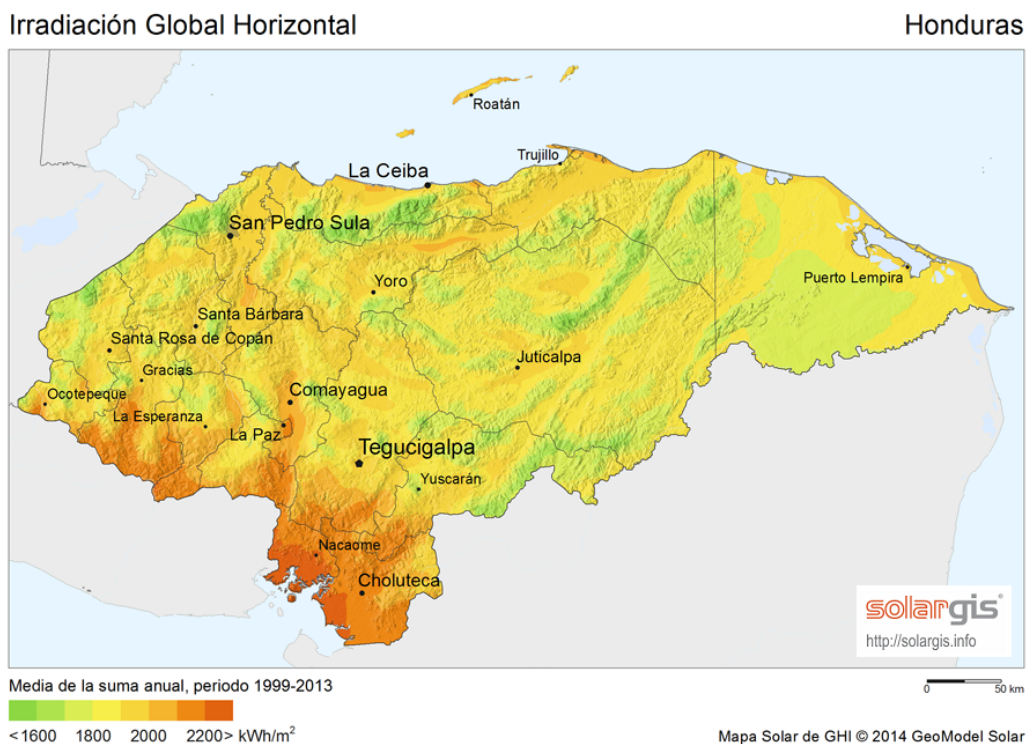
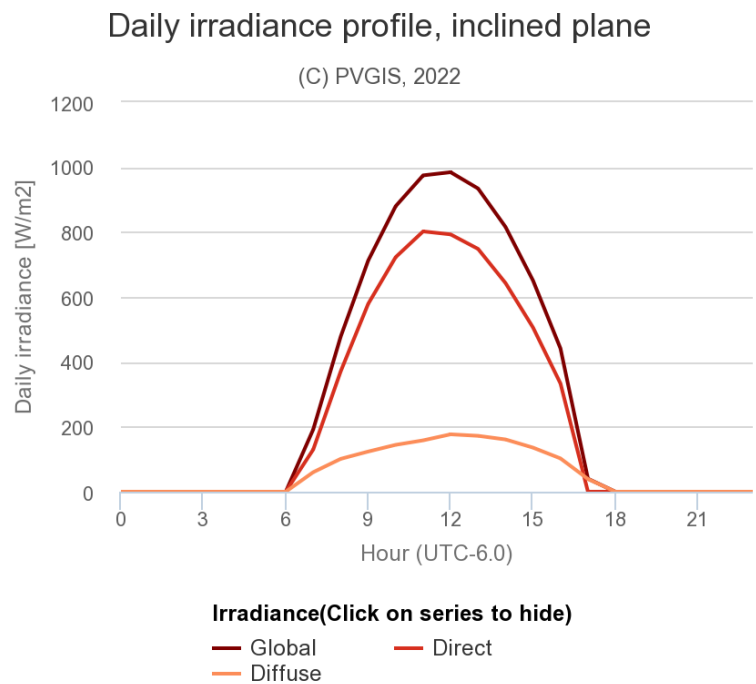


Ilustración 4: Mapa del recurso solar en Honduras

Para conocer exactamente la radiación solar de la zona de Torrecilla, se ha recurrido al PVSYSYTPVGIS-CMSAF. En la gráfica 4 se pueden observar los datos obtenidos del software.



Gráfica 4: Radiación Torrecillas de Nacaome. [25]

Se puede obtener de dicho software que el promedio anual de radiación global es aproximadamente de 2100 kWh/m<sup>2</sup>.

La instalación de los paneles fotovoltaicos se podría realizar en el centro de la población. Si fuera necesario, también se tendría la posibilidad de instalar los paneles en los tejados de las viviendas. El pentágono rojo de la ilustración 5 es el espacio disponible para realizar la instalación de la central eléctrica.



Ilustración 5: Emplazamiento de la central de generación

### 4.3.2 Recurso de biomasa

La población de Torrecilla está totalmente aislada y todos sus alrededores son bosque. Es por esta razón que el recurso de biomasa seca es muy interesante a la hora de realizar el diseño de la central de energía eléctrica para esta comunidad.

Las viviendas comunicaron que consumían alrededor de 15 kg/día de recurso seco durante todo el año. Esto se traduce en un consumo anual de 5,5 t/año y vivienda. La biomasa es obtenida en varias zonas boscosas adyacentes a la comunidad y los habitantes de la comunidad expresaron que no existe variabilidad en su disponibilidad entre la época seca y la época húmeda.



*Ilustración 6: Biomasa seca para consumo domiciliario*

### 4.3.3 Recurso eólico

Según los datos del Atlas Eólico Global de la DTU, la velocidad del viento media en la zona es de unos 2,08 m/s. Existiría la posibilidad de instalar un pequeño aerogenerador en la cima de una colina muy cercana a la población. Se debe tener en cuenta, que la instalación de un aerogenerador resulta más complicada que la instalación de paneles fotovoltaicos o de un gasificador.

Es por este último motivo, así como por la velocidad del viento por lo que se ha decidido descartar este recurso ya que los anteriores resultan más factibles para esta población. [27]

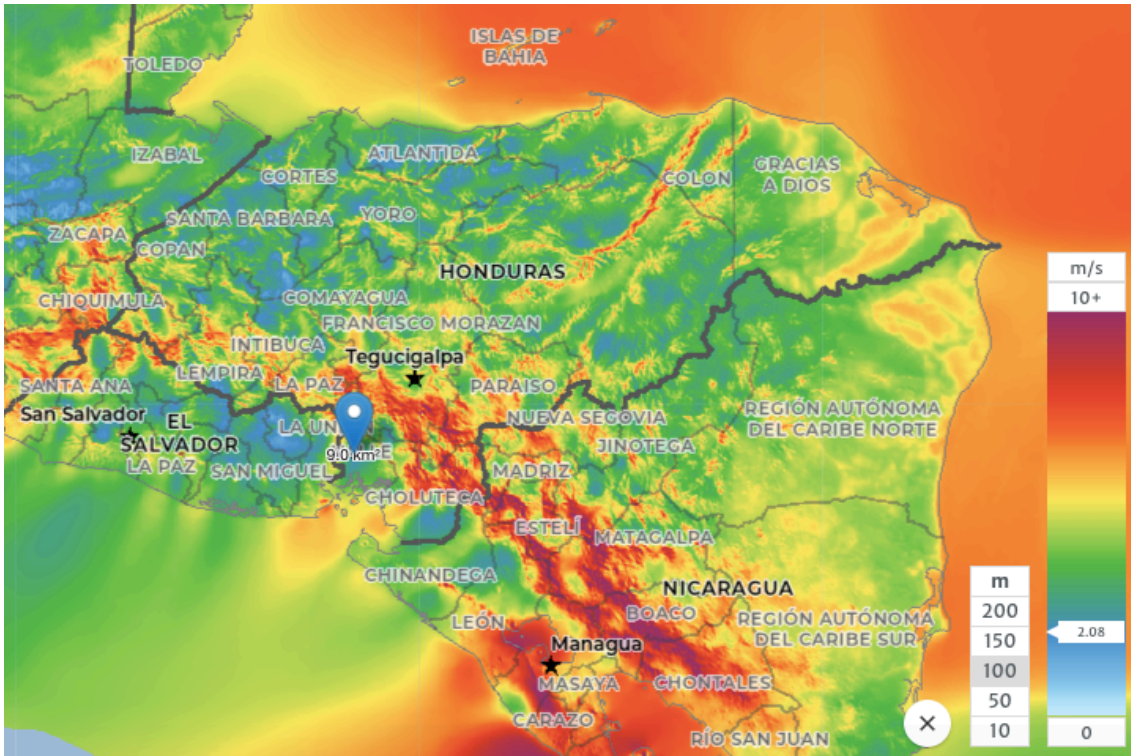


Ilustración 7: Recurso eólico Torrecillas de Nacaome

#### 4.3.4 Recurso hídrico

Como se ha dicho anteriormente, en Honduras hay dos estaciones, la seca y la húmeda. La instalación de pequeñas centrales hidroeléctricas podría generar un peligro durante la época seca, ya que la falta de agua durante un tiempo prolongado podría generar un desabastecimiento eléctrico. Es tan elevada la falta de agua en esta época que los habitantes hacen uso de depósitos de agua para disponer de este recurso. Por otra parte, al tener dos estaciones, el recurso variaría mucho durante el año. Es por estas dos razones que se ha descartado la instalación de pequeñas centrales hidroeléctricas. En la ilustración 8 se puede ver uno de los depósitos de los que se hace uso en la época seca.



*Ilustración 8: Depósitos de agua de lluvia*

## 4.4 Demanda

Para obtener la curva de demanda de esta comunidad se ha utilizado como base la curva de otras comunidades con características muy similares a esta. Dicha curva base se obtiene de diferentes proyectos de explotación agraria, teniendo en cuenta tanto los consumos de alumbrado general como los consumos de cada vivienda. Se debe tener en cuenta la dificultad para obtener la curva de demanda exacta, ya que en esta comunidad no se ha tenido energía eléctrica hasta este momento, por lo tanto, se han tenido que presuponer diferentes factores. La curva de demanda eléctrica se ha calculado teniendo en cuenta que en la comunidad de Torrecillas hay un total de 60 viviendas.

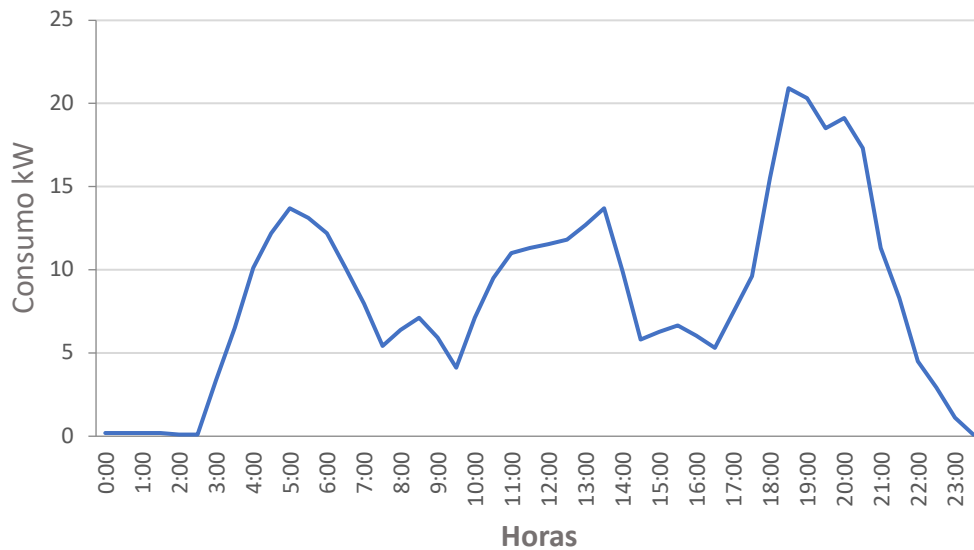
En la ilustración 9 se puede apreciar cómo es una vivienda tipo de esta comunidad.



Ilustración 9: Vivienda tipo de Torrecillas de Nacaome

Como se puede observar en la gráfica 5, se espera un consumo eléctrico diario de 216 kWh para la población, teniendo un pico de 20,92 kW entre las 18.00 y las 19.00. [32]

### Curva de demanda Torrecillas de Nacaome



Gráfica 5: Demanda eléctrica Torrecillas de Nacaome (I)



## 4.5 Red de distribución.

Para realizar el diseño de la red de distribución es necesario conocer la localización de cada una de las viviendas que existen en la localidad. En diferentes ocasiones se han realizado visitas a la localidad de Torrecillas. Mediante estas visitas y la utilización de la herramienta de Google Earth se ha obtenido la distribución de las viviendas que se ve en la ilustración 10.



Ilustración 10: Localización de las viviendas de Torrecillas de Nacaome

Además, los habitantes de esta población nos han facilitado un censo en el cual se pueden ver todas las viviendas que están construidas actualmente y el número de personas que viven en cada una de ellas. Toda esta información se puede observar en la tabla 1.

Central híbrida de producción de energía eléctrica mediante recurso solar-biomasa y red de distribución para la comunidad aislada de Torrecillas de Nacaome en Honduras.

<b>Nombre familia</b>	<b>Nº personas</b>	<b>Nombre familia</b>	<b>Nº personas</b>
<b>Blas Cabrera</b>	4	<b>J. Hernan Cabrera</b>	5
<b>J. Jemís Cabrera</b>	4	<b>Natividad Cabrera</b>	4
<b>Estonista Focota</b>	10	<b>Cristian P.</b>	3
<b>J. Abel Bonilla</b>	1	<b>Atanacio G.</b>	3
<b>Joyhme Castillo</b>	5	<b>Roni Castillo</b>	4
<b>Dionisio Castillo</b>	4	<b>Roni Castillo</b>	4
<b>Angela Pi</b>	2	<b>Juan Castillo</b>	5
<b>Julia Benilla</b>	2	<b>Javi Castillo</b>	4
<b>Estela Benilla</b>	2	<b>Plásido Bonilla</b>	3
<b>Agustina Bonilla</b>	5	<b>Cruz Bonilla</b>	5
<b>Carlos Bonilla</b>	4	<b>Pedro Bonilla</b>	4
<b>Jesús Bonilla</b>	4	<b>Marivi Bonilla</b>	3
<b>Víctor Bonilla</b>	4	<b>Culalio Bonilla</b>	4
<b>Eulalio Bonilla</b>	4	<b>Apolonia C.</b>	2
<b>Roberto B.</b>	4	<b>Marcelo H.</b>	6
<b>Jorge H.</b>	3	<b>Antonio López</b>	4
<b>Armando Bonilla</b>	3	<b>Potilula</b>	1
<b>Sheila Varcotz</b>	3	<b>A Polonia García</b>	2
<b>Silvano Jofre</b>	1	<b>B. Necolí López</b>	3
<b>Jose Hernández</b>	5	<b>Hemérito Hernández</b>	3
<b>Juan Fuentes</b>	3	<b>Orlando C.</b>	2
<b>Blas Cabrera</b>	4	<b>J. Hernan Cabrera</b>	5
<b>J. Jemís Cabrera</b>	4	<b>Natividad Cabrera</b>	4

Tabla 1: Censo de Torrecillas de Nacaome

Se puede observar como en el censo encontramos 46 viviendas, pero en la ilustración 10 se ven representadas 60 viviendas. Esto se debe a que en la población se cuenta con una ampliación de 14 viviendas. Para realizar todo el estudio se ha decidido partir de 60 viviendas ya que se contempla que esta ampliación se realice en un medio plazo.

Una vez localizadas las viviendas, se pueden diseñar diferentes redes de distribución, en función de las prioridades que se tengan. Es por esta razón, por la cual en el siguiente apartado se van a representar los diferentes casos de estudio que se han planteado, cada uno de estos casos representa a una red de distribución diferente.

## 4.6 Casos de estudio

En los siguientes apartados se van a explicar y representar los diferentes casos de estudio en función de la distribución. Cada uno de los casos se diferencia de los anteriores ya que se generan diferentes configuraciones en las cuales hay más o menos instalaciones aisladas.

### 4.6.1 Caso 1

En el primer caso, se plantea la instalación de una sola central que abastecerá a toda la población. En esta central se hará uso de paneles fotovoltaicos, baterías y un gasificador para proporcionar la energía eléctrica. A priori, se puede observar que las viviendas están muy separadas entre ellas, por este motivo el coste de cableado será considerablemente elevado y se producirán elevadas pérdidas. En la ilustración 11 se puede ver la distribución que se implementaría para esta situación. Cada núcleo (A, B, C, D, E, F) tendría un transformador.



Ilustración 11: Red de distribución del caso 1

## 4.6.2 Caso 2

El segundo escenario que se va a estudiar, caso 2, consta de una instalación central la cual abastece eléctricamente a las viviendas más cercanas. Dado que hay núcleos urbanos muy separados de esta central, se crean diferentes subgrupos. Cada subgrupo estará abastecido eléctricamente gracias a paneles fotovoltaicos y baterías.

En este caso, solo sería necesario el uso de transformadores en los núcleos A, C y D. La distribución que se obtendría se puede observar en la ilustración 12.

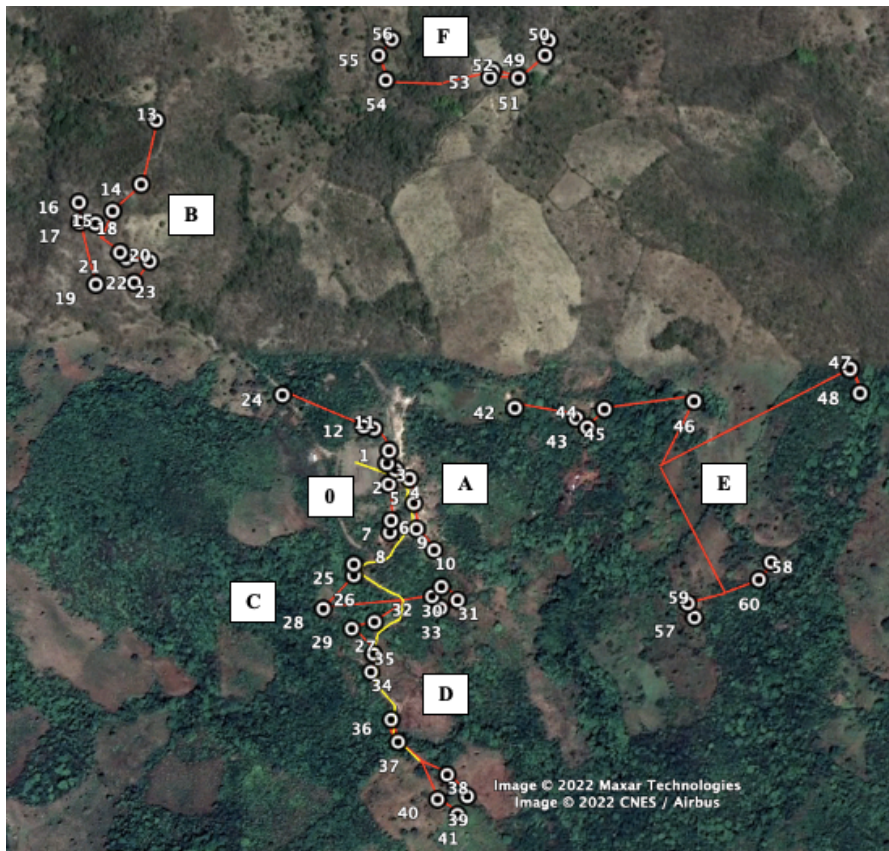


Ilustración 12: Red de distribución del caso 2

### 4.6.3 Caso 3

En este tercer caso, se plantea una situación intermedia, en la cual se deja únicamente el núcleo F y E aislado. La distribución que se obtendría se puede observar en la ilustración 13.



Ilustración 13: Red de distribución del caso 3

Después de realizar diferentes cálculos, se llega a la conclusión de que el caso 3 sería el más conveniente para la realización de la instalación eléctrica. Para realizar el diseño de la minirred híbrida se ha utilizado el software HOMER para desarrollar la central de los núcleos A, B, C y D. Para el caso de las viviendas E y F, se van a considerar como viviendas totalmente aisladas, y no se hará uso del Software.

## 4.7 Configuración de la minirred híbrida mediante el software HOMER.

Este apartado se centra únicamente en el desarrollo de la minirred equivalente a los núcleos urbanos A, B, C y D del caso 3.

### 4.7.1 Descripción del software Homer

El programa informático HOMER es una potente herramienta desarrollada en el Laboratorio Nacional de Energías Renovables (NREL) de Estados Unidos que permite el prediseño, la optimización y el análisis de sensibilidad de minirredes, tanto fuera de la red como conectadas a ella. El funcionamiento del software es muy sencillo, ya que únicamente se deben introducir las variables de entrada, como la demanda de energía, los recursos naturales disponibles, las tecnologías de generación de energía, las restricciones, etc y se realiza un análisis tecnoeconómico de las posibles configuraciones. La herramienta simula el funcionamiento del sistema, teniendo en cuenta las necesidades energéticas, durante las 8760 horas del año y ordena las soluciones óptimas en función del menor coste de la electricidad, también conocido como coste del ciclo de vida expresado en USD/kWh.

### 4.7.2 Datos de entrada

#### 4.7.2.1 Demanda de energía.

La demanda energética es una de las variables de entrada más importantes para introducir en el HOMER, así como los recursos y las tecnologías energéticas. Las curvas de perfil de carga influyen directamente en los resultados de la simulación, ya que HOMER compara cada hora la energía demandada con la que el sistema es capaz de suministrar.

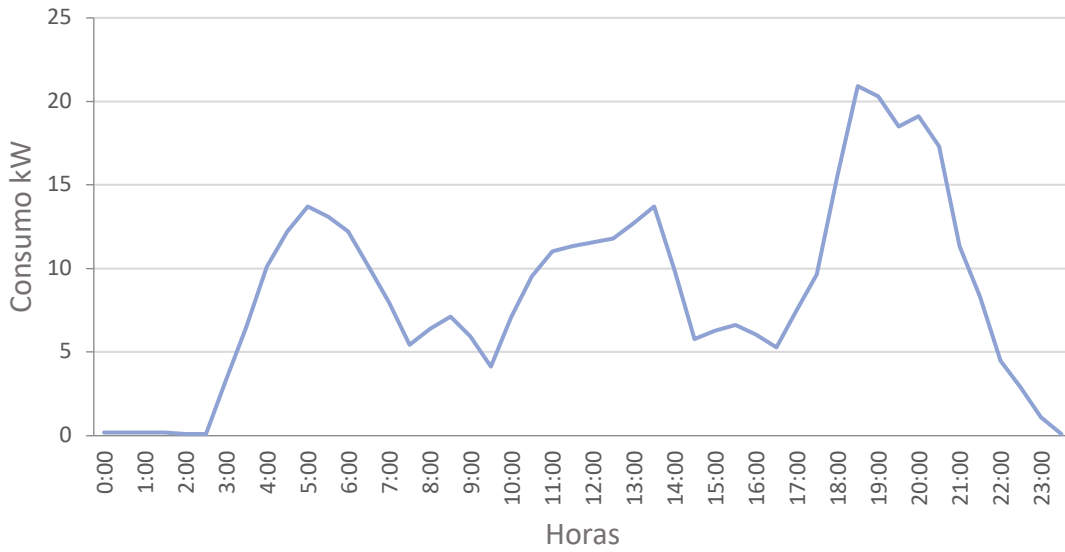
Por lo tanto, es esencial definir los resultados de la curva de perfil de carga anual. Sin embargo, las zonas rurales aisladas se caracterizan por la falta de disponibilidad de datos de consumo de carga real. El programa HOMER permite introducir un perfil diario a partir del cual genera el valor anual horario. También tiene la posibilidad de añadir un porcentaje de desviación.

Por ello, en este caso se han calculado 3 curvas de demanda diferentes, en función del núcleo que se va a calcular. Esta demanda es el perfil de carga media diaria para 24 horas del día considerándolo constante para todo el año, es decir, sin distinguir entre día de la semana/fin de semana, mes o estación.

La variabilidad aleatoria introducida es del 10% para considerar más incertidumbre en los valores de entrada. A partir de los datos, HOMER genera los 8760 valores horarios del año.

En la siguiente gráfica se pueden ver el perfil de carga de toda la comunidad.

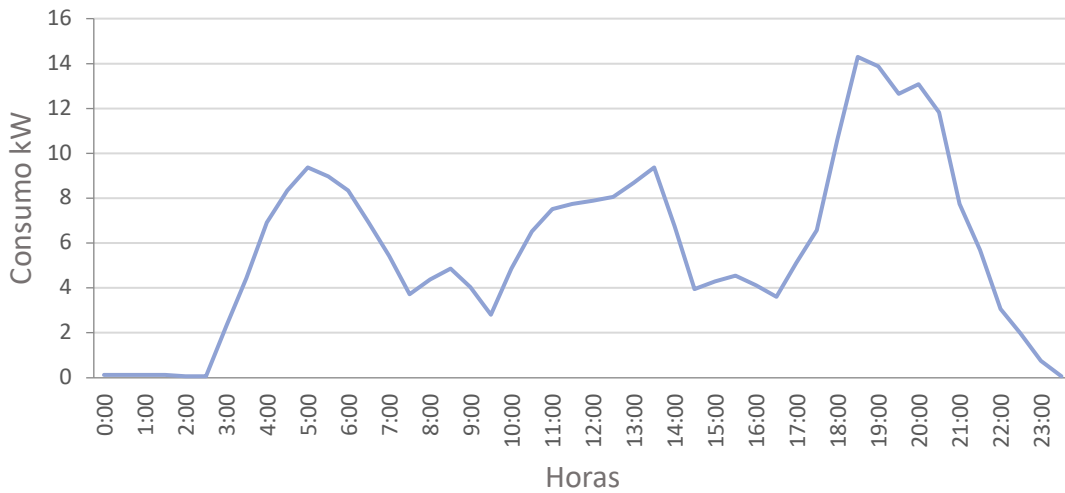
### Curva de demanda Torrecillas de Nacaome



Gráfica 6: Curva de demanda Torrecillas de Nacaome(II)

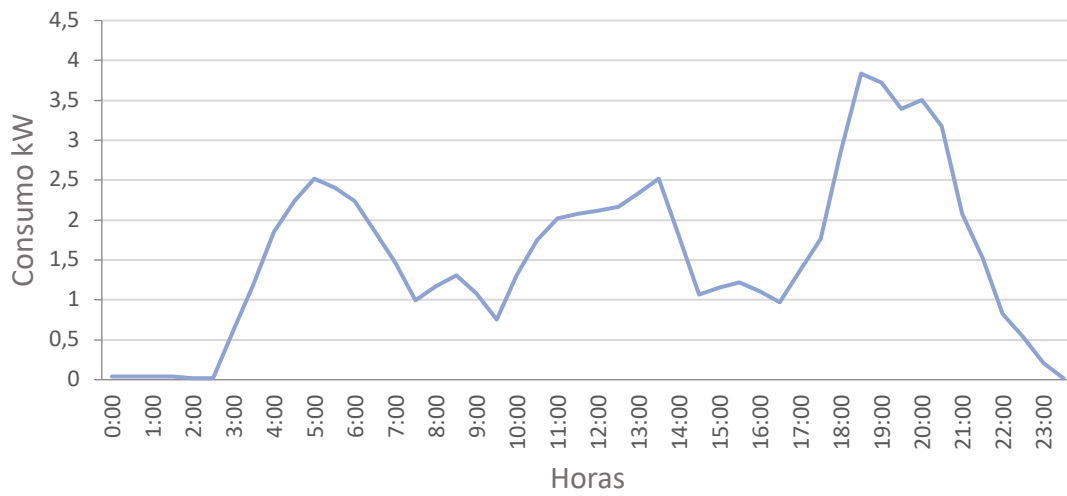
Como se ha dicho anteriormente, ya que vamos a aislar los núcleos E y F se tendrán que generar 3 curvas de demanda diferentes, las cuales podemos ver a continuación.

### Curva de demanda Torrecillas de Nacaome núcleos A, B, C y D.



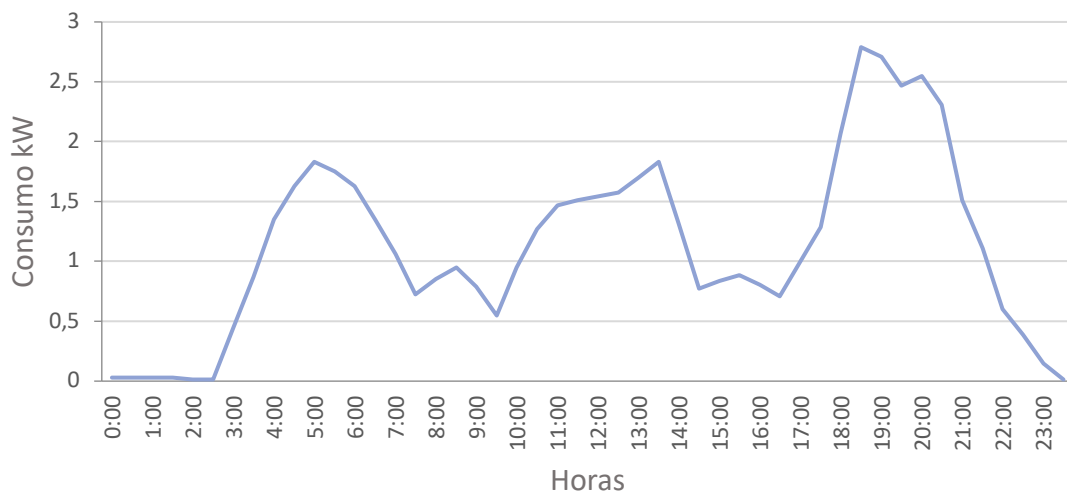
Gráfica 7: Curva de demanda de los núcleos A, B, C y D

### Curva de demanda Torrecillas de Nacaome núcleo E



Gráfica 8: Curva de demanda del núcleo E

### Curva de demanda Torrecillas de Nacaome núcleo F



Gráfica 9: Curva de demanda del núcleo F



Se puede observar, como la forma de cada una de ellas es idéntica, a pesar de ello, los valores de los kWh consumidos es lo que varía en cada caso. En la siguiente tabla se adjuntan los valores de la cantidad de kWh consumidos en cada caso.

Poblaciones	Consumo kWh
<b>Población total</b>	216
<b>Núcleos A, B, C, D</b>	140
<b>Núcleo E</b>	44
<b>Núcleo F</b>	32
<b>Vivienda aislada</b>	3,6

Tabla 2: Energía consumida por cada núcleo y vivienda aislada

Una vez obtenidas estas curvas de demanda, se deben introducir en el software. En la ilustración 14 se pueden ver los diferentes valores que se han comentado anteriormente. Todos estos valores hacen referencia a la central compuesta por los núcleos urbanos A, B, C y D.

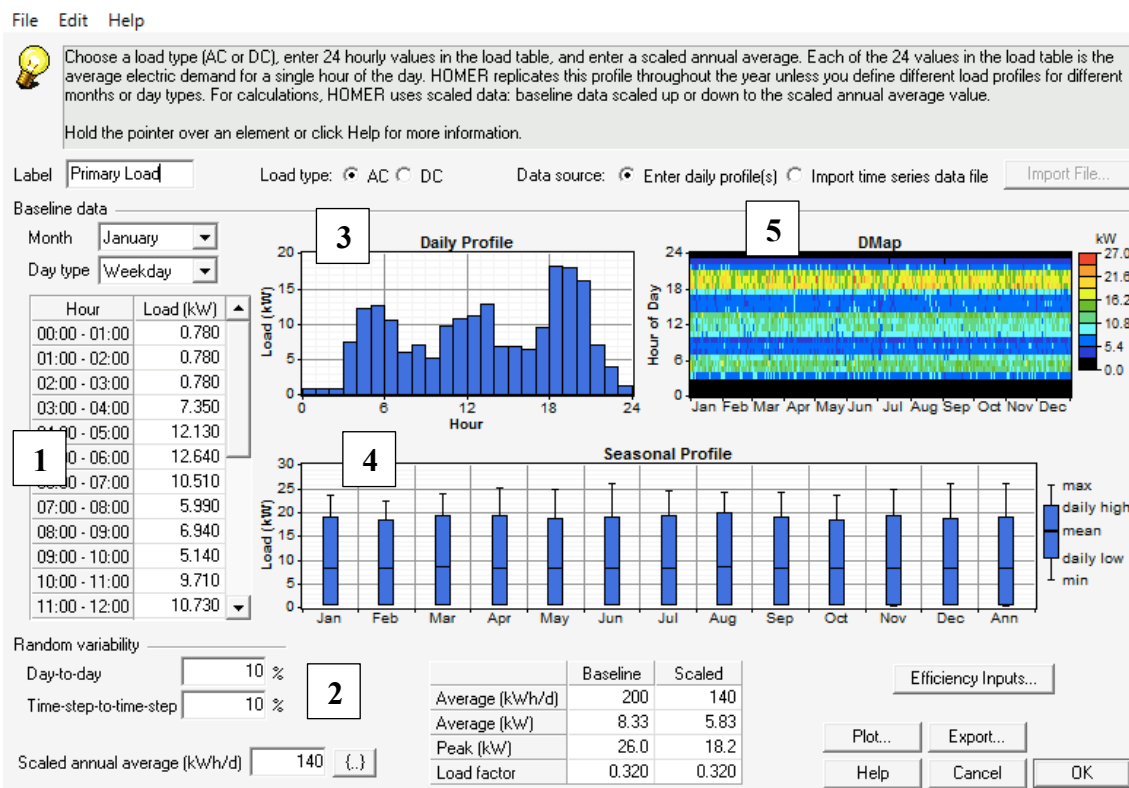


Ilustración 14: Introducción de la demanda en el Software Homer

En la parte izquierda de la imagen (1) vemos donde se debe introducir la demanda eléctrica de estos núcleos urbanos. Se puede apreciar, como la suma de los kWh consumidos da un total de 140 kWh.

En la parte inferior (2), se ha introducido la variabilidad aleatoria introducida del 10%. A continuación, se pueden observar tres gráficas, la primera de ellas (3), corresponde a la demanda eléctrica. La segunda gráfica (4) representa la variabilidad entre los diferentes meses del año.

Por último, la imagen 5, la cual se puede ver ampliada en la ilustración 15, muestra el DMAP, en el que puede identificar tanto los meses como las horas de demanda crítica durante el año. Se puede ver como en el eje de abscisas están todos los meses del año, durante todo el año, las horas nocturnas (18.00 a 21.00) del día son las más críticas, es decir, en las que es probable que aparezcan los picos de carga.

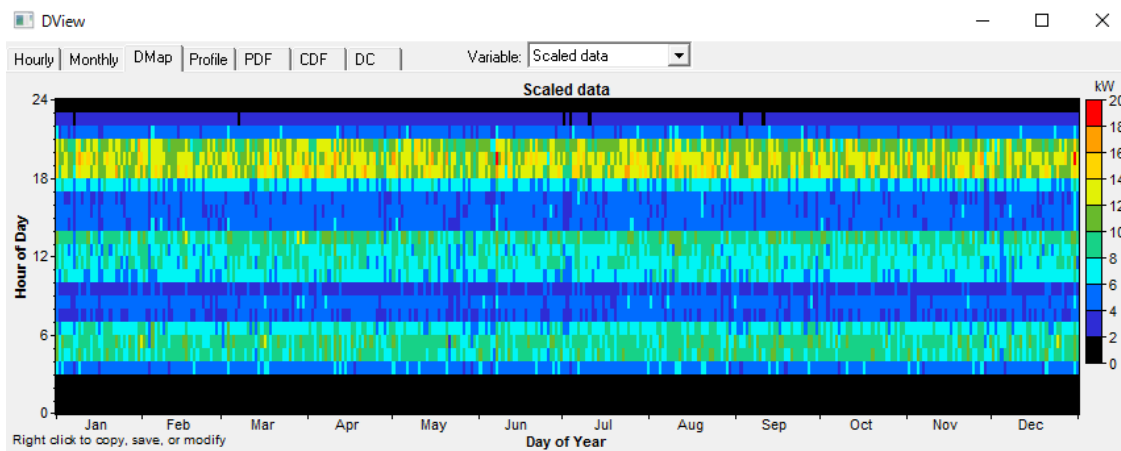


Ilustración 15: DMAP

### 4.7.2.2 Componentes

El sistema tiene como tecnologías de generación de energía paneles solares fotovoltaicos y un gasificador de biomasa. Otros componentes necesarios son el inversor/cargador y las baterías. Los parámetros técnicos y económicos de los componentes introducidos en HOMER han sido seleccionados de la base de datos del catálogo de HOMER.

En la siguiente ilustración se puede observar donde se debe introducir los valores de cada uno de los componentes que se va a explicar a continuación.

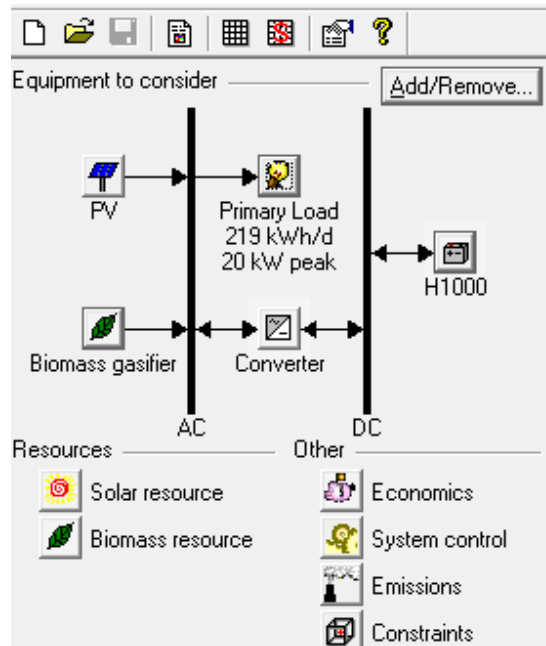


Ilustración 16: Menú inicial del Software Homer

#### 4.7.2.2.1 Gasificador

Una de las principales tecnologías implementadas en minirredes, especialmente para las comunidades rurales, se basan en la bioenergía, debido a la gran cantidad de recursos de biomasa de estas zonas. La cantidad de biomasa que alimenta los gasificadores o las estufas de combustión debe gestionarse adecuadamente para evitar la deforestación y garantizar la neutralidad de carbono, lo que requiere capacidades específicas difíciles de sostener en las zonas rurales. Se recomienda aplicar medidas de gestión automática para garantizar la vida útil y el uso sostenible de los componentes.

El gasificador de biomasa realiza una combustión parcial de los restos agrícolas, produciendo principalmente CO. Estos gases pueden alimentar motores de combustión interna o calderas. El proceso se produce dentro de un reactor termoquímico y tiene varias etapas: secado del material de desecho, pirólisis, combustión y reducción.

A la hora de introducir los valores de referencia en el software HOMER es importante tener en cuenta que, para una población de este tamaño, el gasificador es imprescindible. Ya que únicamente se van a instalar paneles solares fotovoltaicos y baterías, resulta mucho más rentable la instalación de un gasificador que la compra de baterías en grandes cantidades. En la ilustración 17 se puede observar los valores más relevantes que se han introducido en el software.

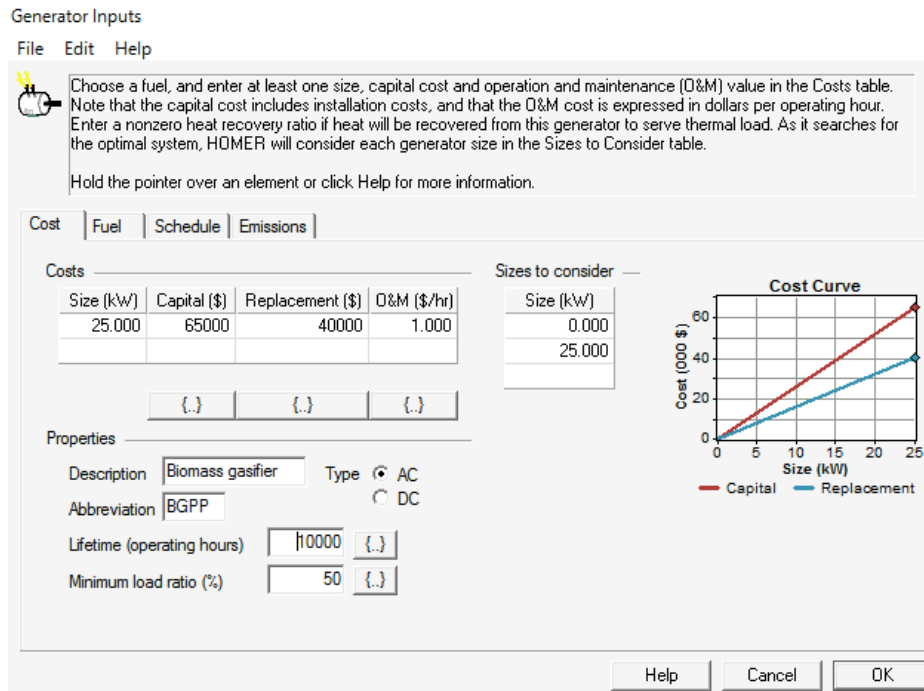


Ilustración 17: Introducción del generador eléctrico en el Software Homer

Como se ha comentado anteriormente, es importante hacer una buena gestión del gasificador. En la ilustración 18 se puede observar la restricción de tiempo que se le ha añadido al gasificador. Se ha especificado que durante las horas (00:00-04:00) y (14:00-16:00) no se haga uso de este, para evitar que se conecte y desconecte constantemente, de esta forma la vida útil del gasificador aumentará.

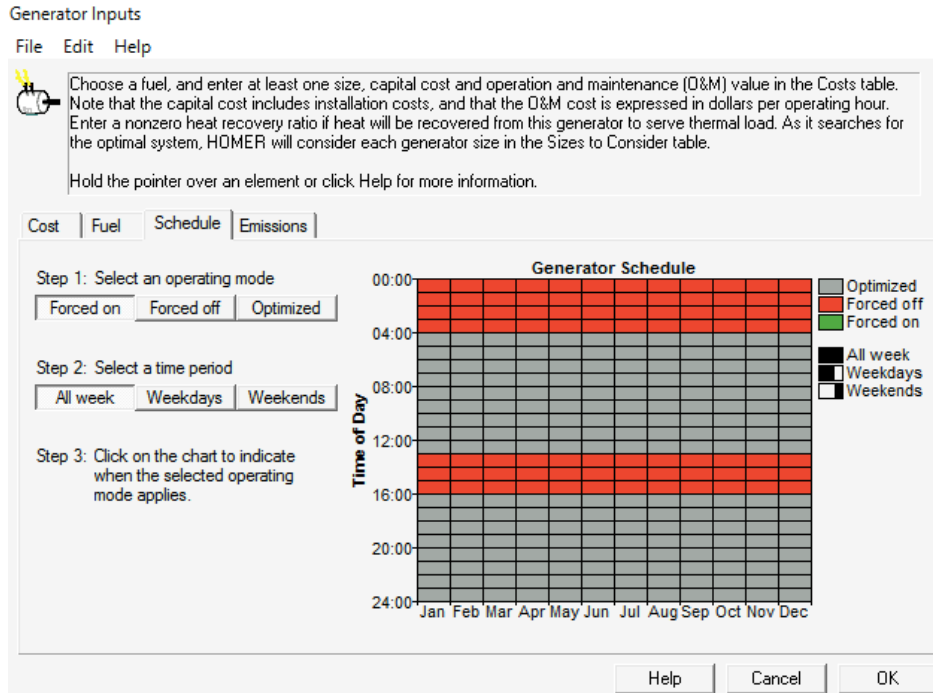


Ilustración 18: Gestión del generador

El gasificador seleccionado únicamente será utilizado en la central eléctrica de los núcleos urbanos A, B, C, D ya que para los núcleos E y F, al ser un número de viviendas tan reducido no resultaría rentable.

#### 4.7.2.2 Paneles solares

La tecnología solar fotovoltaica (FV) consiste en convertir la luz del sol, a través de paneles solares fabricados con materiales semiconductores, en energía eléctrica. Se genera corriente continua (DC).

Es fácil de instalar y de añadir cuando sea posible futuras ampliaciones de la minirred, pero tiene unos costes de inversión elevados que no están al alcance de todos en las zonas rurales. En general, las zonas rurales de los países en vías de desarrollo se caracterizan por un elevado recurso solar, por lo que existe un gran potencial para su instalación. Sin embargo, es necesario el almacenamiento de energía, ya que la energía generada no puede ser despachada en su totalidad.

Las variables de entrada que se pueden introducir en HOMER son los costes, la vida útil, la orientación de los paneles, las pérdidas... A la hora de realizar la ejecución del programa es importante introducir las diferentes opciones de kW instalados de fotovoltaica para que el programa pueda llegar a una solución óptima.

Dada la localización de la comunidad, se considera que todos los días del año son iguales, ya que las horas de sol y la radiación a lo largo del año es la misma.

A continuación, se realizará la caracterización de los módulos solares fotovoltaicos. Para una potencia genérica de 1kW el coste es de 1.000\$, reemplazarlo supone el mismo coste y el mantenimiento implica 25\$ anuales.

Se estima un tiempo de vida de 25 años, se considera una reducción del 80% a lo largo de su vida útil. El ángulo de inclinación del panel de un 15 % y el panel escogido no realiza rotación. En dicha zona, se supone una pérdida de radiación del 20% por la reflexión, suciedad, etc.

Toda la información explicada anteriormente se puede ver en la ilustración 19.

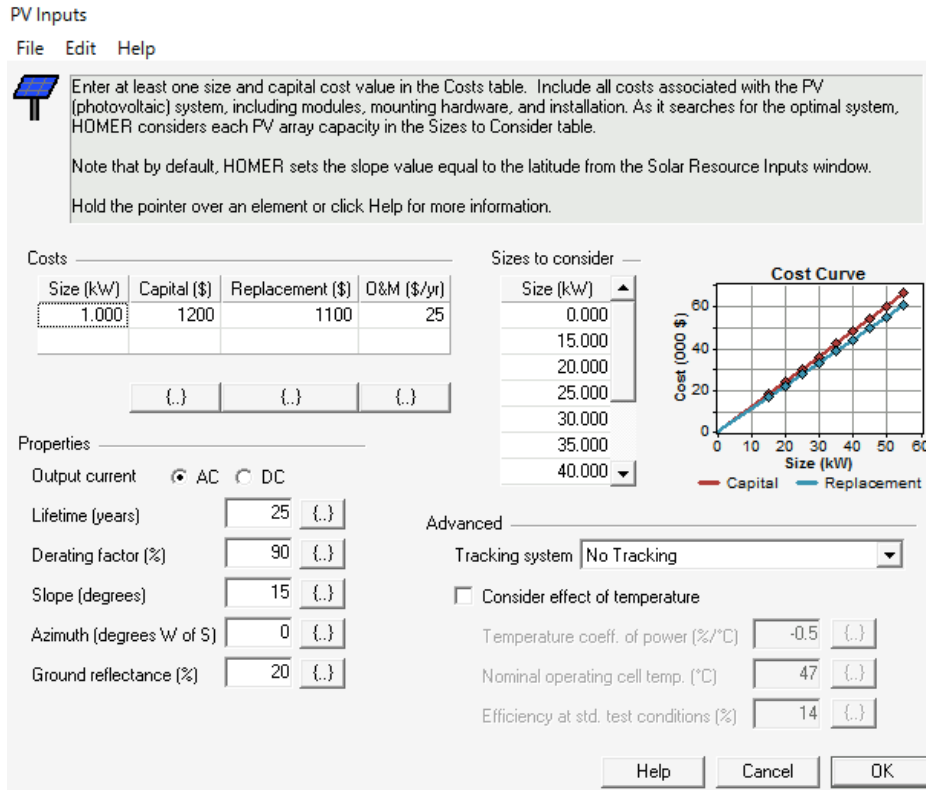


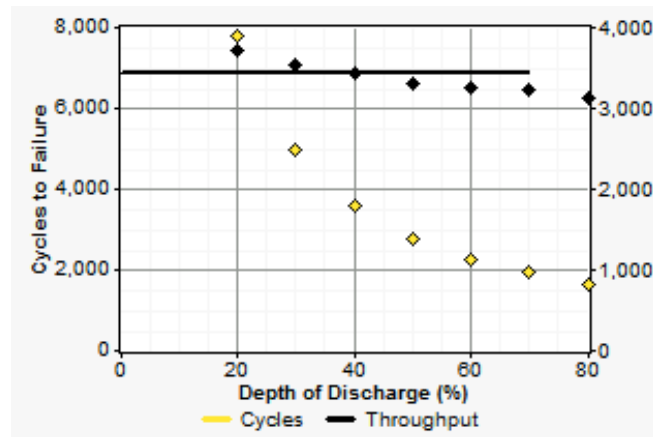
Ilustración 19: Introducción de los paneles solares fotovoltaicos en el Software Homer

#### 4.7.2.2.3 Baterías.

El componente de almacenamiento de la instalación es necesario para garantizar la disponibilidad del recurso energético cuando sea necesario como, por ejemplo, en una minirred fotovoltaica, durante las horas sin sol. La utilización de estos elementos es imprescindible ya que proporcionan el equilibrio de la energía, garantizando así la estabilidad de la tensión y la frecuencia ya que permiten almacenar los excedentes de energía y suministrarla, en forma de corriente continua, cuando se necesite. Entre las tecnologías, las de plomo-ácido son las más utilizadas y de menor precio, pero otras tecnologías como las de iones de litio tienen una mayor vida útil. Es por esta razón por la que en la mayoría de los proyectos de este estilo se instalan las baterías de plomo.

Seguidamente, se realizará la caracterización de las baterías. Una de las características más importantes que se debe tener en cuenta de las baterías es el número de ciclos que puede realizar en relación con el porcentaje de descarga de esta. Las baterías deberían desconectarse automáticamente cuando el nivel de descarga es inferior a un determinado porcentaje. Con las baterías seleccionadas, concretamente este valor de descarga es del 70%.

Se puede observar cómo al aumentar la profundidad de descarga, el número de ciclos de utilización disminuye y con ello, la vida útil disminuye.



Gráfica 10: Relación entre número de ciclos y porcentaje de las baterías

En la ilustración 20 se puede observar que la batería escogida es la “Hoppecke 10 OPzS 1000”. Se ha escogido esta ya que la cantidad de energía que puede almacenar es pequeña (2kWh), de esta manera, se gana versatilidad en el sistema.

Una vez escogidas las baterías que se emplearán, se introduce el coste por unidad (400\$) y el coste de mantenimiento (2\$/año). En este caso, la vida útil de este componente está determinada por la energía almacenada y suministrada a lo largo del tiempo.

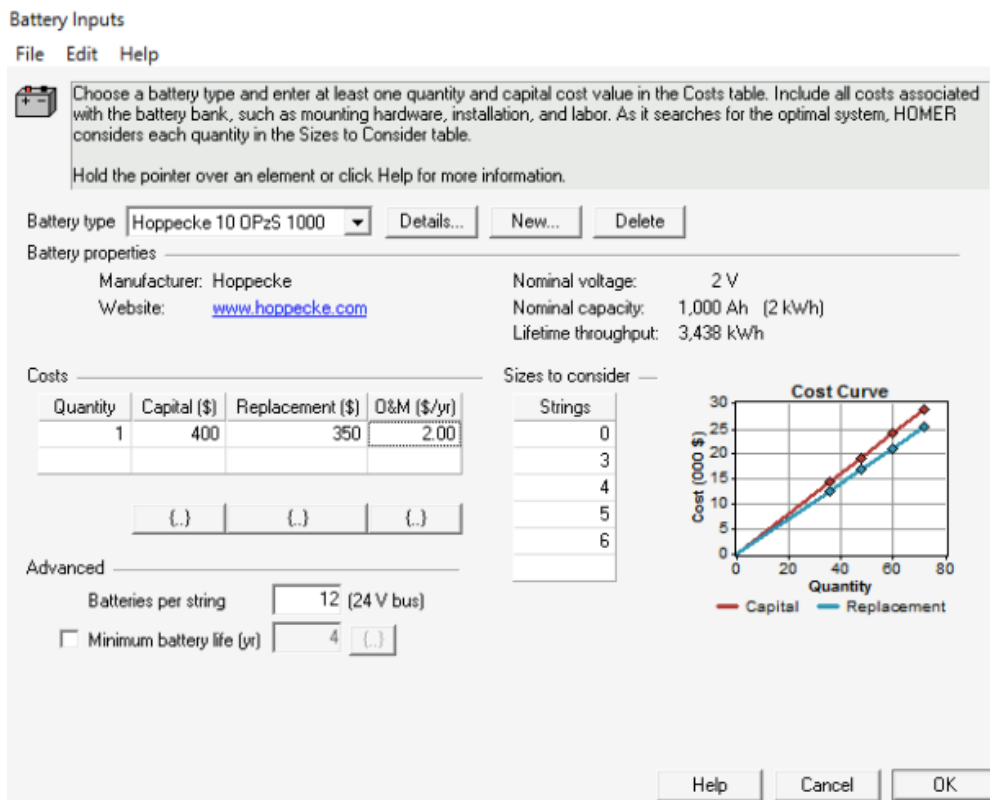


Ilustración 20: Introducción de las baterías en el Software Homer

#### 4.7.2.2.4 Convertidor

Los convertidores pueden actuar como inversores (CC/CA) o rectificadores (CA/CC), o ambos, y son necesarios en el diseño de las minirredes como componentes que trabajan con distintos tipos de señales. Por ejemplo, los paneles fotovoltaicos producen corriente continua y las baterías almacenan corriente continua, pero las cargas suelen consumir corriente alterna. Los parámetros se pueden definir en HOMER para ambos tipos de funcionamiento: como inversor para la sincronización de la red o la conexión con otros generadores o como rectificador para cargar las baterías.

Para un tamaño de 6kW el coste es de 4.000\$ y el coste de mantenimiento es de 75\$/año, con un tiempo de vida estimado de 15 años.

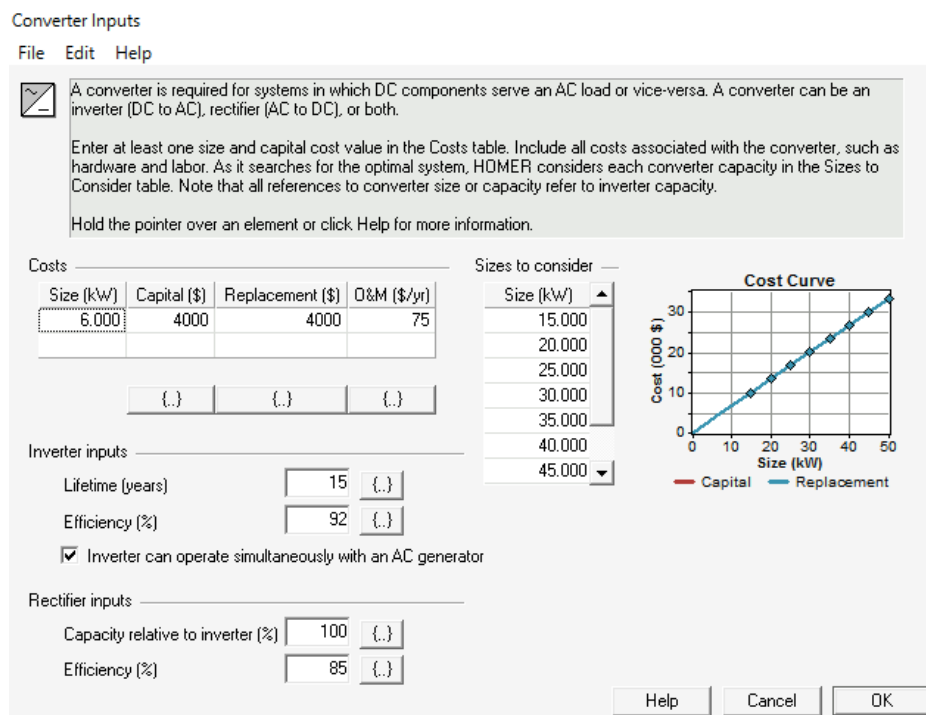


Ilustración 21: Introducción del convertidor en el Software Homer

#### 4.7.3 Resultados.

Una vez se ha realizado la introducción de todos los elementos al software, es el momento de ver los resultados. El programa nos dará diferentes soluciones, y nosotros seleccionaremos aquella que pensemos que se ajusta mejor a nuestras necesidades.

En primer lugar se va a ejecutar el software para los central eléctrica de los núcleos A,B,C y D. En la ilustración 22 se puede observar los resultados obtenidos.



Central híbrida de producción de energía eléctrica mediante recurso solar-biomasa y red de distribución para la comunidad aislada de Torrecillas de Nacaome en Honduras.

Sensitivity Results		Optimization Results											
Double click on a system below for simulation results.													
		PV (kW)	BGPP (kW)	H1000	Conv. (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Biomass (t)	BGPP (hrs)	
		40	25	72	20	\$ 140,133	4,961	\$ 210,049	0.292	1.00	10	348	
		45	25	72	20	\$ 146,133	4,612	\$ 211,139	0.293	1.00	8	275	
		40	25	72	15	\$ 136,800	5,452	\$ 213,647	0.297	1.00	12	463	
		50	25	72	15	\$ 148,800	4,726	\$ 215,405	0.299	1.00	8	331	
		50	25	72	20	\$ 152,133	4,497	\$ 215,512	0.299	1.00	7	241	
		45	25	72	15	\$ 142,800	5,177	\$ 215,769	0.300	1.00	11	420	
		40	25	72	25	\$ 143,467	5,155	\$ 216,123	0.300	1.00	10	355	
		45	25	72	25	\$ 149,467	4,757	\$ 216,508	0.301	1.00	8	272	
		35	25	72	20	\$ 134,133	5,984	\$ 218,468	0.303	1.00	14	502	
		55	25	72	20	\$ 158,133	4,281	\$ 218,474	0.303	1.00	5	187	
		55	25	72	15	\$ 154,800	4,588	\$ 219,461	0.305	1.00	7	288	
		35	25	72	15	\$ 130,800	6,374	\$ 220,635	0.306	1.00	16	597	
		50	25	72	25	\$ 155,467	4,646	\$ 220,954	0.307	1.00	7	239	
		40	25	72	30	\$ 146,800	5,281	\$ 221,229	0.307	1.00	10	350	
		45	25	72	30	\$ 152,800	4,911	\$ 222,012	0.308	1.00	8	272	
		35	25	72	25	\$ 137,467	6,072	\$ 223,050	0.310	1.00	14	491	
		55	25	72	25	\$ 161,467	4,401	\$ 223,488	0.310	1.00	5	180	
		50	25	60	20	\$ 147,333	5,457	\$ 224,243	0.312	1.00	10	387	
		50	25	60	15	\$ 144,000	5,701	\$ 224,344	0.312	1.00	12	457	
		55	25	60	15	\$ 150,000	5,276	\$ 224,357	0.312	1.00	10	388	
		55	25	60	20	\$ 153,333	5,085	\$ 224,998	0.312	1.00	8	304	
		45	25	60	20	\$ 141,333	5,995	\$ 225,823	0.314	1.00	12	467	
		50	25	72	30	\$ 158,800	4,796	\$ 226,394	0.314	1.00	7	238	
		40	25	72	35	\$ 150,133	5,434	\$ 226,719	0.315	1.00	10	350	

Ilustración 22: Resultados obtenidos de la ejecución del Software Homer

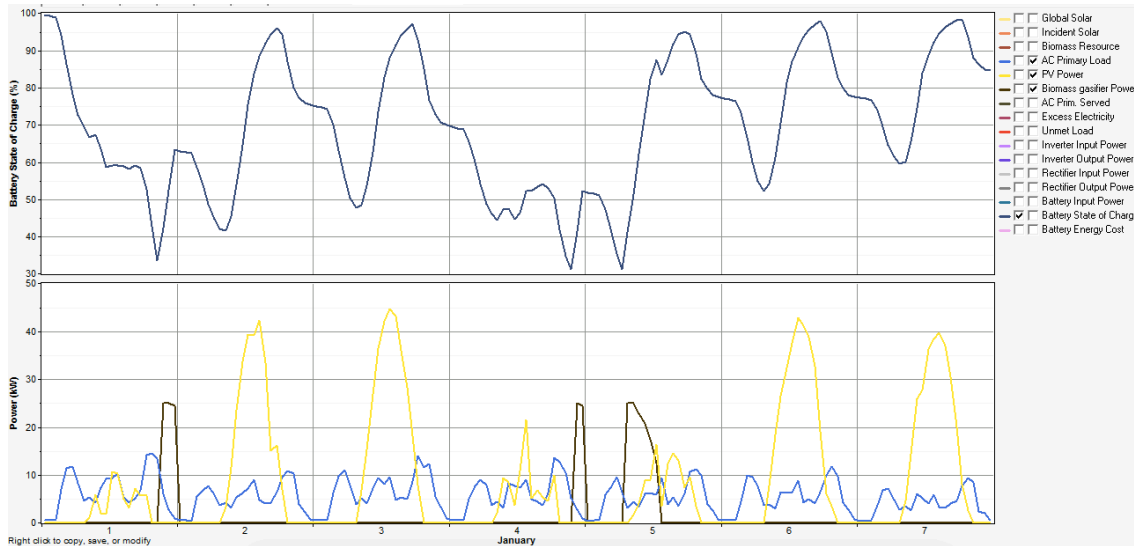
Se puede observar como tenemos un número muy elevado de posibilidades para abastecer la demanda de esta población. Se toma la decisión de aplicar la primera posibilidad, ya que fijándonos en el coste de la energía y la inversión inicial es la mejor opción. Por ello, se instarán 65kW en paneles solares fotovoltaicos, una gasificador de 25 kW y con convertidor de 50kW y 144 kWh en baterías. El coste que tendrá la energía para esta solución será de 0,292 \$/kWh.

En la gráfica 11 se puede ver cómo se comportan los elementos a lo largo de la primera semana de enero. El comportamiento en esta primera semana será muy parecido a lo largo del año.

La gráfica situada en la parte superior hace referencia al estado de carga de las baterías. En la gráfica inferior observamos tres líneas diferentes. La línea azul hace referencia a la curva de carga demandada por la población. La línea amarilla hace referencia a la potencia proporcionada por los paneles solares fotovoltaicos. La última línea que se puede ver, la marrón, hace referencia a la potencia proporcionada por el gasificador.

Se puede observar como en los picos de radiación solar se suministra la demanda de energía eléctrica solo haciendo uso de los paneles fotovoltaicos. La cantidad de energía eléctrica necesaria en estos casos es menor que la energía proporcionada por los paneles. Debido a ello se aprovecha esta energía para cargar las baterías. Esto mismo ocurre, pero de manera inversa cuando la energía solar proporcionada por los paneles no es suficiente para cubrir la demanda, es decir, se hace uso de las baterías. Al final del día 1, se puede observar cómo es necesario hacer uso del gasificador, ya que la energía solar proporcionada en ese momento es nula y las baterías han llegado al 30% de carga por lo tanto no se puede hacer uso de ellas. Cabe destacar que al mismo tiempo que se enciende el gasificador, así pues, la energía proporcionada por este no es necesaria para cubrir la demanda de la población, la energía sobrante es utilizada para

cargar las baterías. A la hora de introducir los datos de partida en el software, se especificó que las baterías de la instalación debían de tener un 30% de carga como mínimo durante todo el tiempo, debido a ello se puede observar en la gráfica 11 que la descarga de baterías llega como mucho al 30%. Observando los resultados obtenidos, se puede afirmar que el planteamiento es correcto ya que cumple las condiciones indicadas inicialmente.



Gráfica 11: Comportamiento de los elementos en la central eléctrica

## 4.8 Diseño de la instalación de las viviendas aisladas

Para realizar el diseño de las viviendas correspondientes a los núcleos urbanos E y F se ha decidido aislar a cada una de las viviendas para obtener las características de los elementos correspondientes para el suministro eléctrico. Para abastecer esta demanda eléctrica se hará uso del recurso solar y de baterías.

En la tabla 2 se puede ver que la energía consumida por cada vivienda es de 3,6 kWh. Para abastecer la demanda eléctrica se decide instalar cuatro paneles solares fotovoltaicos de 330 W de potencia cada uno de ellos. Si observamos la gráfica 4, se puede apreciar que, en un día normal, si la radiación total máxima es de aproximadamente 4 horas. Realizando el cálculo, un día normal del año, la energía proporcionada por los paneles solares fotovoltaicos será de 5,28 kWh. Este valor es mayor que la demanda de cada vivienda, pero se dimensiona de esta manera ya que no todos los días del año se dispondrán de las 4 horas de radiación máxima.

Aquellos días que la radiación sea mayor, o se esté produciendo energía eléctrica pero no se consuma, se cargaran las baterías. Las baterías empleadas serán de 3,4 kWh, por lo tanto, aquellos días que el recurso solar no esté disponible, se hará uso de las baterías para proporcionar la energía a las viviendas.

Para realizar la instalación se ha hecho uso de packs diseñados para viviendas aisladas, estos packs contienen:

- Inversor bidireccional
- Regulador de tensión
- Baterías
- Cableado
- Cuadro de protección
- Paneles solares fotovoltaicos
- Estructura de aluminio para los paneles

Por último, ya que alguna de las viviendas sí que se encuentran cercanas a otras, se ha decidido generar uniones entre las viviendas cercanas para que la seguridad en el suministro eléctrico sea mayor.

En la ilustración 10 se puede ver cuáles son las viviendas más cercanas y con ello cuáles han sido las viviendas que se han unido. Además, en los planos 7, 8 y 9 se puede observar cómo sería la instalación general de estas viviendas.

## 4.9 Diseño de la red de distribución

A continuación, se va a desarrollar todo el procedimiento que se ha seguido para realizar el diseño de la red de distribución. Es importante apuntar inicialmente cuál ha sido la manera de numerar tanto las viviendas como las líneas.

En la ilustración 23 se aprecia en el centro, el número 0, este valor hace referencia a la central principal, es decir, el lugar en el que se van a instalar todos los paneles solares fotovoltaicos, las baterías y el gasificador. Desde este punto, se hará uso de una red trifásica que irá a los diferentes puntos A, B, C y D, a estas líneas se les va a llamar “líneas principales” y se hará referencia a ellas con la siguiente nomenclatura:

- OA
- OB
- OC
- OD

Al final de cada una de las líneas principales se encontrará un transformador, al cual se le numerará como A, B, C o D. A las líneas que se encuentran aguas abajo de los transformadores se les llamarán líneas secundarias. Estas líneas son monofásicas.

Dentro de cada subnúcleo de viviendas se ha enumerado cada casa con un número. Cada sublínea está formada por diferentes viviendas, por lo tanto, la línea D-36 está situada aguas abajo del transformador D, y la última vivienda que alimenta es la número 36. Las viviendas que forman la línea D-36 serán las viviendas 37 y 36.



Ilustración 23: Red de distribución

## 4.9.1 Agrupación de viviendas

En primer lugar, se debe generar un diseño de la distribución de las viviendas. Se deben diseñar de tal manera que el recorrido de los diferentes cables de conducción sea el mínimo posible. También se debe tener en cuenta que en la central eléctrica de las viviendas A, B, C y D, será necesaria la utilización de transformadores, por lo tanto, en cada núcleo deberemos situar de antemano donde consideramos que sería mejor instalarlos.

En la ilustración 23 se puede ver el mapa de la zona de Torrecillas de Nacaome y su red de distribución de energía eléctrica. Mediante Google Earth se han ido seleccionando las diferentes viviendas del pueblo, una vez seleccionadas todas, se ha diseñado la red con las condiciones que se han nombrado anteriormente. También se ha tenido en cuenta que dentro de cada sublínea las tres fases (R, S, T) estén equilibradas.

En la tabla 3, se puede ver la distribución según la numeración diseñada y las distancias entre los diferentes puntos.

<b>METROS</b>	
<b>0-A</b>	72
<b>A-10</b>	140
<b>A-8</b>	142
<b>A-24</b>	236
<b>0-B</b>	540
<b>B-23</b>	230
<b>B-13</b>	210
<b>B-19</b>	160
<b>0-C</b>	340
<b>C-33</b>	137
<b>C-25</b>	215
<b>C-34</b>	175
<b>0-D</b>	680
<b>D-36</b>	90
<b>D-39</b>	95
<b>D-41</b>	105

Tabla 3: Distancias entre las viviendas

## 4.9.2 Condiciones de la red

Para iniciar el procedimiento de cálculo se debe fijar diferentes condiciones para el desarrollo de la instalación. La primera de las condiciones que se debe tener en cuenta es que en la central se trabajará con una tensión de 400 Voltios. Para llegar a una reducción de pérdidas a la hora del transporte de la energía eléctrica se decide hacer uso de diferentes transformadores, en este caso en particular se hará uso de cuatro transformadores. Estos transformadores se localizarán en un punto central de un grupo seleccionado de viviendas. Dada la distribución de viviendas se ha considerado que la mejor distribución sería la mostrada en la tabla 3 por ello, a cada subgrupo de viviendas le corresponde un transformador.

A la hora de realizar el cálculo de las secciones de las líneas de alimentación, se aceptarán aquellas secciones que proporcionen un máximo de 5% de pérdidas en la tensión de la línea. Por otra parte, para realizar todo el cálculo, se ha considerado una necesidad de 1,2 kW de potencia en cada vivienda.

## 4.9.3 Procedimiento de cálculo

Para realizar el cálculo exacto de las características específicas que tendrá la red de distribución, se van a separar diferentes partes, en función de los núcleos de viviendas que se han realizado y en función de si la instalación eléctrica será monofásica o trifásica.

En primer lugar, para dimensionar los núcleos A, B, C y D se realizarán los cálculos de la parte trifásica de la instalación, este tramo corresponde desde la central eléctrica situada en el centro de la población, hasta cada uno de los transformadores de este grupo de viviendas. Para realizar este cálculo en primer lugar se calculará la potencia necesaria en cada núcleo, teniendo en cuenta la potencia necesaria en cada vivienda y haciendo uso de coeficientes de simultaneidad. Es importante tener en cuenta este factor de simultaneidad ya que conforme aumentan el número de viviendas es menos probable que todos los elementos de carga estén encendidos al mismo tiempo. Conforme el número de viviendas es mayor, la potencia instalada en proporción será menor. Una vez obtenido este valor, se calculará la intensidad necesaria y de ahí la caída de tensión por tramo en función de la sección del cableado a instalar. Finalmente, se obtendrá el porcentaje de la caída de tensión, el cual no podrá superar el 5%. Si la caída de tensión supera este valor, se deberá aumentar la sección del cableado para reducir esta caída de tensión.

Seguidamente, se procede al cálculo de la zona de cableado monofásico, esta parte se encuentra aguas abajo de los diferentes transformadores, cada tramo estará formado por una fase (R, S, T) y el cable neutro, este cableado será aéreo. Para realizar este cálculo, en primer lugar, se ha de estudiar los diferentes recorridos por los que se puede instalar el cableado, de tal forma que el recorrido sea el mínimo. Una vez seleccionado el recorrido, se debería hacer el cálculo de la potencia (como se ha hecho anteriormente) pero, en este caso, se realizará una ponderación de las longitudes previamente. Esta ponderación es interesante ya que, teniendo en cuenta que toda la línea no va a cargar con toda la intensidad en todo el trayecto, el cálculo de las secciones necesarias será más acertado. Por ello, una vez obtenidas las longitudes ponderadas, se pasará

al cálculo de la potencia, para continuar con el procedimiento que se ha realizado en la parte trifásica de la instalación.

Para finalizar el cálculo, se realizará un recuento de todo el cableado necesario en función de las secciones.

#### 4.9.4 Cálculo.

Este primer grupo, se va a separar en dos partes, el cableado trifásico y por otra parte, el monofásico.

##### 4.9.4.1 Cableado trifásico núcleos A, B, C y D

El recorrido desde la central eléctrica situada en el centro de la población, hasta cada uno de los transformadores de este grupo de viviendas, será con cables trifásicos subterráneos, por ello, se tendrá que realizar una zanja por todo este trayecto.

En primer lugar, se calcula la potencia necesaria para cada núcleo, aplicando la ecuación 1.

$$P \text{ (kW)} = n^{\circ} \text{ viviendas} * 1,2 \text{ kW/ vivienda} * \text{Factor de simultaneidad}$$

*Ecuación 1: Cálculo de la potencia.*

Para calcular la potencia es importante conocer los coeficientes de simultaneidad.

Es importante tener en cuenta este factor de simultaneidad ya que conforme aumentan el número de viviendas es menos probable que todos los elementos de carga estén encendidos al mismo tiempo. Conforme el número de viviendas es mayor, la potencia instalada en proporción será menor.

<b>Nº VIVIENDAS</b>	<b>COEFICIENTE DE SIMULTANEIDAD</b>
1	1
2	0,8
3	0,8
4	0,7
5	0,7
6	0,6
>6	0,6

*Tabla 4: Factores de simultaneidad.*

Una vez conocida la potencia, se puede pasar al cálculo de la intensidad aplicando la siguiente ecuación 2.

$$I(A) = \frac{\text{Potencia (W)}}{\sqrt{3} * V_G(V)}$$

*Ecuación 2: Cálculo de la intensidad.*

El valor de la  $V_G$  corresponde al valor de la tensión entre fases antes de llegar al transformador. Como se ha dicho anteriormente, el porcentaje de la caída de tensión máxima que se puede aceptar es del 5%, es por ello por lo que se realiza una iteración con las diferentes secciones de cableado, de tal forma que se seleccionará aquella sección que genere un porcentaje de caída de tensión del 5% o de una tensión menor. Para iniciar las iteraciones se comienza realizando el cálculo de la caída de tensión en cada tramo. Se realizará el cálculo con la siguiente ecuación 3.

$$cdt (V) = \frac{\text{Intensidad (A)} * 0,03 * \text{Longitud (m)}}{\text{Sección (mm}^2\text{)}}$$

*Ecuación 3: Cálculo de la caída de tensión.*

En la tabla 5 se pueden ver todos los valores que se han explicado anteriormente. El valor que más nos va a interesar para realizar la instalación será el de la sección necesaria.

PRINCIPALES						
Tramo	nº viviendas	L(m)	S(mm <sup>2</sup> )	Potencia(kW)	I (A)	cdt (V)
OA	13	72	10	9,36	13,51	2,92
OB	11	540	50	7,92	11,43	3,70
OC	11	340	25	7,92	11,43	4,66
OD	6	611	25	4,32	6,23	4,57

*Tabla 5: Valores de las secciones del cableado trifásico.*

Para llegar a calcular el porcentaje de la caída de tensión, se procede al cálculo de la tensión que se tendrá al final de cada tramo. Este valor se obtiene simplemente realizando la diferencia entre la tensión al inicio del tramo y la caída de tensión del tramo. Por ejemplo, para el cálculo del punto A se restaría 230,96 V menos 2,92 V, esto nos daría el calor de 228,04V.

Finalmente se obtiene el valor del porcentaje de la caída de tensión, que se calcula con la ecuación 4.

$$\% \text{ caída de tensión} = \frac{\text{tensión}_{\text{inicial}} - \text{tensión}_{\text{final}}}{\text{tensión}_{\text{inicial}}}$$

*Ecuación 4: Cálculo porcentaje de la caída de tensión.*



PUNTOS PRINCIPALES		
Punto	Tensión	% cdt (V)
O	230,96	0,00%
A	228,04	1,26%
B	223,55	3,21%
C	223,67	3,16%
D	219,53	4,95%

Tabla 6: Valores del porcentaje de la caída de tensión.

Hay que tener en cuenta, que cuando se realice todo el cálculo de los metros de cable necesario para la instalación, cuando contabilicemos los metros para el tramo OA por ejemplo, el valor de los 72 metros se tendrá que multiplicar por tres ya que es trifásico.

#### 4.9.4.2 Cableado monofásico núcleos A, B, C y D

Una vez el cableado trifásico llega a los transformadores, los cuales están instalados en cada uno de los núcleos principales, se inicia la instalación a cada una de las viviendas. Esta parte de la instalación será monofásica, cada tramo estará formado por una fase (R, S, T) y el cable neutro.

Para obtener el valor de las secciones que se deberían instalar, se realiza el mismo cálculo que se ha hecho en el apartado 4.8.4.1 En las siguientes tablas se pueden ver todos los valores obtenidos.

Cabe destacar, que a la hora de aplicar la ecuación 3, la longitud no será la total, sino que se ha calculado una longitud ponderada. Esta longitud ponderada se calcula realizando una ponderación concreta a cada subtramo que hay en la línea. Se va a explicar mostrando un ejemplo.

En la ilustración 24 se puede ver como la línea A-10 pasa por 4 viviendas, el punto azul representa al transformador A. Las distancias que separan estas viviendas se pueden ver en la tabla 7.



Ilustración 24: Detalle línea A-10

PUNTOS	TA-4	4-6	6-9	9-10
METROS	20	39	41	42

Tabla 7: Distancias línea A-10

Dado que la línea está formada por cuatro viviendas, los diferentes coeficientes serán los siguientes:

- 1/4
- 2/4
- 3/4
- 4/4

Del punto A la vivienda 4, tendrá que circular toda la intensidad necesaria para las 4 viviendas, por ello, esa primera distancia (20 metros) será multiplicada por el coeficiente 4/4. En el tramo de la vivienda 4 a la 6, no tendrá que pasar toda la corriente, ya que cierta parte habrá sido suministrada a la vivienda 4, debido a esto la distancia de la vivienda 4 a la 6 (39 metros) será multiplicada por el coeficiente 3/4. Así ocurre sucesivamente, la distancia de la vivienda 6 a la 9 (41 metros) será multiplicada por 2/4 y por último la distancia de la vivienda 9 a la 10 (42 metros) será multiplicada por 1/4. En la ecuación 5 se puede ver el cálculo general.

$$L \text{ Cdt (m)} = (20*1) + (39*0,75) + (41*0,5) + (42*0,25) = 80,25 \text{ metros}$$

Ecuación 5: Ponderación longitud.

Para calcular todos los valores de las longitudes ponderadas será necesario medir cada una de las distancias entre las diferentes viviendas. Estos valores se pueden ver en el anexo I.

LS-A							
Tramo	nº viviendas	L(m)	L CdT (m)	S(mm2)	Potencia(kW)	I (A)	cdt (V)
A-10	4	140	80,25	16	3,36	26,67	5,35
A-8	5	142	73,40	16	4,2	33,33	6,12
A-24	4	236	116,75	25	3,36	26,67	4,98

Tabla 8: Valores de las secciones de la línea A.

LS-A		
Punto	Tensión	% cdt (V)
10	119,06	4,30%
8	118,29	4,92%
24	119,43	4,00%

Tabla 9: Valores del porcentaje de la caída de tensión de la línea A

LS-B

Tramo	nº viviendas	L(m)	L CdT (m)	S(mm <sup>2</sup> )	Potencia (kW)	I (A)	cdt (V)
B-23	4	230,00	73,75	16	3,36	26,67	4,92
B-13	3	210,00	122,00	25	2,88	22,86	4,46
B-19	4	160,00	88,00	16	3,36	26,67	5,87

Tabla 10: Valores de las secciones de la línea B

LS-B

Punto	Tensión	% cdt (V)
23	117,04	4,03%
13	117,50	3,66%
19	116,09	4,81%

Tabla 11: Valores del porcentaje de la caída de tensión de la línea B

LS-C

Tramo	nº viviendas	L(m)	L CdT (m)	S(mm <sup>2</sup> )	Potencia (kW)	I (A)	cdt (V)
C-25	3	215,00	178,67	35	2,88	22,86	4,67
C-33	4	137,00	90,50	16	3,36	26,67	6,03
C-34	4	175,00	117,00	25	3,36	26,67	4,99

Tabla 12: Valores de las secciones de la línea C

LS-C

Punto	Tensión	% cdt (V)
25	117,36	3,82%
33	115,99	4,94%
34	117,03	4,09%

Tabla 13: Valores del porcentaje de la caída de tensión de la línea C

LS-D

Tramo	nº viviendas	L(m)	L CdT (m)	S(mm <sup>2</sup> )	Potencia(kW)	I (A)	cdt (V)
D-36	2	90,00	66,00	10	1,92	15,24	4,02
D-39	2	95,00	72,50	10	1,92	15,24	4,42
D-41	2	105,00	88,00	10	1,92	15,24	5,36

Tabla 14: Valores de las secciones de la línea D

LS-D

Punto	Tensión	% cdt (V)
36	115,74	3,36%
39	117,61	1,80%
41	116,66	2,59%

Tabla 15: Valores del porcentaje de la caída de tensión de la línea D

## 4.9.5 Materiales: cableado y equipos empleados

En el siguiente apartado se va a especificar todo el material que será necesario para realizar la instalación. Se ha de tener en cuenta que en el caso de los núcleos E y F, al ser viviendas generalmente aisladas, se hará uso de un pack específico de material el cual cuenta con todo lo necesario para una instalación solar para una vivienda de estas condiciones. Dado que hay algunas viviendas que están cerca, se realizará una unión entre las más cercanas para generar un suministro más fiable.

### 4.9.5.1 Cableado necesario

Una vez conocidas las dimensiones del cableado necesario para cada tramo de la red de distribución, simplemente se debe realizar el sumatorio de longitudes para conocer la cantidad de cable que se debe proveer.

#### 4.9.5.1.1 Aluminio 35 mm<sup>2</sup>

El cableado necesario de sección 35 mm<sup>2</sup> solo será necesario en la parte secundaria de la instalación, es decir en las zonas de las viviendas, en las cuales se hace uso de la red monofásica. En este caso, solo se encuentra la siguiente línea:

- C-25, con una longitud necesaria de 215 metros

Dado que las líneas son monofásicas, la longitud necesaria de cable de 35 mm<sup>2</sup> será de 430 metros, el cálculo se puede ver en la ecuación 6.

$$\text{Longitud total} = (215) * 2$$

*Ecuación 6: Longitud total de aluminio de sección 35 mm<sup>2</sup>*

#### 4.9.5.1.2 Aluminio 25 mm<sup>2</sup>

El cableado necesario de sección 25 mm<sup>2</sup> será necesario tanto en la parte primaria de la instalación como en la secundaria. En la zona principal, es decir, la zona en la que se alimenta con cables trifásicos únicamente será necesario para el siguiente tramo:

- OB, es decir, del centro de la instalación hasta el transformador B, con una longitud necesaria de 540 metros

En la zona secundaria, se hará uso del cable de 25 mm<sup>2</sup> para las siguientes viviendas:

- A-24, con una longitud necesaria de 236 metros
- B-13, con una longitud necesaria de 210 metros
- C-34, con una longitud necesaria de 175 metros

Dado que las líneas son monofásicas y trifásicas, la longitud necesaria de cable de 25  $m^2$  será de 2862 metros, el cálculo se puede ver en la ecuación 7.

$$\text{Longitud total} = (236 + 210 + 175) * 2 + (540) * 3$$

*Ecuación 7: Longitud total de aluminio de sección 25  $mm^2$*

#### 4.9.5.1.3 Aluminio 16 $mm^2$

El cableado necesario de sección 16  $m^2$  será necesario tanto en la parte primaria de la instalación como en la secundaria. En la zona principal, únicamente será necesario para el siguiente tramo:

- OC, con una longitud necesaria de 340 metros

En la zona secundaria, se hará uso del cable de 16  $m^2$  para las siguientes viviendas:

- A-10, con una longitud necesaria de 140 metros
- A-8, con una longitud necesaria de 142 metros
- B-23, con una longitud necesaria de 230 metros
- B-19, con una longitud necesaria de 160 metros
- C-33, con una longitud necesaria de 137 metros

Dado que las líneas son monofásicas y trifásicas, la longitud necesaria de cable de 16  $m^2$  será de 2638 metros, el cálculo se puede ver en la ecuación 8.

$$\text{Longitud total} = (140 + 142 + 230 + 160 + 137) * 2 + (340) * 3$$

*Ecuación 8: Longitud total de aluminio de sección 16  $mm^2$*

#### 4.9.5.1.4 Aluminio 10 $mm^2$

El cableado necesario de sección 10  $m^2$  será necesario tanto en la parte primaria de la instalación como en la secundaria. En la zona principal, será necesario para los siguientes tramos:

- OA, con una longitud necesaria de 72 metros
- OD, con una longitud necesaria de 611 metros

En la zona secundaria, se hará uso del cable de 10  $m^2$  para las siguientes viviendas:

- D-36, con una longitud necesaria de 90 metros
- D-39, con una longitud necesaria de 95 metros
- D-41, con una longitud necesaria de 105 metros

Dado que las líneas son monofásicas y trifásicas, la longitud necesaria de cable de 10  $m^2$  será de 2629 metros, el cálculo se puede ver en la ecuación 9.

$$\text{Longitud total} = (90 + 95 + 105) * 2 + (72 + 611) * 3$$

*Ecuación 9: Longitud total de aluminio de sección 10  $mm^2$*

En la siguiente tabla se puede ver la cantidad de metros necesaria de cada uno de los diferentes cables.

SECCIÓN DE ALUMINIO	METROS
35	430
25	2862
16	2638
10	2629

Tabla 16: Longitudes necesarias de cableado de aluminio

#### 4.9.5.2 Equipos

A continuación, se van a explicar los diferentes equipos que se han utilizado para la realización de la instalación.

**Transformadores:** la instalación constará de cuatro transformadores, cada uno de ellos en uno de los núcleos que se alimentan de la central eléctrica, es decir, los núcleos A, B, C, D. Estos elementos se instalan a fin de reducir pérdidas. La distribución será trifásica a 400 V hasta centros de consumo o nodos (A, B, C, D), donde se instalarán los transformadores que reduzcan de 400 V a 218 V (tensiones trifásicas entre líneas) y a partir de aquí líneas monofásicas (fase-neutro, 126 V) que alimentan grupos de viviendas, intentando equilibrar al máximo el sistema trifásico.

Los núcleos A, B y C cuentan con 13, 11, y 11 viviendas respectivamente, por ello, se instalará un transformador de 15 KVA. En el caso del núcleo D, al contar únicamente con 6 viviendas, se hará uso de un transformador de 10 KVA.

**Protecciones:** cada una de las viviendas se protegerá mediante un interruptor magnetotérmico y un diferencial. Los interruptores diferenciales serán necesarios para proteger a las viviendas de derivaciones de corrientes puntuales. Las características de estos diferenciales serán de 2/25/0.03, tamaño típico para este tipo de viviendas. Los magnetotérmicos protegerán de cortocircuitos y sobrecargas en las viviendas, las características eléctricas de ellos son 2/10/c

Por otra parte, en diferentes puntos de la instalación serán necesarios diferentes interruptores magnetotérmicos para proteger líneas frente a sobrecargas o cortocircuitos. Estos elementos se encontrarán en diferentes puntos de la instalación. Se debe tener en cuenta, que dispondremos de diferentes tipos, trifásicos y monofásicos en función de la zona de la instalación en la que se encuentre. Además, en función de la intensidad que se espere en cada una de las zonas, el tamaño del interruptor magnetotérmico será de un tamaño o de otro. Por ejemplo, en la línea A-10, se espera que la corriente que circule sea de 26,67 A, por esta razón, al inicio de la línea se instalará un magnetotérmico monofásico del tipo 2/32/C.

**Paneles solares fotovoltaicos:** los paneles solares fotovoltaicos se instalarán en la central eléctrica en el centro de la población. La potencia instalada necesaria es de 40 kW y los paneles solares fotovoltaicos seleccionados son de 450W, por ello, será necesario hacer uso de 90 paneles. Estos se separarán en 6 series de 15 paneles en cada serie.

Como se ha dicho anteriormente, los paneles solares fotovoltaicos que no corresponden a la central eléctrica provienen de un pack específico que dispone de todos los elementos necesarios para la instalación eléctrica de una vivienda aislada.

**Baterías:** las baterías, al igual que las placas solares fotovoltaicas, se instarán en la central eléctrica. Para los núcleos principales, es necesaria una energía de 144kWh en las baterías. Según las baterías que se han seleccionado (595Ah 12V), será necesaria la instalación de 24 unidades, estas se dispondrán en 6 líneas de 4 unidades cada una.

**Gasificador:** el gasificador de biomasa seleccionado es de 25 kW, la fuente principal de alimentación será de origen leñoso, ya que en la Torrecillas de Nacaome el recurso de biomasa de estas características es muy elevado. Este equipo hace una combustión parcial de la biomasa y el gas de síntesis obtenido lo deriva a un grupo electrógeno, por lo que se podrá hacer uso de él en los momentos concretos que se requiera.

**Inversores:** todos los equipos que se van a emplear en las viviendas funcionan mediante corriente alterna, pero los paneles solares fotovoltaicos generan corriente continua, es por esta razón por la cual es necesario el uso de un inversor de red. El inversor que se empleará será de 50 kW.

**Sunny Island:** el Sunny Island es el encargado de gestionar la energía eléctrica de la central, además de crear la red eléctrica de corriente alterna, a partir de las baterías, cuando no funcione el grupo de biomasa. Cuando la energía producida por los paneles solares fotovoltaicos no es suficiente para abastecer a toda la demanda eléctrica de la red, es necesario hacer uso de la energía acumulada en las baterías y viceversa, cuando la producción solar sea superior a la demanda, el sobrante se acumula en las baterías a través de los sunny island. Por tanto, este elemento funciona como un inversor bidireccional, es el encargado de pasar de corriente continua procedente de las baterías a corriente alterna para la red y al contrario.

**Multicluster:** el multicluster es un elemento que nos permite reunir en un único elemento todo el cableado que estará en la central eléctrica. En este caso, las dimensiones del multicluster que se instalará será de 760x760 mm.

**Toma a tierra:** las tomas a tierra se utilizan para unir con la tierra, potencial cero, todos los equipos eléctricos de la central y de las viviendas. De este modo, en caso de fuga eléctrica de algún elemento, las personas estarían protegidos ya que la energía eléctrica se deriva a tierra. En esta instalación será necesaria una toma a tierra compuesta por una sola pica por cada una de las viviendas, además, se instarán 5 picas para las tomas de tierra en la central eléctrica.

## 5. CONCLUSIÓN

Se ha iniciado el TFM generando una curva de demanda eléctrica de la población. Generar una curva de demanda de una población en la cual actualmente no disponen de ningún tipo de elemento eléctrico es complicado, por ello, se ha obtenido gracias al estudio de la demanda eléctrica de otras poblaciones similares a la de Torrecillas de Nacaome. Dada la localización de la población se ha considerado que la curva de demanda es la misma a lo largo de todo el año, se ha estimado un consumo diario de 216 kWh.

Dado que la población no se encuentra toda localizada en un núcleo urbano, se han propuesto diferentes escenarios. Finalmente, se ha separado a la población en diferentes subnúcleos, llamando a cada uno de ellos A, B, C, D, E y F. Después de generar diferentes escenarios con la ayuda del software HOMER y ver las posibilidades de la red de distribución, se llega a la conclusión de que el mejor escenario posible es aislar a los núcleos E y F. Por ello, el núcleo central de la población serán las viviendas que pertenecen a los subgrupos A, B, C y D. Estas viviendas formarán todas ellas parte de la misma red de distribución, por lo tanto, se alimentarán de la misma central eléctrica. Para reducir las pérdidas en la red, se hará uso de 4 transformadores, cada uno localizado en el centro de estos núcleos. La demanda correspondiente a estas viviendas es de 140 kWh. Esta será abastecida mediante la instalación de 40 kW de potencia procedente de paneles solares fotovoltaicos, de 450 W cada uno, acompañado de un gasificador de biomasa con 25 kW de potencia. Ya que, en algunos días del año u horas del día el recurso solar puede ser insuficiente, se utilizará un gasificador de biomasa para cubrir estas necesidades. Por otro lado, se utilizan baterías para almacenar energía cuando haya exceso de producción y suministrarla cuando la producción no sea suficiente. La energía almacenada en las baterías será de 144 kWh. Mediante el software HOMER se ha comprobado la fiabilidad del sistema, siendo que en ningún momento se descargan las baterías llegando a un mínimo de carga del 30% en muy pocos casos.

Los núcleos urbanos E y F están muy alejados del núcleo urbano, si se quisiera que estas viviendas perteneciesen al núcleo principal se debería hacer uso de una gran cantidad de cableado para acceder a ellas y al mismo tiempo se generarían unas pérdidas muy elevadas. Es por esta razón por la cual se ha decidido realizar el diseño de cada una de estas viviendas de manera individual. La energía consumida por cada vivienda es de 3,6 kWh. Para abastecer la demanda eléctrica se instalarán cuatro paneles solares fotovoltaicos de 330 W de potencia cada uno de ellos, teniendo de esta manera un margen de energía para aquellos días que no se llegue al máximo de radiación solar. Los paneles solares fotovoltaicos se complementarán con la instalación de baterías. Las baterías empleadas serán de 3,4 kWh, por lo tanto, aquellos días que el recurso solar no esté disponible, se hará uso de estas para proporcionar la energía a las viviendas. Además, ya que alguna de las viviendas sí que se encuentran cercanas a otras, se ha decidido generar uniones entre las viviendas cercanas para que la seguridad en el suministro eléctrico sea mayor.

Para diseñar la red de distribución se ha tenido en cuenta que los recorridos del cableado sean los mínimos posibles para reducir tanto los costes del cableado como las pérdidas. Finalmente



se ha visto que se necesitaran 430 metros de cable de aluminio de 35 mm<sup>2</sup> de sección, 2.862 metros de 25 mm<sup>2</sup>, 2.638 metros de 16 mm<sup>2</sup> y 2.629 metros de 10 mm<sup>2</sup>.

Se puede afirmar que, con este proyecto, que se ejecutará en el plazo de unas semanas, se abastecerá de energía eléctrica a una población que actualmente está aislada de la red eléctrica, aunque no gozará de toda la energía disponible en viviendas como las nuestras, es un gran paso.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- [2] <http://www.fao.org/3/a-i6044e.pdf>
- [3] [https://irena.org//media/Files/IRENA/Agency/Publication/2017/IRENA\\_Accelerating\\_off-grid\\_renewables\\_2017.pdf](https://irena.org//media/Files/IRENA/Agency/Publication/2017/IRENA_Accelerating_off-grid_renewables_2017.pdf)
- [4] [https://www.seforall.org/sites/default/files/tracking\\_sdg7the\\_energy\\_progress\\_report\\_full\\_report.pdf](https://www.seforall.org/sites/default/files/tracking_sdg7the_energy_progress_report_full_report.pdf)
- [5] <http://documents.worldbank.org/curated/pt/118301468252901975/pdf/420230SPANISH0HN0Power0sector01PUBLIC1.pdf>
- [6] [https://hdr.undp.org/sites/default/files/HDR2016\\_SP\\_Overview\\_Web.pdf](https://hdr.undp.org/sites/default/files/HDR2016_SP_Overview_Web.pdf)
- [7] [https://www.researchgate.net/publication/323584386\\_The\\_impact\\_of\\_rural\\_electrification\\_on\\_income\\_and\\_education\\_Evidence\\_from\\_Bhutan](https://www.researchgate.net/publication/323584386_The_impact_of_rural_electrification_on_income_and_education_Evidence_from_Bhutan)
- [8] [https://e4sv.org/wp-content/uploads/2017/05/TR13-Education-and-the-Electrification-of-Rural-Schools\\_web-1.pdf](https://e4sv.org/wp-content/uploads/2017/05/TR13-Education-and-the-Electrification-of-Rural-Schools_web-1.pdf)
- [9] <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/1608Electricity%20and%20Education.pdf>
- [10] <http://www.who.int/sustainabledevelopment/healthsector/healthrisks/energyaccess/en/>
- [11] <http://documentos.bancomundial.org/curated/es/593491483127065995/pdf/ICR0002907-12262016.pdf>
- [12] [http://www.enee.hn/planificacion/2019/Boletin\\_Estadistico\\_Diciembre2018.pdf](http://www.enee.hn/planificacion/2019/Boletin_Estadistico_Diciembre2018.pdf)
- [13] <http://enee.hn/index.php/empresa/86-historia>
- [14] <https://www.ecolex.org/es/details/legislation/decreto-no-404-2013-ley-general-de-la-industria-electrica-lex-faoc138012/>
- [15] <https://slideplayer.es/slide/1101936/>
- [16] <http://www.enee.hn/pdfs/leyesenergeticas/LeydePromocionalaGeneraciondeEnergiaElectricaconRecursosRenovables.pdf>
- [17] <https://www.iea.org/countries/Honduras>
- [18] <http://www.enee.hn/planificacion/2020/9%20Boletin%20Estadistico%20Septiembre%202020.pdf>

- [19] Documentación de la asignatura Generación Transporte y Distribución de Energía Eléctrica, UPV
- [20] Documentación de la asignatura Tecnología Eléctrica, UPV
- [21] Hurtado, E., Peñalvo-López, E., Pérez-Navarro, A., Vargas, C., Alfonso, D. (2015). Optimización de un sistema híbrido renovable para su aplicación de alta viabilidad en zonas no conectadas. Elsevier, 2015.
- [22] Hirsch, A., Parag, Y., & Guerrero, J. (2018). Microgrids: Una revisión de las tecnologías, los impulsores clave y las cuestiones pendientes. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 90, 402-411.
- [23] Hossain Lipu, M S & Hafiz, Md Golam & Ullah, Md. Safi & Hossain, A & Munia, F. Y. (2017). Optimización del diseño y análisis de sensibilidad de los sistemas híbridos de energía renovable: Un caso de la isla de San Martín en Bangladesh.
- [24] <https://mapasamerica.dices.net/honduras/mapa.php?nombre=Torrecilla&id=2226>
- [25] [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/)
- [26] [https://www.idae.es/sites/default/files/documentos/publicaciones\\_idae/documentos\\_10737\\_biomasa\\_gasificacion\\_07\\_d2adcf3b.pdf](https://www.idae.es/sites/default/files/documentos/publicaciones_idae/documentos_10737_biomasa_gasificacion_07_d2adcf3b.pdf)
- [27] <https://globalwindatlas.info/>
- [28] Bastida-Molina, Paula; Hurtado-Perez, Elias; Vargas-Salgado, Carlos; Ribó-Pérez, David Gabriel. (2020) Microrredes híbridas, una solución para países en vías de desarrollo. *Tecnica Industrial*, 325, 28 - 34. 10.23800/10218
- [29] Ribó-Pérez, David Gabriel; Bastida-Molina, Paula; Gómez-Navarro, Tomás; Hurtado-Perez, Elias. (2020) Hybrid assessment for a hybrid microgrid: A novel methodology to critically analyse generation technologies for hybrid microgrids. *Renewable Energy* (157)874 - 887. 10.1016/j.renene.2020.05.095
- [30] Pérez-Navarro, Ángel ; Alfonso-Solar, David; Ariza-Chacón, Helbert Eduardo; Cárcel Carrasco, Francisco Javier; Correcher Salvador, Antonio; Escrivá-Escrivá, Guillermo ... Vargas Salgado, Carlos Afranio. (2016) Experimental verification of hybrid renewable systems as feasible energy sources. *Renewable Energy*,
- [31] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0973082621001435>

# PRESUPUESTO

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO (€/unidad)	TOTAL (€)
<b>CABLEADO</b>			
430 (m)	AL VOLTALENE FLAMEX CPRO XZ1 1KV 1X35 PRYS XZ1AL1X35-CPR	1,12	481,6
2862 (m)	AL VOLTALENE FLAMEX CPRO XZ1 1KV 1X25 PRYS XZ1AL1X25-CPR	0,89	2547,18
2638 (m)	AL VOLTALENE FLAMEX CPRO XZ1 1KV 1X16 PRYS XZ1AL1X16-CPR	0,61	1609,18
3381 (m)	AL VOLTALENE FLAMEX CPRO XZ1 1KV 1X10 PRYS XZ1AL1X10-CPR	0,61	2062,41
			<b>6700,37 €</b>
<b>TRANSFORMADORES</b>			
1	Transform.III TRT 10 KVA E:400V S:230V+N Dyn11 IP-23	299	299
3	Transform.III TRT 15 KVA E:400V S:230V+N Dyn11 IP-23	439	1317
			<b>1616 €</b>
<b>CUADRO DE TRANSFORMADORES</b>			
4	ProtecTransform.III DIMEN REG.X	21,5	<b>86 €</b>
<b>PROTECCIONES</b>			
2	Magnetotérmico trifásico 16	14,7	29,4
7	Magnetotérmico trifásico 25	16,6	116,2
3	Magnetotérmico trifásico 40	30	90
77	Magnetotérmico monofásico 10	4,5	346,5
3	Magnetotérmico monofásico 16	5,5	16,5
2	Magnetotérmico monofásico 25	5,8	11,6

6	Magnetotérmico monofásico 32	10,99	65,94
1	Magnetotérmico monofásico 40	14,5	14,5
60	Diferenciales tipo 25	17	1.020
			<b>1.710,64 €</b>
<b>POSTES</b>			
33	Poste SUSP cableado	158	<b>5.214 €</b>
<b>PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS</b>			
90	Módulo fotovoltaico monocristalino 450W	166	<b>14.940 €</b>
<b>BATERIAS</b>			
24	BAE 2V 595Ah	351	<b>8.424 €</b>
<b>TUBO CORRUGADO</b>			
1563 (m)	Tubo canalización corrugado doble capa 160mm de diámetro	4	<b>6252 €</b>
<b>GASIFICADOR</b>			
1	Gasificador POWER PALLET-PP30 25kW	60.000	<b>60.000 €</b>
<b>INVERSOR</b>			
1	1 Inversor Vitron de 1,2kw 48V a 120v 60Hz	5.000	<b>5.000 €</b>

<b>SUNNY ISLAND</b>			
6	Inversor SMA Sunny Island SI8.0H 12 48V	2500	<b>15000 €</b>
<b>MULTICLUSTER</b>			
1	Multicluster SMA MDL_760x760 mm.	3575	<b>3575 €</b>
<b>TOMA A TIERRA</b>			
65	PICA TIERRA 100 MICRAS Ø14 1,5 MTS	4,4	<b>286 €</b>
<b>PROTECCION CORRIENTE CONTINUA</b>			
1	12 fusibles de 16A, protección sobretensiones, varistores	1.150	<b>1.150 €</b>
<b>PACKS INDIVIDUALES DE AISLADA</b>			
19	1 Inversor Vitron de 3,3 kw 48V a 120v 60Hz		
19	1 Regulador Vitron 30Ah 48V		
19	Batería Pylontech 3,4kwh 48V		
19	Cable batería-inversor especial		
19	Cuadro protección DC batería y paneles		
19	4 Paneles monocristalino 330W		
19	1 Estructura aluminio para 2 paneles con escuadras 15º		
		2.950	<b>56.050 €</b>
			<b>TOTAL</b>
			<b>186.004,01 €</b>

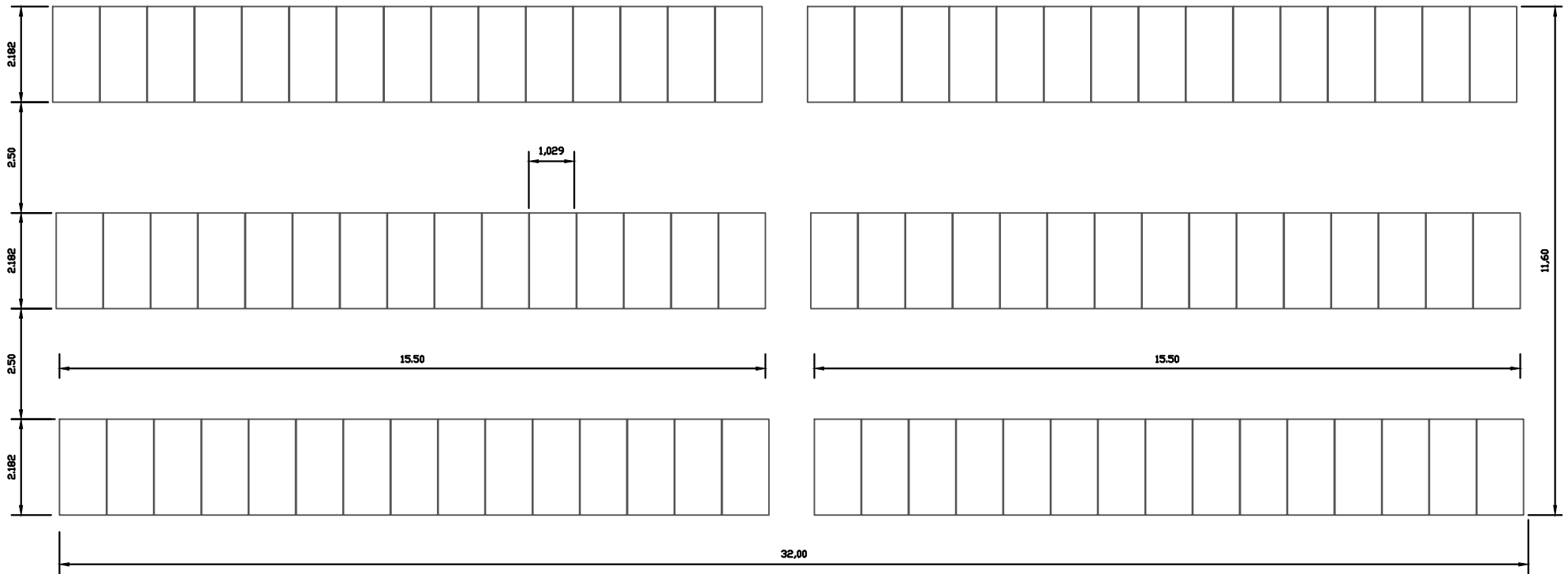
PERSONAS	INGENIERIA	TIEMPO	COSTE	TOTAL
2p	Mano de obra expatriada para la instalación	1,5 (meses)	7.000 (€/mes)	21.000 €
1p	Diseño de ingeniería	250 (horas)	50 (€/hora)	12.500 €
	Imprevistos, posibles costes de aduanas y transporte.			18.600 €
				<b>52.100 €</b>

**PRECIO EJECUCIÓN MATERIAL: 238.104,01 €**



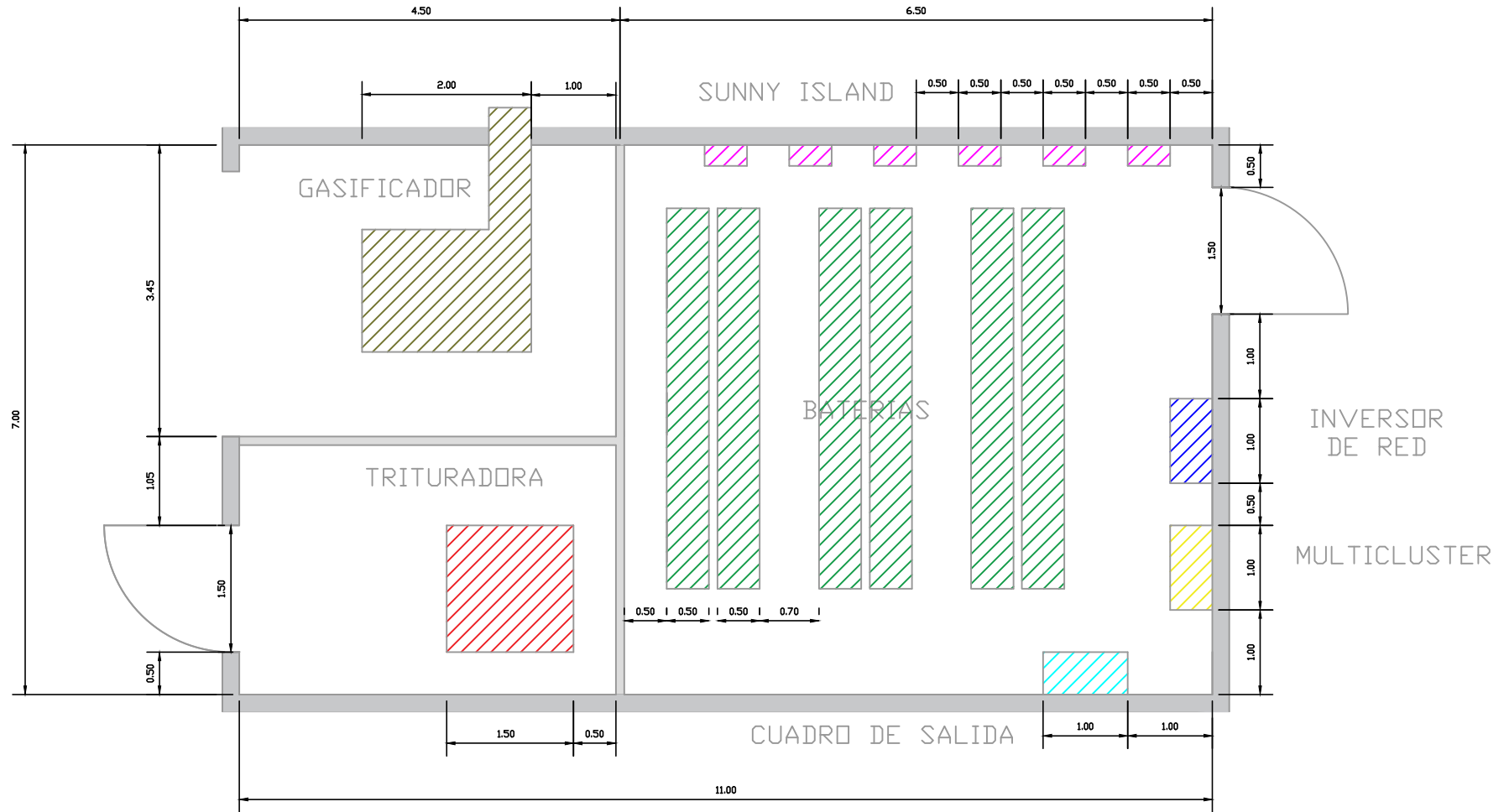
# PLANOS

DISPOSICIÓN PANELES FOTOVOLTAICOS SOBRE EMPLAZAMIENTO

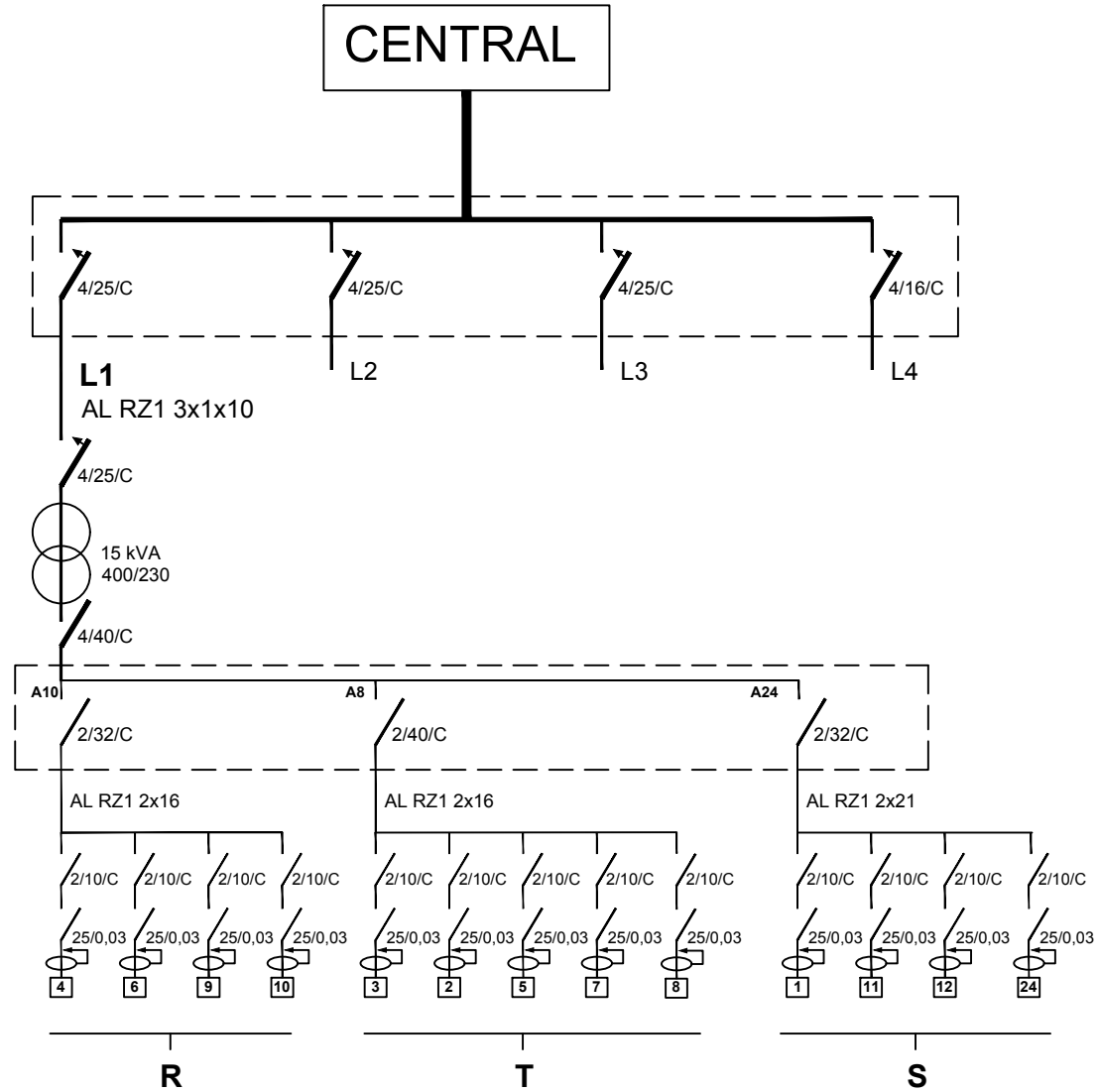


DESIGNACIÓN: Disposición de paneles fotovoltaicos sobre emplazamiento	N°PLANO: 001	FECHA: 2022/08	NOMBRE: ESTHER HURTADO ABAD	PROYECTO: TFM CENTRAL HÍBRIDA DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA MEDIANTE RECURSO SOLAR - BIOMASA Y RED DE DISTRIBUCIÓN PARA LA COMUNIDAD AISLADA DE TORRECILLAS DE NACAOME EN HONDURAS	ESCALA: S.E.
SITUACIÓN: Torrecillas de Nacaome, Honduras.					

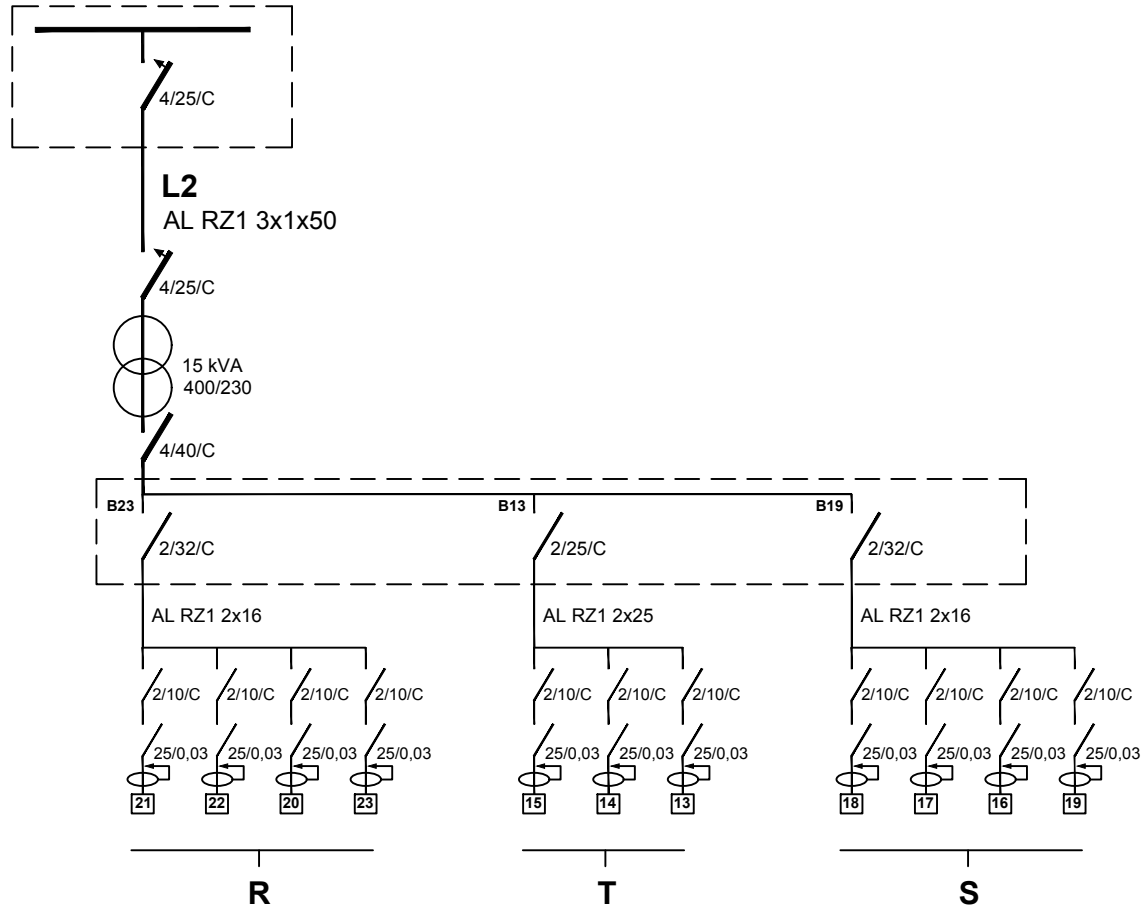
DISPOSICIÓN SALA DE MÁQUINAS



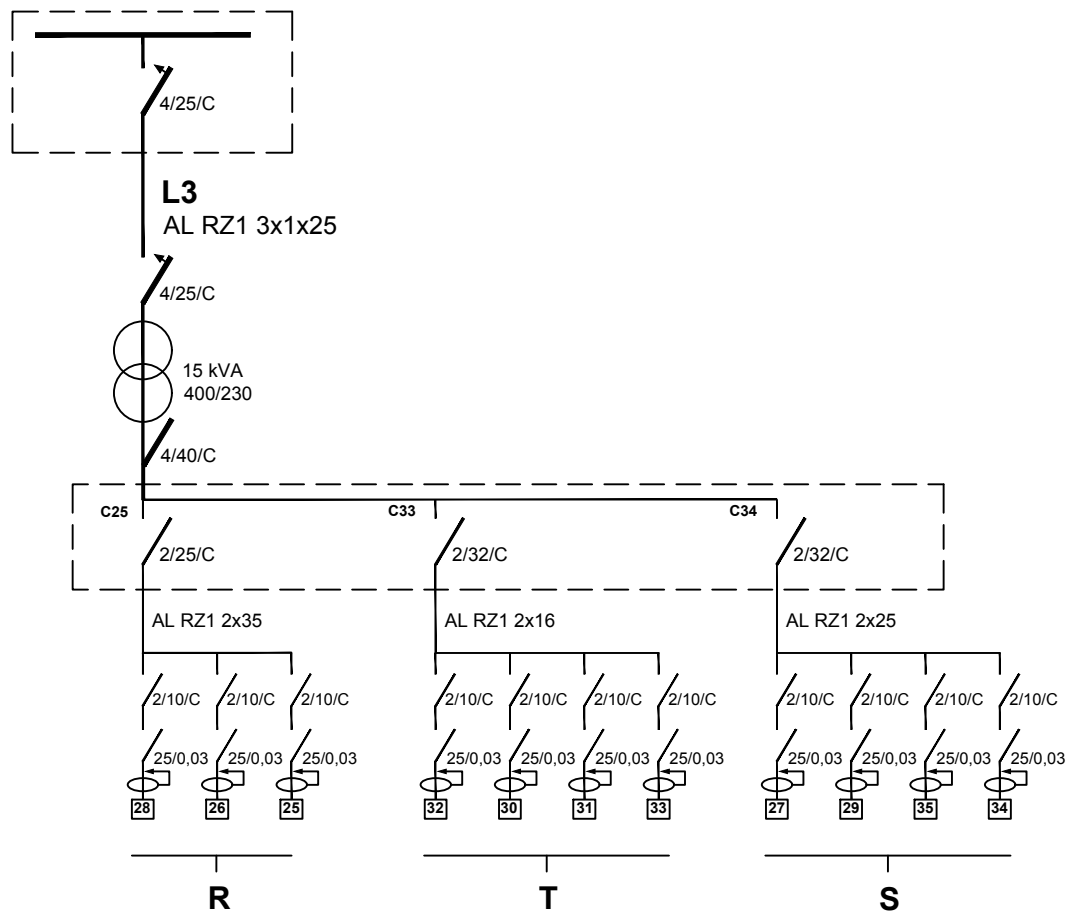
DESIGNACIÓN: Sala de máquinas	Nº PLANO: 002	FECHA: 2022/08	NOMBRE: ESTHER HURTADO ABAD	PROYECTO: TFM CENTRAL HÍBRIDA DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA MEDIANTE RECURSO SOLAR - BIOMASA Y RED DE DISTRIBUCIÓN PARA LA COMUNIDAD AISLADA DE TORRECILLAS DE NACAOME EN HONDURAS	ESCALA: S.E.
SITUACIÓN: Torrecillas de Nacaome, Honduras.					



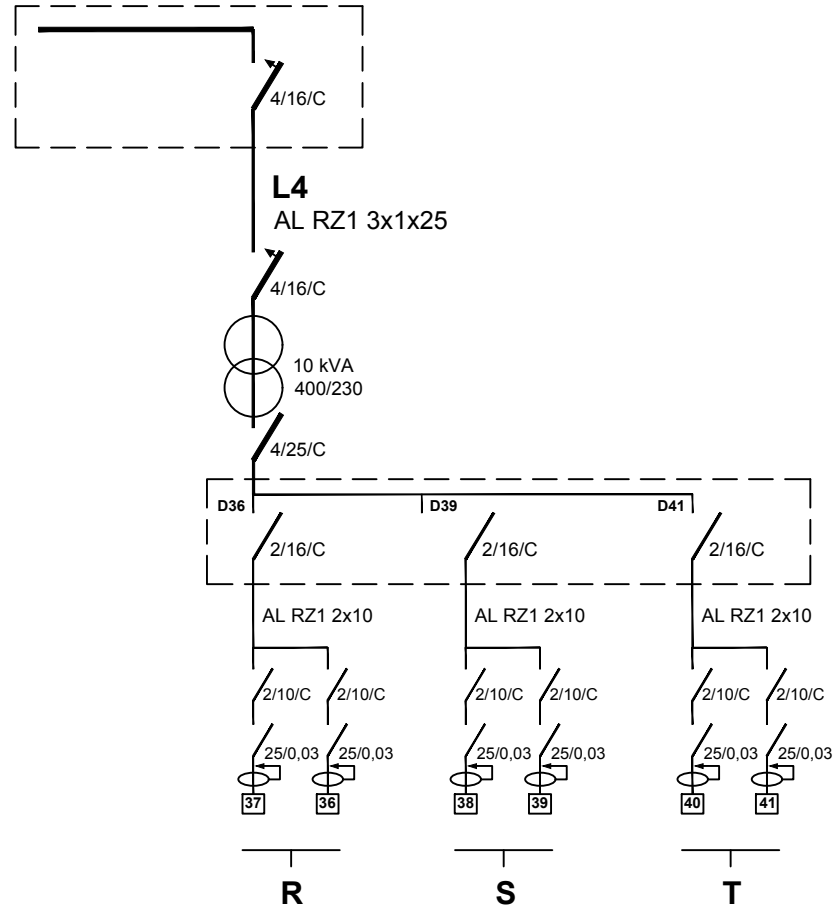
DESIGNACIÓN: Esquemas unifilares 01	N°PLANO: 003	FECHA:	NOMBRE:	PROYECTO: TFM_CENTRAL HÍBRIDA DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA MEDIANTE RECURSO SOLAR - BIOMASA Y RED DE DISTRIBUCIÓN PARA LA COMUNIDAD AISLADA DE TORRECILLAS DE NACAOME EN HONDURAS	ESCALA: S.E.
		2022/08	ESTHER HURTADO ABAD		
SITUACIÓN: Torrecillas de Nacaome, Honduras.					



DESIGNACIÓN: Esquemas unifilares 02	N°PLANO: 004	FECHA: 2022/08	NOMBRE: ESTHER HURTADO ABAD	PROYECTO: TFM_CENTRAL HÍBRIDA DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA MEDIANTE RECURSO SOLAR - BIOMASA Y RED DE DISTRIBUCIÓN PARA LA COMUNIDAD AISLADA DE TORRECILLAS DE NACAOME EN HONDURAS	ESCALA: S.E.
SITUACIÓN: Torrecillas de Nacaome, Honduras.					

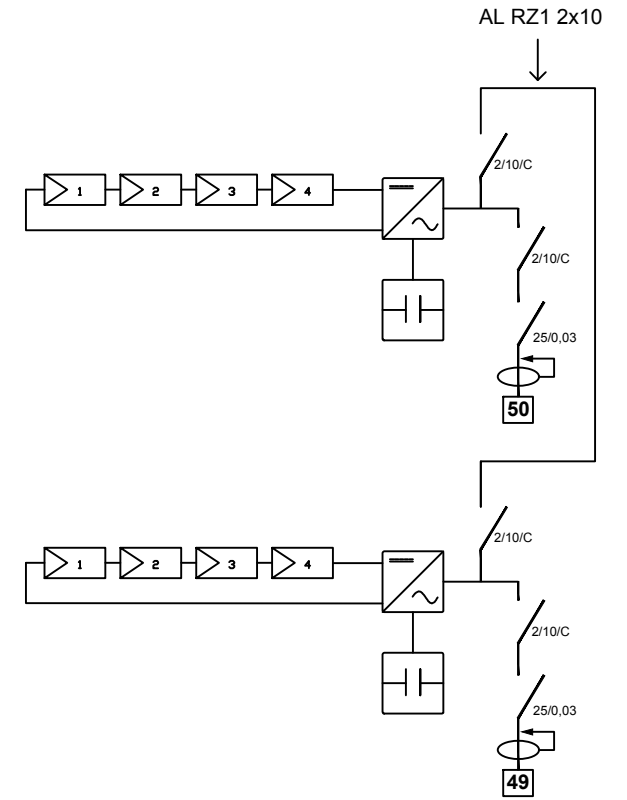
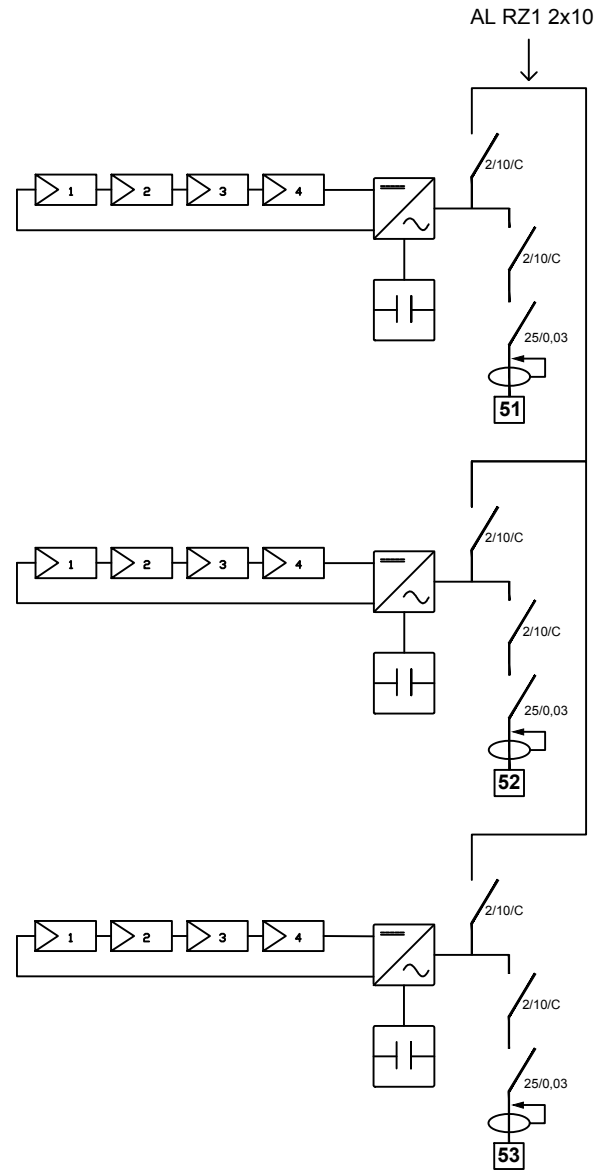
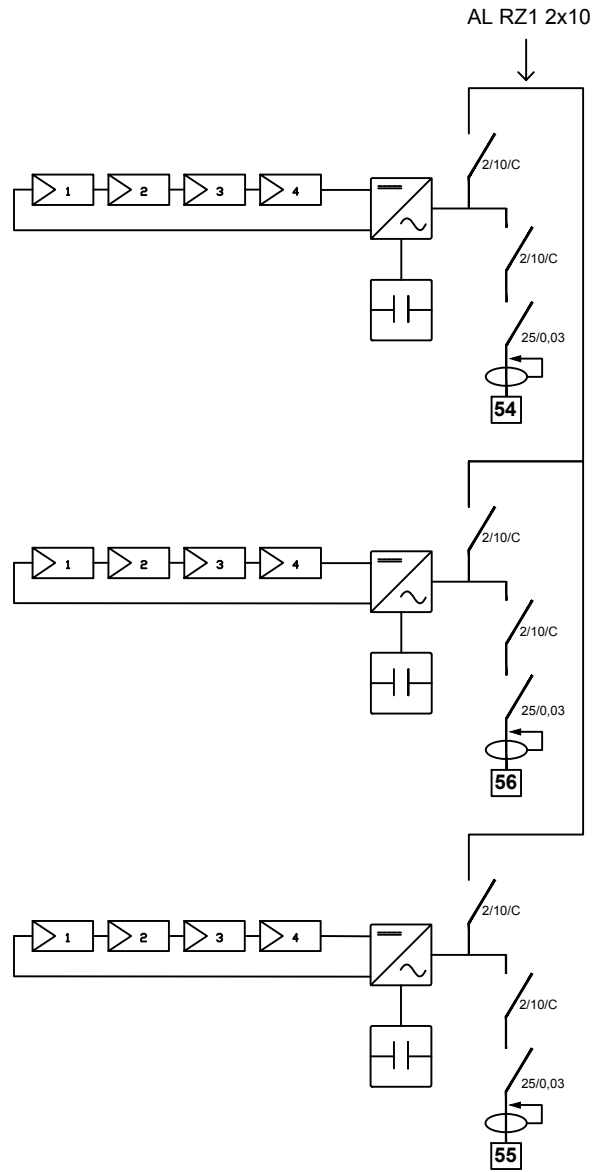


DESIGNACIÓN: Esquemas unifilares 03	NºPLANO: 005	FECHA:	NOMBRE:	PROYECTO: TFM_CENTRAL HÍBRIDA DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA MEDIANTE RECURSO SOLAR - BIOMASA Y RED DE DISTRIBUCIÓN PARA LA COMUNIDAD AISLADA DE TORRECILLAS DE NACAOME EN HONDURAS	ESCALA: S.E.
SITUACIÓN: Torrecillas de Nacaome, Honduras.		2022/08	ESTHER HURTADO ABAD		



DESIGNACIÓN: Esquemas unifilares 04	NºPLANO: 006	FECHA: 2022/08	NOMBRE: ESTHER HURTADO ABAD	PROYECTO: TFM_CENTRAL HÍBRIDA DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA MEDIANTE RECURSO SOLAR - BIOMASA Y RED DE DISTRIBUCIÓN PARA LA COMUNIDAD AISLADA DE TORRECILLAS DE NACAOME EN HONDURAS	ESCALA: S.E.
SITUACIÓN: Torrecillas de Nacaome, Honduras.					

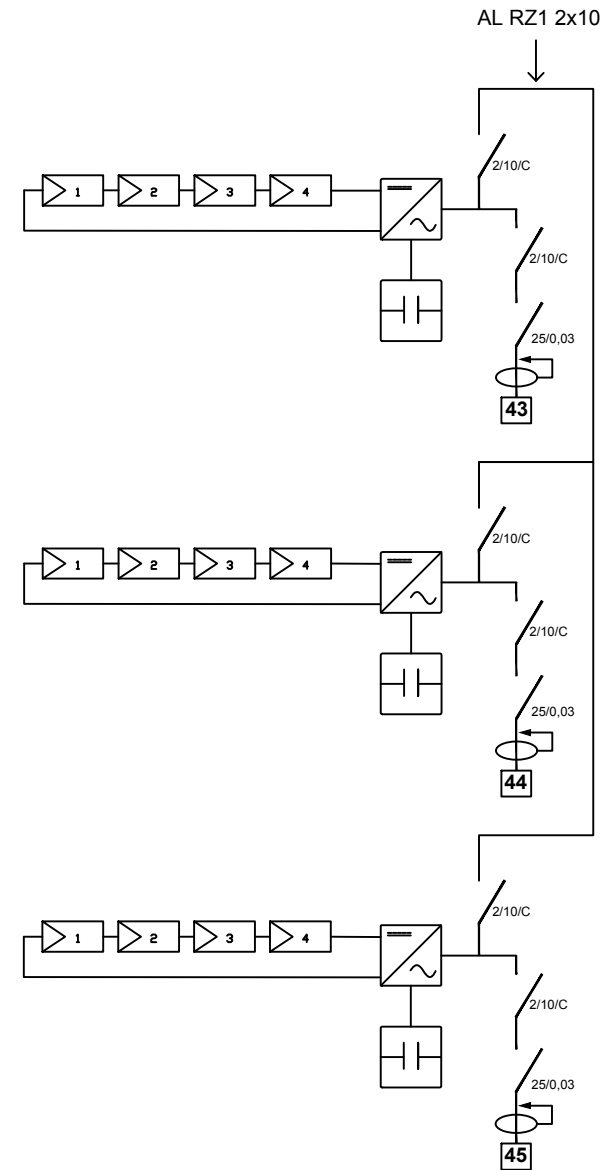
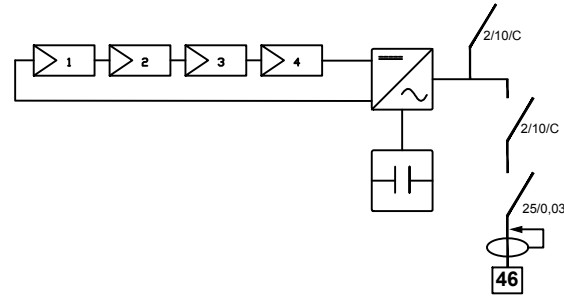
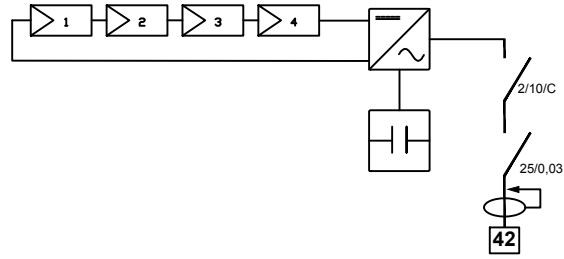
# Núcleo F



DESIGNACIÓN: Esquemas unifilares 05	N°PLANO: 007	FECHA:	NOMBRE:	PROYECTO: TFM_CENTRAL HÍBRIDA DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA MEDIANTE RECURSO SOLAR - BIOMASA Y RED DE DISTRIBUCIÓN PARA LA COMUNIDAD AISLADA DE TORRECILLAS DE NACAOME EN HONDURAS	ESCALA: S.E.
SITUACIÓN: Torrecillas de Nacaome, Honduras.		2022/08	ESTHER HURTADO ABAD		

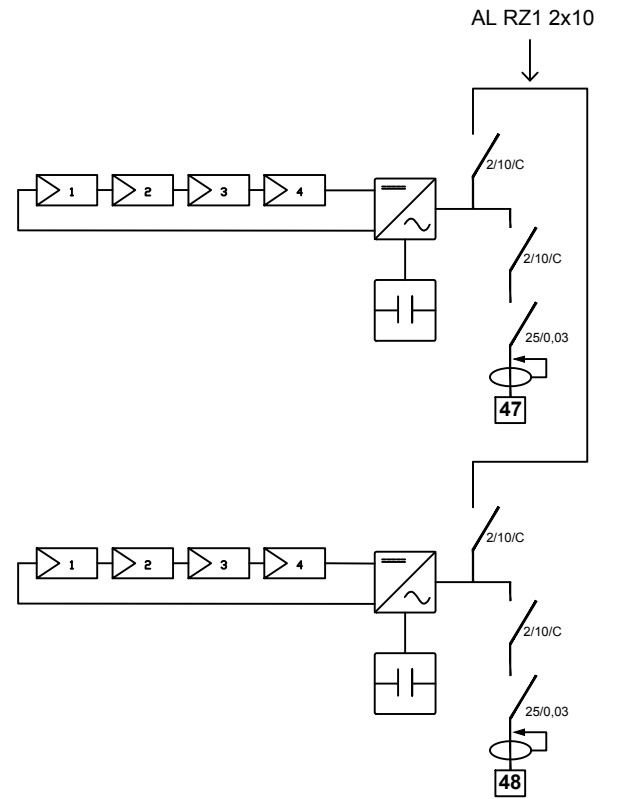
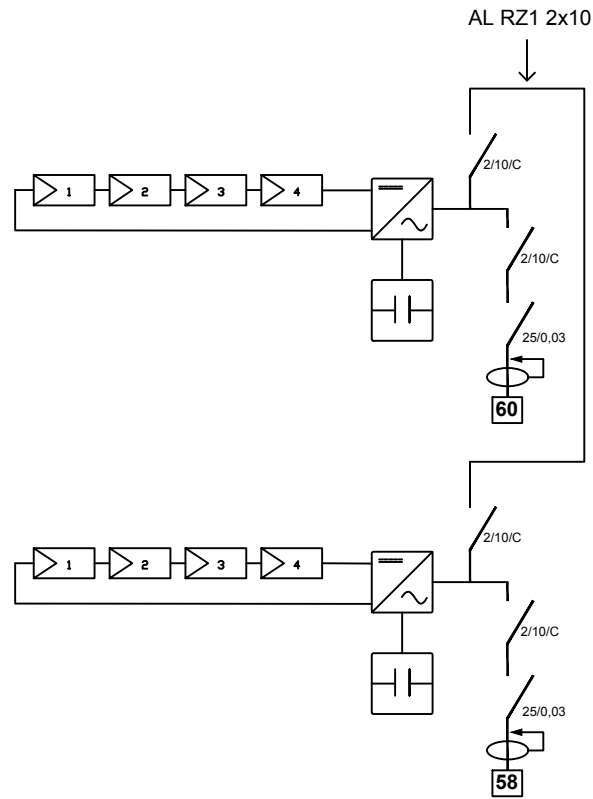
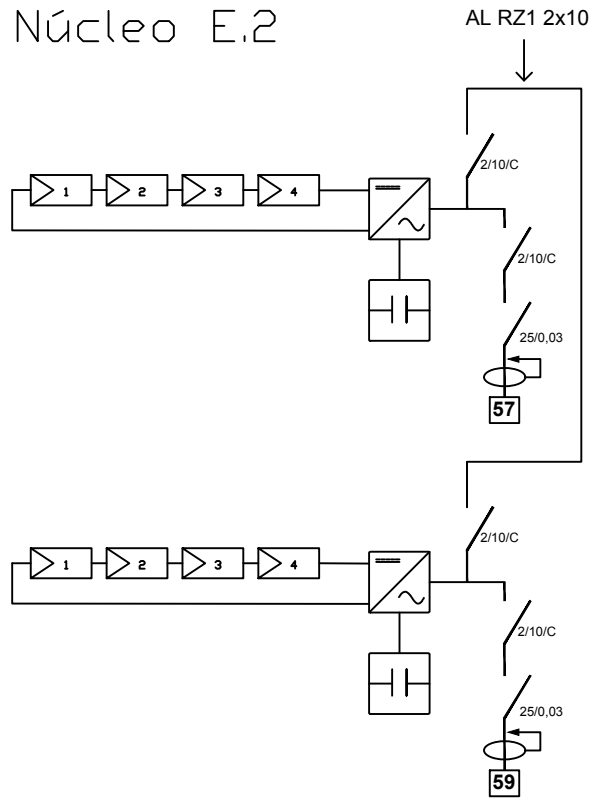


# Núcleo E.1

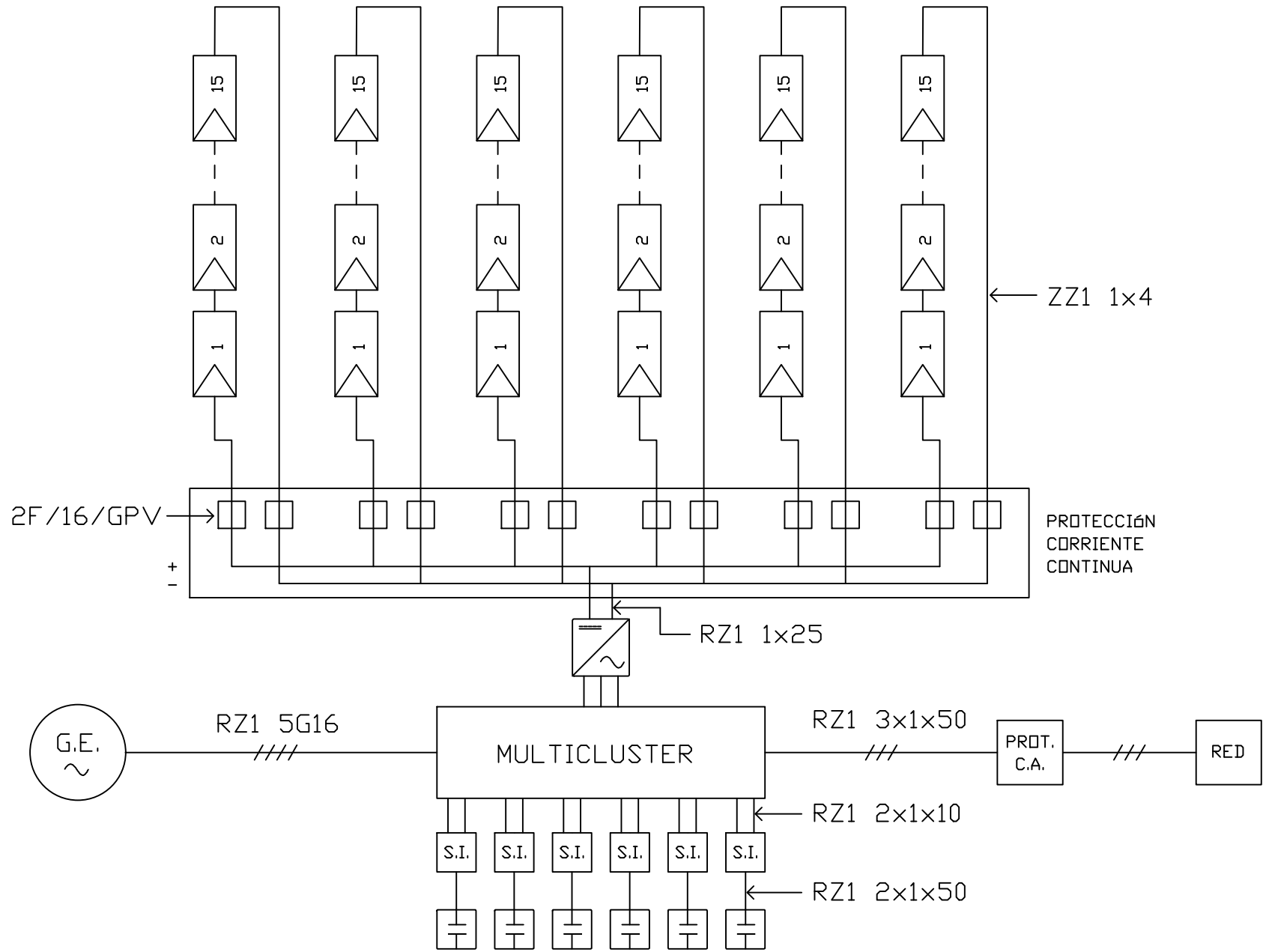


DESIGNACIÓN: Esquemas unifilares 06	N°PLANO: 008	FECHA: 2022/08	NOMBRE: ESTHER HURTADO ABAD	PROYECTO: TFM_CENTRAL HÍBRIDA DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA MEDIANTE RECURSO SOLAR - BIOMASA Y RED DE DISTRIBUCIÓN PARA LA COMUNIDAD AISLADA DE TORRECILLAS DE NACAOME EN HONDURAS	ESCALA: S.E.
SITUACIÓN: Torrecillas de Nacaome, Honduras.					

# Núcleo E.2



DESIGNACIÓN: Esquemas unifilares 07	Nº PLANO: 009	FECHA: 2022/08	NOMBRE: ESTHER HURTADO ABAD	PROYECTO: TFM_CENTRAL HÍBRIDA DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA MEDIANTE RECURSO SOLAR - BIOMASA Y RED DE DISTRIBUCIÓN PARA LA COMUNIDAD AISLADA DE TORRECILLAS DE NACAOME EN HONDURAS	ESCALA: S.E.
SITUACIÓN: Torrecillas de Nacaome, Honduras.					



DESIGNACIÓN: Esquema central eléctrica	N°PLANO: 010	FECHA: 2022/08	NOMBRE: ESTHER HURTADO ABAD	PROYECTO: TFM_CENTRAL HÍBRIDA DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA MEDIANTE RECURSO SOLAR - BIOMASA Y RED DE DISTRIBUCIÓN PARA LA COMUNIDAD AISLADA DE TORRECILLAS DE NACAOME EN HONDURAS	ESCALA: S.E.
SITUACIÓN: Torrecillas de Nacaome, Honduras.					

# PLANO CASO I



## PLANO CASO II



# PLANO CASO III



# PLIEGO DE CONDICIONES

## 1. OBJETO

- Fijar las condiciones técnicas mínimas que deben cumplir las instalaciones híbridas solar-biomasa. Pretende servir de guía para instaladores y fabricantes de equipos, definiendo las especificaciones mínimas que debe cumplir una instalación para asegurar su calidad, en beneficio del usuario y del propio desarrollo de esta tecnología.
- Se valorará la calidad final de la instalación por el servicio de energía eléctrica proporcionado y por su integración en el entorno.
- El ámbito de aplicación de este Pliego de Condiciones Técnicas se aplica a todos los elementos que forman parte de las instalaciones.

## 2. GENERALIDADES

- Este pliego es de aplicación, en general, a todas las instalaciones que contengan paneles solares fotovoltaicos y biomasa, siendo una red aislada destinadas a:
  - Electrificación de viviendas y edificios
  - Alumbrado público
  - Aplicaciones agropecuarias
  - Bombeo y tratamiento de agua
  - Aplicaciones mixtas con otras fuentes de energías renovablesTambién podrá ser de aplicación a otras instalaciones distintas siempre que tengan características técnicas similares a las nombradas anteriormente, el requisito indispensable que es este aislado de la red eléctrica.
- En todo caso es de aplicación toda la normativa que afecte a instalaciones aisladas de la red. Ya que la red es aislada, y el proyecto se genera desde España, se sigue la normativa Española:
  - Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (B.O.E. de 18-9-2002).
  - Código Técnico de la Edificación (CTE), cuando sea aplicable.
  - Directivas Europeas de seguridad y compatibilidad electromagnética.

## 3. DEFINICIONES

Radiación solar: Energía procedente del Sol en forma de ondas electromagnéticas.

Célula solar o fotovoltaica: Dispositivo que transforma la energía solar en energía eléctrica.

Módulo fotovoltaico: Conjunto de células solares interconectadas entre sí y encapsuladas entre materiales que las protegen de los efectos de la intemperie.



Potencia máxima del generador: Potencia máxima que puede entregar el módulo en las CEM.

Acumulador: Asociación eléctrica de baterías.

Batería: Fuente de tensión continua formada por un conjunto de vasos electroquímicos interconectados.

Profundidad de descarga: Cociente entre la carga extraída de una batería y su capacidad nominal. Se expresa habitualmente en %.

Regulador de carga: Dispositivo encargado de proteger a la batería frente a sobrecargas y sobredescargas. El regulador podrá no incluir alguna de estas funciones si existe otro componente del sistema encargado de realizarlas.

Inversor: Convertidor de corriente continua en corriente alterna.

Biomasa: Es el conjunto de la materia orgánica, de origen vegetal o animal y los materiales que proceden de su transformación natural o artificial. Incluye específicamente los residuos procedentes de las actividades agrícolas, ganaderas y forestales, así como los subproductos de las industrias agroalimentarias y de transformación de la madera.

## 4. DISEÑO.

### 4.1 Orientación, inclinación y sombras

- Las pérdidas de radiación causadas por una orientación e inclinación del generador distintas a las óptimas, y por sombreado, en el período de diseño, no serán superiores al 20%.

### 4.2 Dimensionado del sistema

- Se realizará una estimación del consumo de energía.
- Se obtendrá el rendimiento energético de la instalación y el generador mínimo necesario para cubrir las necesidades de la comunidad aislada.
- El instalador podrá elegir en algún cambio en la instalación siempre y cuando no modifique el presupuesto y no modifique los objetivos de la misma.
- De manera general, la autonomía que se debe instalar en el sistemas con acumulador será de dos días.
- Se valorará positivamente el aprovechamiento energético del recurso solar, de manera general.

## 5. Recepción y pruebas

- El instalador deberá proporcionar a los usuarios un documento en el que conste los manuales de uso y mantenimiento de la instalación. Si es posible, de deberá proporcionar el suministro de componentes y materiales. Ambos documentos se firmarán por duplicado por ambas partes, conservando cada una copia.
- Se deberán realizar dos pruebas por el instalador:
  - Funcionamiento y puesta en marcha de todo el sistema.
  - Prueba de las protecciones y de las medidas de seguridad del sistema.
- Finalizadas las pruebas anteriores, se pasará a la fase de la Recepción Provisional de la Instalación.
- En el siguiente período el suministrador será el único responsable de las operaciones del sistema. A pesar de ello, el suministrador también es responsable de dar toda la información requerida del sistema al usuario.
- Todos los elementos de la instalación y la instalación en global estarán protegidos frente a defectos de fabricación, instalación. La garantía de todos los componentes es de tres años, salvo para los módulos fotovoltaicos y el gasificador para los cuales la garantía es de ocho años.

## 6. Requerimientos técnicos del contrato de mantenimiento

- El mantenimiento preventivo implicará, habitualmente una revisión anual por alguno de los usuarios especializados.
- El mantenimiento se realizará obligatoriamente a todos los elementos de la instalación aconsejados por los fabricantes. Siendo que no todos ellos están obligados a hacerlo con la misma frecuencia, se intentará hacer la revisión periódica de todos los elementos ajustándose a la frecuencia de revisión más corta.
- Se definen dos tipos de actuaciones para cubrir todas las operaciones requeridas durante la vida útil de la instalación. Para asegurar el funcionamiento, aumentar la producción y prolongar la duración de la misma se aplicarán dos tipos de mantenimiento diferente:
  - Mantenimiento preventivo: operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otras, que aplicadas a la instalación deben permitir mantener, dentro de límites aceptables, las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la instalación.
  - Mantenimiento correctivo: todas las operaciones de sustitución necesarias para asegurar que el sistema funciona correctamente durante su vida útil.
- Una vez al año se realizarán las siguientes actividades:
  - Verificación del funcionamiento de todos los componentes y equipos.
  - Revisión del cableado, conexiones, pletinas, terminales, etc.

- Comprobación del estado de los módulos: situación respecto al proyecto original, limpieza y presencia de daños que afecten a la seguridad y protecciones.
  - Estructura soporte: revisión de daños en la estructura, deterioro por agentes ambientales, oxidación, etc.
  - Baterías: nivel del electrolito, limpieza y engrasado de terminales, etc.
  - Regulador de carga: caídas de tensión entre terminales, funcionamiento de indicadores, etc.
  - Inversores: estado de indicadores y alarmas.
  - Caídas de tensión en el cableado de continua.
  - Verificación de los elementos de seguridad y protecciones: tomas de tierra, actuación de interruptores de seguridad, fusibles, etc.
- Las operaciones de mantenimiento realizadas se registrarán en un libro de mantenimiento.

## ANEXO I: TABLAS

COEF						
n=2	1,00	0,50				
n=3	1,00	0,67	0,33			
n=4	1,00	0,75	0,50	0,25		
n=5	1,00	0,80	0,60	0,40	0,20	
n=6	1,00	0,83	0,67	0,50	0,33	0,17

B-6	B-1	1-2	2-6			Lreal	Lmod
	58	58	44			160	111,33

B-14	B-19	19-18	18-14				
	42	17	55			114	71,66

B-15	B-76	76-17	17-15				
	20	25	79			124	63

B-16	B-21	21-23	23-24	24-16			
	21	21	22	56		120	61,75

B-25	B-22	22-85	85-26	26-25			
	45	24	36	25		130	87,25

C-28	C-82	82-27	27-33	33-29	29-20	20-28	Lreal	Lmod
	26	17	28	71	42	37	221	100,6

C30	C-86	86-34	34-32	32-31	31-30		
	40	22	20	19	11		112

C37	C-36	36-35	35-37				
	27	20	50				97

C-12	C-80	80-11	11 10	10 79	79-12		
	17	11	21	15	21		85

D38	D-39	39-84	84-83	83-40	40-38		
	87	16	14,00	12,00	26,00		155,00

D-41	D-46	46-44	44-43	43-41			
	70	24	20	21			135,00

Central híbrida de producción de energía eléctrica mediante recurso solar-biomasa y red de distribución para la comunidad aislada de Torrecillas de Nacaome en Honduras.

D-49	D-47	47-48	48-49						
	35	15	36					86,00	57
D-50	D-45	45-42	45-50						
	17	17	46					80,00	48,5
D-3	D-5	5 13	13-77	77-3					
	86	20	36	37				179,00	123,67
D7	D-9	9 81	81-4	4-7	8-7				
	12	12	20	22	7			73,00	43,8
D-60	D-59	59-60						Lreal	Lmod
	33	35						68	50,5
D-51	D-55	55-54	54-53	53-52	52-51				
	42	14	33	10	32			131	83,4
D-58	D-56	56-57	57-58						
	20	26	26					72	46
D-62	D-63	63-78	78-64	64-62					
	59	18	18	18				113	86
D-66	D-61	61-65	65-66						
	38	93	203					334	167,67

Tabla 1: Valores longitudes ponderadas.

## ANEXO II: FICHAS TÉCNICAS

# Transformadores trifásicos

## Transformador de aislamiento

**sevein**  
Industria Eléctrica

**SERIE TRT**

Entrada 400V

Salida 230V y Neutro

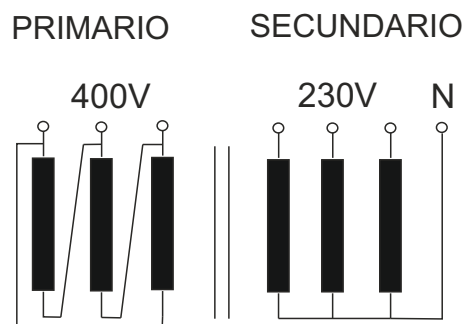


Destinado para cambio de tensión, para alimentar circuitos donde se requiere separación.

<b>Bobinados</b>	clase térmica HC 200°C	<b>Protección</b>	IP-23 (Caja Metálica)
<b>Conexión</b>	dyn11	<b>Tensión de prueba</b>	5 KV entre bobinados 3 KV entre bobinados y masa
<b>Aislantes</b>	clase térmica F 155°C y H 180°C	<b>Temperatura ambiente</b>	Ta = 40°C
<b>Frecuencia</b>	50/60 Hz	<b>Refrigeración</b>	ANAN (Aire Natural)
<b>Certificado</b>	UNE-EN 61558, UNE-EN 60076	<b>Intensidades Nominales</b>	400V (16,6A) - 230V (50,2A)



IP-23



Modelo	Potencia KVA	Dimensiones en mm						Peso (kg)
		A	B	C	D	E	Ø	
TRT	15	570	340	580	320	400	8	130



# Transformadores trifásicos

## Transformador de aislamiento

**sevein**  
Industria Eléctrica

**SERIE TRT**

Entrada 400V

Salida 230V y Neutro

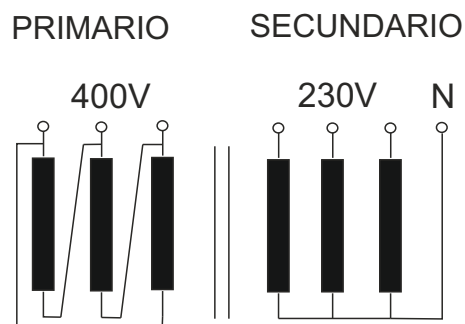


Destinado para cambio de tensión, para alimentar circuitos donde se requiere separación.

<b>Bobinados</b>	clase térmica HC 200°C	<b>Protección</b>	IP-23 (Caja Metálica)
<b>Conexión</b>	dyn11	<b>Tensión de prueba</b>	5 KV entre bobinados 3 KV entre bobinados y masa
<b>Aislantes</b>	clase térmica F 155°C y H 180°C	<b>Temperatura ambiente</b>	Ta = 40°C
<b>Frecuencia</b>	50/60 Hz	<b>Refrigeración</b>	ANAN (Aire Natural)
<b>Certificado</b>	UNE-EN 61558, UNE-EN 60076	<b>Intensidades Nominales</b>	400V (16,6A) - 230V (50,2A)



IP-23



Modelo	Potencia KVA	Dimensiones en mm						Peso (kg)
		A	B	C	D	E	Ø	
TRT	10	510	320	480	300	350	8	110



### POWER PALLET - PP30

**RENEWABLE  
ON-DEMAND  
POWER**



The new **Power Pallet** PP30 25 kW genset is a renewable power solution that is a sensible answer to a critical need for distributed low-carbon energy. With standard grid-paralleling functionality, Combined Heat & Power, engine enclosure, and emissions control, the new PP30 meets the needs of modern, demanding power standards.

APL's unique patented multi-stage gasification architecture, in combination with our innovative gasifier-engine thermal integration, electronic control system and waste-heat recycling, gives the Power Pallet unprecedented biomass fuel flexibility and efficiency.

The Power Pallet uses agricultural and forestry waste materials that can be readily sourced very near the point of generation. It is compact and portable, easily transported to where the fuel is and where the power is needed. Unlike diesel fuel or gasoline, this fuel is often available at little or no cost, and most importantly, depending on feedstock selection and use details, the Power Pallet is capable of carbon-negative operation.

#### FUEL COST COMPARISON (VARIES by REGION)

Diesel/LPG	\$0.25 - \$0.75/kWh
Gasoline	\$0.25 - \$0.75/kWh
Gasified Biomass	<b>\$0.00 - \$0.06/kWh</b>

#### PERFORMANCE

Electrical Power: Continuous:	25 kW@60 Hz / 22 kW@50 Hz
On-grid with CHP:	27 kW@60 Hz / 24 kW@50 Hz
Sound Level @ 7 meters:	75 dB(A)
Biomass Consumption:	1.0 kg/kWh (dry basis)
Run Time per Hopper Fill:	5 kW: 12 hrs
Approximate @	10 kW: 6 hrs
250 kg/m <sup>3</sup> Fuel Density	15 kW: 4 hrs
Max. Continuous Operation:	>16 hours
Start Up Time:	10-15 minutes

#### COMBINED HEAT & POWER (CHP)

Electrical Efficiency:	~23% (woody biomass, LHV) ~28% (syngas)
Electrical+Thermal Efficiency:	>65% (biomass)
Gasifier HX+Engine Cooling+Exhaust HX:	>80% (syngas) (3 stage)
CHP Heat Output:	3 stage: 2.0 kWth per 1 kWe 2 stage: 1.5 kWth per 1 kWe
Engine Coolant: Working Fluid:	Up to 50% PEG
Temperature Range:	75-95°C (165-205°F)
Customer-side CHP: Loop Temp.	75-90°C (165-195°F)
Minimum Flow Rate @ 50 kWth:	2.2 m <sup>3</sup> /hr (9.5 GPM)
Minimum Heat Delivery:	0 kWth (native radiator backup)
Plumbing Connection:	1.5 inch sanitary fitting

#### GRID TIE / PARALLELING

Controller:	DeepSea DSE8610 MKII
-------------	----------------------

#### OPERATING CONDITIONS

Ambient Temperature:	5-40°C/40-100°F
Ambient Relative Humidity:	5-95%
Installed Footprint:	1.78 x 1.42 x 2.24 meters 75 x 56 x 88 inches
Site Requirements: Outdoor:	1.75 m Overhead Clearance Well-ventilated, Level Pad, Covered from Rain and Direct Sun
Enclosed or Poorly Ventilated:	Forced Convection Hood Over Flare

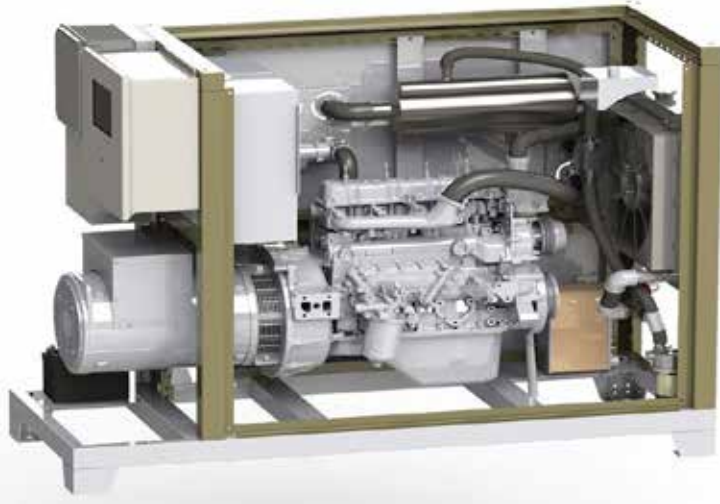
#### SHIPPING

Dimensions:	Main Crate: 185 x 145 x 140 cm / 73 x 57 x 55 in. Hopper Crate: 83 x 83 x 114 cm / 33 x 33 x 45 in.
Weight:	Main Crate: 1130 kg / 2500 lbs. Hopper Crate: 91 kg / 200 lbs.

#### GAS FILTRATION

Dry Filtration System:	Cyclone+Bag House Gang Clean-in-place Shaker System Prevents Tar and H <sub>2</sub> O Condensation
HX Temp Control:	
Gas Cooling Pre-filtration:	Engine Coolant HX Controls to 80-100°C HX In-situ Cleanable

All specifications are subject to change without notice



## ALL Power Labs

APL is the global leader in small-scale gasification technology. We make biomass-fueled power generators that are ready for everyday work, to serve real-world, distributed-energy needs. Our compact gasifiers are now at work in over thirty countries, and support research at more than fifty universities around the world.

Our APL team is an unusual combination of hands-on fabricators and university-trained scientists and engineers. The result is a powerful combination of technical ability and physical know-how for developing innovative energy solutions.

We are deeply committed to supporting and developing biomass energy conversion by curating and disseminating comprehensive information and data on gasification science and technology—online, in workshops, and free open house events.

Our facility is in Berkeley, CA. Please contact us to arrange a visit the next time you are in the Bay Area. We would love to show you around.



## WARRANTY

ALL Power Labs products are covered by a 100% money back guarantee. If you buy something & find yourself unimpressed with the value of the product or company, we'll refund all your money (minus shipping costs) within 30 days of delivery. APL directly warrants all parts we manufacture (i.e. gasifiers, electronics, & related components) for two years or 4000 hours, & passes along the OEM warranty for parts we source & configure into our end products (e.g. engines & genheads). See <http://allpowerlabs.com/products/warranty> for full details.

## GAS-MAKING SYSTEM

Gasifier Type:	APL v5.x Patented Multistage Heat Recycling Downdraft
Materials:	304/310/321 SS / Mild Steel
Hearth:	Coated Ceramic
Char-Ash Removal:	Automated Auger to 16 hour batch vessel
Fuel Feed:	Automated: Hopper to Reactor
Hopper Capacity:	333 liters (88 gallons)
Hopper Filling: Batch:	Manual while operating
Automatic:	Continuous Feed Gate (optional)
Control System:	On-Board Automation
Flare: Clean Swirl Combustor	Auto Ignitor / Manual Mixture

## ENGINE

Type:	Ashok Leyland: Hino-Toyota Design
Displacement:	4.0 liter
Cylinder Configuration:	Inline 4 cylinder
Compression Ratio:	12:1
RPM:	1500 @50 Hz, 1800@60 Hz
Valve Configuration:	Overhead, Pushrod
Engine Block:	Cast Iron: Industrial Diesel Based Cylinders Lined for In-frame Rebuild
Pistons:	Aluminum Alloy: Center Dished Ring-trench Inserts Prevent Sticking
Cylinder Head: Circumferal Squish Combustion	Cast Iron Crossflow w/ Hardened Exhaust Inserts
Ignition:	Electronic: ECU Controlled
Lube Oil Capacity:	8 liters (8.5 quarts)
Coolant Capacity:	15 liters (16 quarts)
Auto Shutdown:	Low Oil Pressure High Coolant Temperature
System voltage:	12 VDC
Charging System: AC Genhead	Switch-mode Charger
System Voltage:	12 VDC
Recommended Battery:	Grp 24 Marine: 75Ah, 880 CCA
Auxilliary Components: ECU Controlled 12 VDC	Cooling Fans Water Pump
Auxillary Parasitic Load	850 Watt, 300 Watt w/o Radiator
Speed Control: Elect. Gov.	Woodward L-Series
Automated Mixture Control	Bosch Wide-Band O <sub>2</sub> Sensor

## GENERATOR

Type:	Marathon 284CSL1542, 12 wire
AVR:	DSE A106 MK II
Available Voltages:	120-277, 240-480 VAC
Available 3 $\phi$ Topologies:	Series or Parallel, Delta or Star
Total Harmonic Distortion:	<5%
Efficiency:	92%
Motor Surge Starting Cap:	>300%
Maximum Step-load	50% of Rated Power

All specifications are subject to change without notice

# Tiger Mono-facial 455-475 Watt

Tiling Ribbon (TR) Technology

Positive power tolerance of 0~+3%

ISO9001:2015, ISO14001:2015, ISO45001:2018 certified factory

IEC61215, IEC61730 certified product



## KEY FEATURES



### TR technology + Half Cell

TR technology with Half cell aims to eliminate the cell gap to increase module efficiency (mono-facial up to 21.16%)



### 9BB instead of 5BB

9BB technology decreases the distance between bus bars and finger grid line which is benefit to power increase.



### Higher lifetime Power Yield

2% first year degradation,  
0.55% linear degradation



### Best Warranty

12 year product warranty,  
25 year linear power warranty



### Avoid debris, cracks and broken gate risk effectively

9BB technology using circular ribbon that could avoid debris, cracks and broken gate risk effectively



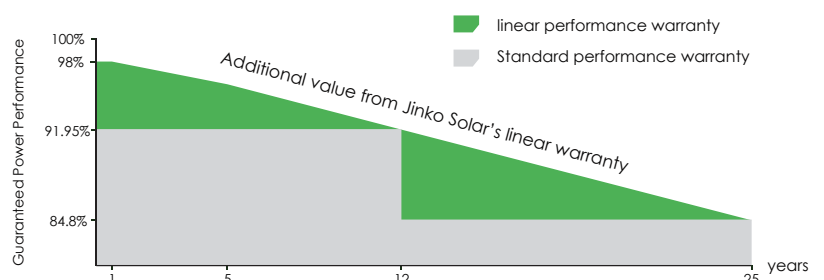
### Severe Weather Resilience

Certified to withstand: wind load (2400 Pascal) and snow load (5400 Pascal).

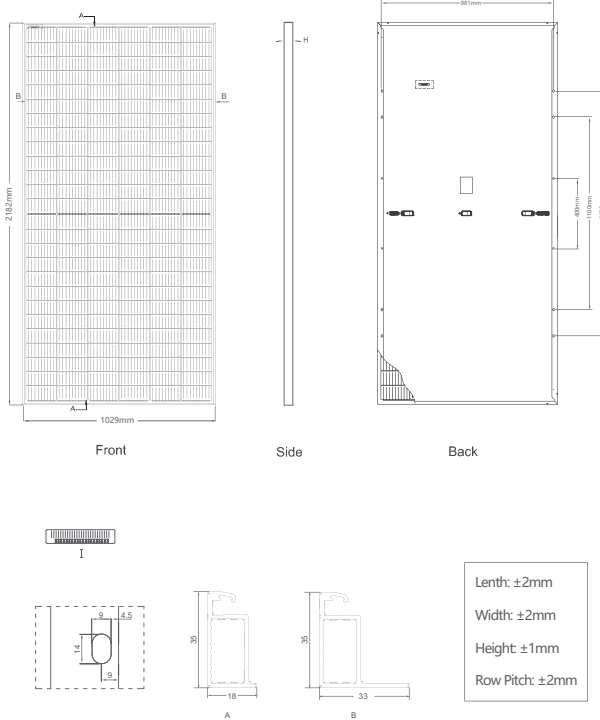


## LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

12 Year Product Warranty • 25 Year Linear Power Warranty  
0.55% Annual Degradation Over 25 years



## Engineering Drawings

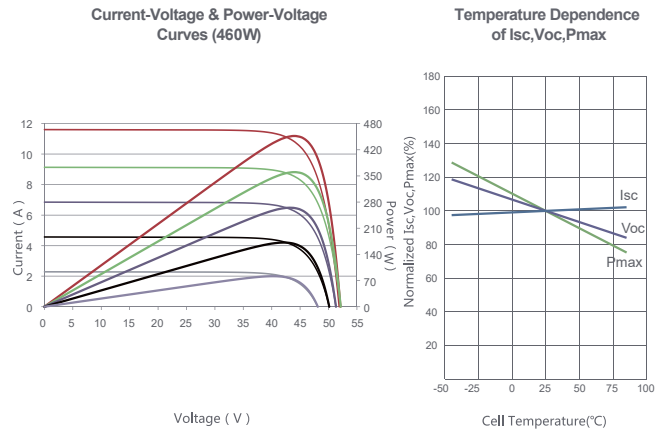


## Packaging Configuration

( Two pallets = One stack )

31pcs/pallets, 62pcs/stack, 620pcs/ 40'HQ Container

## Electrical Performance & Temperature Dependence



## Mechanical Characteristics

Cell Type	P type Mono-crystalline
No. of cells	156 (2×78)
Dimensions	2182×1029×35mm (85.91×40.51×1.38 inch)
Weight	25.0 kg (55.12 lbs)
Front Glass	3.2mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP67 Rated
Output Cables	TUV 1×4.0mm <sup>2</sup> (+): 290mm, (-): 145 mm or Customized Length

## SPECIFICATIONS

Module Type	JKM455M-7RL3		JKM460M-7RL3		JKM465M-7RL3		JKM470M-7RL3		JKM475M-7RL3	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	455Wp	339Wp	460Wp	342Wp	465Wp	346Wp	470Wp	350Wp	475Wp	353Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	42.97V	39.32V	43.08V	39.43V	43.18V	39.58V	43.28V	39.69V	43.38V	39.75V
Maximum Power Current (Imp)	10.59A	8.61A	10.68A	8.68A	10.77A	8.74A	10.86A	8.81A	10.95A	8.89A
Open-circuit Voltage (Voc)	51.60V	48.70V	51.70V	48.80V	51.92V	49.01V	52.14V	49.21V	52.24V	49.31V
Short-circuit Current (Isc)	11.41A	9.22A	11.50A	9.29A	11.59A	9.36A	11.68A	9.43A	11.77A	9.51A
Module Efficiency STC (%)	20.26%		20.49%		20.71%		20.93%		21.16%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1000/1500VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	20A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.35%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.28%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.048%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									

\* STC: Irradiance 1000W/m<sup>2</sup> Cell Temperature 25°C

AM=1.5

NOCT: Irradiance 800W/m<sup>2</sup> Ambient Temperature 20°C

AM=1.5

Wind Speed 1m/s

\* Power measurement tolerance: ± 3%

# SUNNY TRIPOWER CORE1

## STP 50-40



STP 50-40



World's first free standing inverter

Up to 60 % faster installation for commercial PV systems



### Cost-Effective

- Floor-mounted device easy to install
- No DC fuses required
- Integrated DC disconnect

### Highly Integrated

- Integrated Wi-Fi access with any mobile device
- 12 direct string inputs reduce labor and material costs
- AC/DC overvoltage protection (optional)

### Fastest Installation

- Fast grid connection due to easy inverter configuration and commissioning
- Completely accessible connection areas

### Maximum Yields

- Up to 150% DC:AC ratio
- Yield increase without installation effort due to integrated shade management SMA ShadeFix

## SUNNY TRIPOWER CORE1

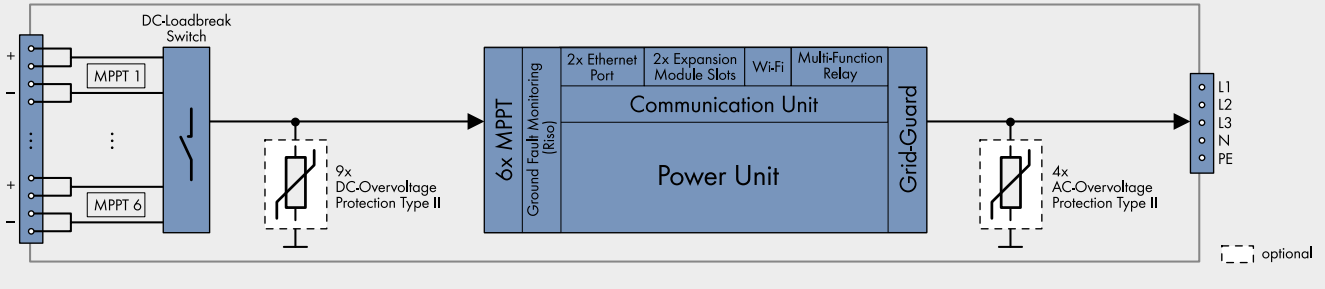
Stands on its own

The Sunny Tripower CORE1 is the world's first free-standing string inverter for decentralized rooftop and ground-based PV systems as well as covered parking spaces. The CORE1 is the third generation in the successful Sunny Tripower product family and is revolutionizing the world of commercial inverters with its innovative design. SMA engineers developed an inverter that combines a unique design with an innovative installation method to significantly reduce installation time and provide all target groups with a maximum return on investment.

From delivery and installation to operation, the Sunny Tripower CORE1 generates widespread savings in logistics, labor, materials and services. Commercial PV installations are now quicker and easier to complete than ever before.

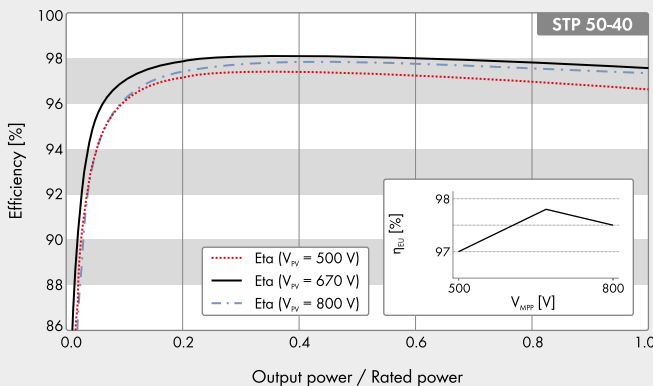
## BLOCK DIAGRAM

STP 50-40








Technical Data	Sunny Tripower CORE1	Technical Data	Sunny Tripower CORE1
<b>Input (DC)</b>		<b>Efficiency</b>	
Max. generator power	75000 Wp STC	Max. efficiency / European efficiency	98.1% / 97.8%
Max. input voltage	1000 V	<b>General data</b>	
MPP voltage range / rated input voltage	500 V to 800 V / 670 V	Dimensions (W/H/D) without feet or DC load break switch	569 mm / 733 mm / 621 mm (22.4 in / 28.8 in / 24.4 in)
Min. input voltage / start input voltage	150 V / 188 V	Weight	84 kg (185 lb)
Max. operating input current / per MPPT	120 A / 20 A	Operating temperature range	-25°C to +60°C (-13°F to +140°F)
Max. short circuit current per MPPT / per string input	30A / 30A	Noise emission (typical)	< 65 dB(A)
Number of independent MPPT inputs / strings per MPP input	6 / 2	Self-consumption (at night)	4.8 W
<b>Output (AC)</b>		Topology / Cooling concept	Transformerless / OptiCool
Rated power (at 230 V, 50 Hz)	50000 W	Degree of protection (as per IEC 60529)	IP65
Max. apparent AC power	50000 VA	Climatic category (according to IEC 60721-3-4)	4K4H
AC nominal voltage	220 V / 380 V 230 V / 400 V 240 V / 415 V	Max. permissible value for relative humidity (non-condensing)	100%
AC voltage range	202 V to 305 V	<b>Features / functions / accessories</b>	
AC grid frequency / range	50 Hz / 44 Hz to 55 Hz 60 Hz / 54 Hz to 65 Hz	DC connection / AC connection	SUNCLIX / screw terminal
Rated power frequency / rated grid voltage	50 Hz / 230 V	Mounting feet	●
Max. output current / Rated output current	72.5 A / 72.5 A	LED indicators (status / fault / communication)	●
Output phases / AC connection	3 / 3-(N)-PE	LC display	○
Power factor at rated power / Adjustable displacement power factor	1 / 0.0 leading to 0.0 lagging	Interface: Ethernet / WLAN / RS485	● (2 ports) / ● / ○
THD	< 3%	Data interface: SMA Modbus / SunSpec Modbus / Speedwire, Webconnect	● / ● / ●
<b>Protective devices</b>		Multi-Function relay / Expansion Module Slots	● / ● (2 ports)
Input-side disconnection device	●	Shade management SMA ShadeFix / Integrated Plant Control / Q on Demand 24/7	● / ● / ●
Ground fault monitoring / grid monitoring	● / ●	Off-grid capable / SMA Fuel Save Controller compatible	● / ●
DC reverse polarity protection / AC short-circuit current capability / galvanically isolated	● / ● / -	Guarantee: 5/10/15/20 years	● / ○ / ○ / ○
All-pole sensitive residual-current monitoring unit	●	Certificates and permits (more available on request)	ANRE 30, AS 4777, BDEW 2008, C10/11:2012, CE, CEI 0-16, CEI 0-21, EN 50438:2013*, G59/3, IEC 60068-2-x, IEC 61727, IEC 62109-1/2, IEC 62116, MEA 2016, NBR 16149, NEN EN 50438, NRS 097-2-1, PEA 2016, PPC, RD 1699/413, RD 661/2007, Res. n°7:2013, SI4777, TOR D4, TR 3.2.2, UTE C15-712-1, VDE 0126-1-1, VDE-ARN 4105, VFR 2014, P.O.12.3, NTCO-NTCvS, GC 8.9H, PR20, DEWA
Protection class (according to IEC 62109-1) / overvoltage category (according to IEC 62109-1)	I / AC: III; DC: II	* Does not apply to all national appendices of EN 50438	
AC/DC surge arrester (type 2, type 1/2)	○	● Standard features ○ Optional - Not available	
		Data at nominal conditions - status: 02/2020	
		Type designation	STP 50-40

## Efficiency Curve



## Assessories

- 
SMA Sensor Module MD.SEN-40
- 
SMA IO-Module MD.IO-40
- 
SMA RS485 Module MD.485-40
- 
Universal Mounting System UMS\_KIT-10
- 
AC Surge Protection Module Kit type 2, type 1/2  
AC\_SPD\_Kit1-10, AC\_SPD\_KIT2\_T1T2  
DC Surge Protection Module Kit type 2, type 1/2  
DC\_SPD\_Kit4-10, DC\_SPD\_KIT5\_T1T2

# MULTICLUSTER-BOXES FOR SUNNY ISLAND

MC-BOX-6.3-11 / MC-BOX-12.3-20 / MC-BOX-36.3-11



Similar to figure

## Flexible

- Capacities from 20 kW to 300 kW
- For stand-alone grids
- MC-Box 12.3-20 also grid-connected for optimum self-consumption and battery backup

## Simple

- Integrated AC distribution for Sunny Island, generator, PV
- Integrated load-shedding contactor

## Safe

- Automatic bypass for the generator
- Active anti-islanding
- Reverse current monitoring

## Robust

- High protection classes
- 5-year SMA warranty

## Multiclustert-Boxes for SUNNY ISLAND

Easy creation of powerful on- and off-grid applications

With the SMA Multiclustert-Boxes for the Sunny Island battery inverter, both off-grid systems and grid-connected PV systems can be configured easily and cost-efficiently. In rural regions without grid access, high-performance off-grid and hybrid systems with 2 to 12 three-phase clusters, each consisting of 3 Sunny Island inverters with up to 360 kW of connectable PV power, can be implemented.

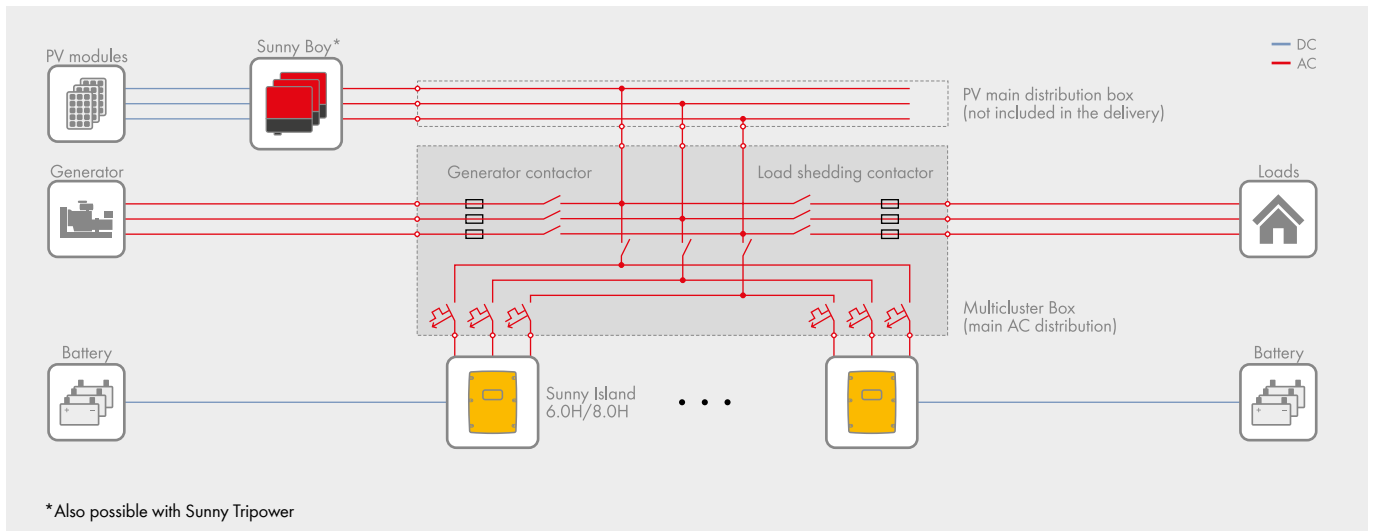
For systems connected to the utility grid, self-consumption and battery backup applications with up to 138 kilowatt-peaks can be achieved. To simplify installation, all Multiclustert-Boxes are completely wired at the factory and have a main connector for generators, the load distribution and PV or wind turbine systems.

The Multiclustert-Boxes are ideal for use in businesses and to supply electricity to rural regions – with or without grid access.



# Multicluster-Boxes for SUNNY ISLAND

Technical Data	Multicluster-Box 6	Multicluster-Box 12
<b>Load connection</b>		
Rated voltage	230 V (L, N), 400 V (L1, L2)	230 V (L, N), 400 V (L1, L2)
AC voltage range	172.5 V to 250 V 300 V to 433 V	172.5 V to 265 V 300 V to 433 V
Rated frequency / frequency range	50 Hz / 40 Hz to 70 Hz	50 Hz, 60 Hz / 45 Hz to 65 Hz
Quantity	1 (three-phase)	1 (three-phase)
Rated power	55 kW	138 kW
AC current at rated values	3 x 80 A (AC1)	3 x 200 A (AC1)
Fuses	LV/HRC size 00	LV/HRC size 1
<b>Sunny Island connections</b>		
Maximum number of devices	6	12
AC rated power / AC current at rated values	36 kW / 3 x 52 A	72 kW / 12 x 26 A
AC power at 45 °C / AC current at 45 °C	32 kW / 3 x 46 A	65 kW / 3 x 94 A
AC power (25 °C, 30 min)	48 kW	96 kW
AC power (25 °C, 5 min)	55 kW	110 kW
Fuses	6 x circuit breaker C40 A	12 x circuit breaker C40A
<b>Generator connection</b>		
Quantity	1 (three-phase)	1 (three-phase)
Rated grid input power	55 kW	138 kW
AC input current	3 x 80 A	3 x 200 A
Fuses	LV/HRC size 00	LV/HRC size 1
<b>PV system connection</b>		
Quantity	1 (three-phase)	1 (three-phase)
PV rated power	55 kW	138 kW
AC current at rated values	3 x 80 A	3 x 200 A
Fuses	–	–
<b>General data</b>		
Number of phases	Three-phase	Three-phase
Permitted grid configuration	TN-S	TN-S, TN-C-S and TT
Dimensions (W / H / D)	760 / 760 / 210 mm	1200 / 1600 / 435 mm
Mounting type	Suspended	Base mounted
Weight	55 kg	200 kg
Ambient temperature	-25 °C to +50 °C	-25 °C to +60 °C
Degree of protection (as per IEC 60529)	IP65	IP55
Maximum permissible value for relative humidity (non-condensing)	0% to 100%	0% to 100%
Warranty (5 years)	●	●
Data cables	●	●
Certificates	CE	CE
Connection to the utility grid (optimized self-consumption and battery-backup function) NA-BOX / GRID-BOX required	–	●
● Standard feature ○ Optional feature – Not available		
Type designation	MC-Box-6.3-11	MC-Box-12.3-20



Technical Data	Multicuster-Box 36	
<b>Load connection</b>		
Rated voltage	230 V (L, N), 400 V (L1, L2)	
AC voltage range	172.5 V to 250 V 300 V to 433 V	
Rated frequency / frequency range	50 Hz / 40 Hz to 70 Hz	
Quantity	1 (three-phase)	
Rated power	300 kW	
AC current at rated values	3 x 435 A (AC1)	
Fuses	LV/HRC size 3	
<b>Sunny Island connections</b>		
Maximum number of devices	36	
AC rated power / AC current at rated values	216 kW / 3 x 313 A	
AC power at 45 °C / AC current at 45 °C	195 kW / 3 x 283 A	
AC power (25 °C, 30 min)	288 kW	
AC power (25 °C, 5 min)	328 kW	
Fuses	36 x circuit breaker C40 A	
<b>Generator connection</b>		
Quantity	1 (three-phase)	
Rated grid input power	300 kW	
AC input current	3 x 435 A (AC1)	
Fuses	LV/HRC size 3	
<b>PV system connection</b>		
Quantity	1 (three-phase)	
PV rated power	360 kW	
AC current at rated values	3 x 522 A (AC1)	
Fuses	–	
<b>General data</b>		
Number of phases	Three-phase	
Permitted grid configuration	TN-S	
Dimensions (W / H / D)	1200 / 2000 / 800 mm	
Mounting type	Base mounted	
Weight	400 kg	
Ambient temperature	-25 °C to +60 °C	
Degree of protection (as per IEC 60529)	IP54	
Maximum permissible value for relative humidity (non-condensing)	0% to 100%	
Warranty (5 years)	●	
Data cables	●	
Certificates	CE	
Connection to the utility grid (optimized self-consumption and battery-backup function) NA-BOX / GRID-BOX required	–	
● Standard feature ○ Optional feature – Not available		
Type designation	MC-Box-36.3-11	

# SUNNY DESIGN

System design made easy



[< Ver todo Acti 9 IC60](#)



Deslice el cursor por la imagen para acercarla  
[Ver todas las fotos y videos](#)

A9F79463



### Magnetotérmico, Acti9 iC60N, 4P, 63 A, C curva, 6000 A (IEC 60898-1), 10 kA (IEC 60947-2)

[Mostrar más características >](#)

[Selector de productos >](#)

[In] Corriente nominal:

- 6 A 10 A 13 A 16 A 20 A 25 A 32 A  
40 A 50 A 63 A

código de curva:

- B C D

[< Ver todo Acti 9 IC60](#)



Deslice el cursor por la imagen para acercarla  
[Ver todas las fotos y videos](#)

A9F79216



### Magnetotérmico, Acti9 iC60N, 2P, 16 A, C curva, 6000 A (IEC 60898-1), 10 kA (IEC 60947-2)

[Mostrar más características >](#)

[Selector de productos >](#)

[In] Corriente nominal:

- 6 A 10 A 13 A 16 A 20 A 25 A 32 A  
40 A 50 A 63 A 16 A

código de curva:

- B C D



Deslice el cursor por la imagen para acercarla  
[Ver todas las fotos y videos](#)

A9R61240



### IID 2P 40A 30mA A-SI

[Mostrar más características >](#)

[Selector de productos >](#)



# SUNNY ISLAND 4.4M/6.0H/8.0H – PARA APLICACIONES CONECTADAS A LA RED Y PARA SISTEMAS AISLADOS



SI4.4M-13/SI6.0H-13/SI8.0H-13



## Comunicativo

- Sunny Portal powered by ennexOS
- Comunicación mediante ethernet y WLAN
- Webconnect
- Registro de datos optimizado

## Fiable

- 10 años de garantía
- Una gran capacidad de sobrecarga
- IP54 para un funcionamiento fiable en condiciones extremas

## Flexible

- Para sistemas de autoconsumo, sistemas eléctricos de repuesto y sistemas aislados
- Integrable y ampliable de forma modular en sistemas monofásicos y trifásicos

- Compatible con todas las baterías de plomo y más de 20 baterías de iones de litio diferentes

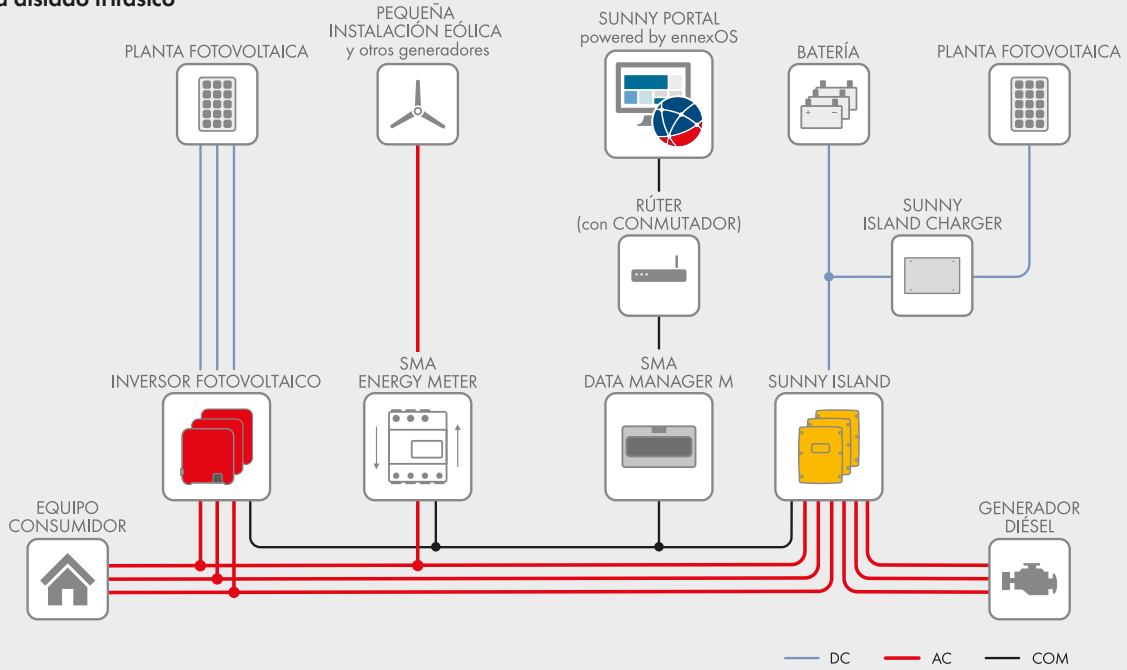
## SUNNY ISLAND 4.4M/6.0H/8.0H

La solución más fiable para todas las necesidades: más sencillo que nunca

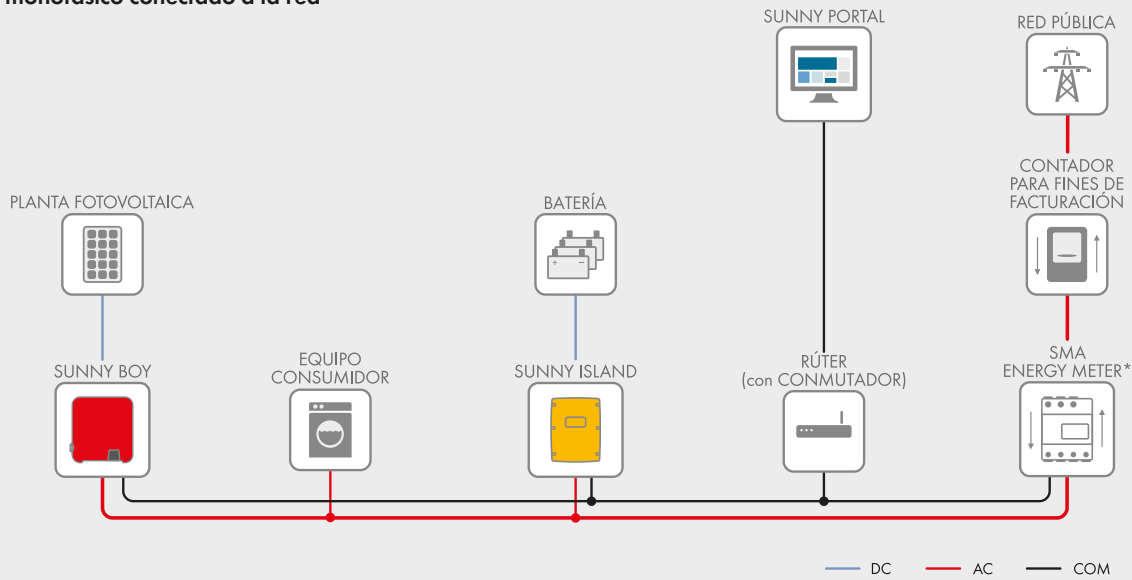
En regiones alejadas de la red o en la red pública en propiedades privadas: el inversor de batería Sunny Island es la mejor solución tanto en instalaciones conectadas a la red como aisladas. Los usuarios se benefician de la experiencia de los más de 120.000 Sunny Island instalados en todo el mundo. Gracias a la interfaz web integrada y a las interfaces estándar WLAN y ethernet, el Sunny Island 4.4M/6.0H/8.0H puede configurarse y monitorizarse fácilmente a través del teléfono inteligente o de la tableta. Como elemento clave del SMA Flexible Storage System, el Sunny Island almacena temporalmente la corriente autogenerada y permite utilizar la corriente fotovoltaica en cualquier momento del día.

Su alta clase de protección, su amplia gama de temperaturas y su excepcional capacidad de sobrecarga siempre la seguridad necesaria. La gestión inteligente de la carga y de la energía asegura el funcionamiento también en situaciones críticas. El Sunny Island es la solución más fiable y fácil para todas las necesidades e incluye una garantía de 10 años.

### Sistema aislado trifásico

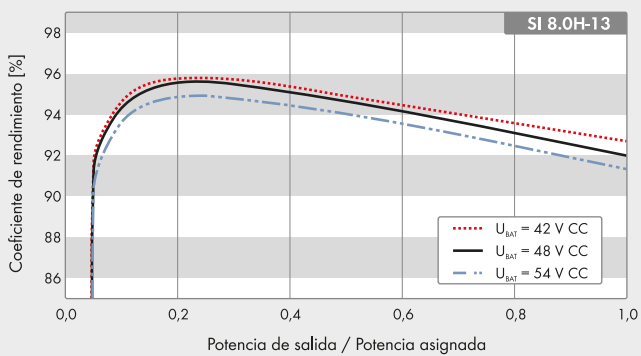


### Sistema monofásico conectado a la red

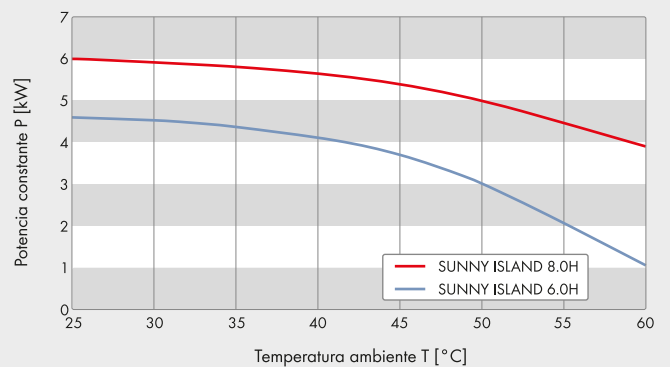


\* Otras funciones relacionadas con SMA Energy Meter powered by ennexOS y Sunny Home Manager 2.0 están disponible.

### Curva de rendimiento



### Curva característica potencia/Temperatura



Datos técnicos	Sunny Island 4.4M	Sunny Island 6.0H	Sunny Island 8.0H
<b>Funcionamiento en la red pública o generador fotovoltaico</b>			
Tensión asignada de red/Rango de tensión CA	230 V/De 172,5 V a 264,5 V		
Frecuencia asignada de red/Rango de frecuencia admisible	50 Hz/40 Hz a 70 Hz		
Corriente alterna máx. para optimizar el autoconsumo (funcionamiento de red)	14,5 A	20 A	26 A
Potencia de CA máx. para optimizar el autoconsumo (funcionamiento de red)	3,3 kVA	4,6 kVA	6 kVA
Corriente máxima de entrada de CA	50 A	50 A	50 A
Potencia máxima de entrada CA	11 500 W	11 500 W	11 500 W
<b>Funcionamiento en red aislada o como sistema de respaldo</b>			
Tensión asignada de red/Rango de tensión CA	230 V/De 202 V a 253 V		
Frecuencia nominal/Rango de frecuencia (ajustable)	50 Hz/45 Hz a 65 Hz		
Potencia asignada (a Unom, fnom/25 °C/cos φ = 1)	3300 W	4600 W	6000 W
Potencia de CA a 25 °C durante 30 min/5 min/3 s	4400 W/4600 W/5500 W	6000 W/6800 W/11000 W	8000 W/9100 W/11000 W
Potencia de CA a 45 °C	3000 W	3700 W	5430 W
Corriente asignada/Corriente de salida máxima (pico)	14,5 A/60 A	20 A/120 A	26 A/120 A
Coefficiente de distorsión de la tensión de salida/factor de potencia con potencia asignada	< 5 %/-1 a +1	< 1,5 %/-1 a +1	< 1,5 %/-1 a +1
<b>Batería de entrada de CC</b>			
Tensión asignada de entrada/Rango de tensión CC	48 V/De 41 V a 63 V	48 V/De 41 V a 63 V	48 V/De 41 V a 63 V
Corriente de carga máx. de la batería/de carga asignada de CC/de descarga asignada de CC	75 A/63 A/75 A	110 A/90 A/103 A	140 A/115 A/130 A
Tipo de batería/Capacidad de la batería (rango)	Iones litio <sup>1)</sup> , FLA, VRLA/ De 100 Ah a 10000 Ah (plomo) De 50 Ah a 10000 Ah (iones litio)		
Regulación de carga	Procedimiento de carga IUoU con carga completa y de compensación automáticas		
<b>Rendimiento/Autoconsumo del equipo</b>			
Rendimiento máximo	95,5 %	95,8 %	95,8 %
Consumo sin carga/En espera	18 W/6,8 W	25,8 W/6,5 W	25,8 W/6,5 W
<b>Dispositivo de protección (equipo)</b>			
Cortocircuito de CA/Sobrecarga de CA	● / ●		
Protección contra polarización inversa de CC/Fusible de CC	- / -		
Sobretensión/Descarga total de la batería	● / ●		
Categoría de sobretensión según IEC 60664-1	III		
<b>Datos generales</b>			
Dimensiones (ancho / alto / fondo)	467 mm/612 mm/242 mm (18,4 inch/21,1 inch/9,5 inch)		
Peso	44 kg (97 lb)	63 kg (138,9 lb)	63 kg (138,9 lb)
Rango de temperaturas de funcionamiento	De -25 °C a +60 °C (de -13 °F a +140 °F)		
Clase de protección según IEC 62103	I		
Clase climática según IEC 60721	3K6		
Tipo de protección según IEC 60529	IP54		
Conforme a RoHS-III	●		
<b>Equipamiento/Función</b>			
WLAN, Speedwire/Webconnect/SI-SYSCAN (multiclúster)	● / ● / -	● / ● / ○	● / ● / ○
Conexión directa en Sunny Portal a través de Webconnect	●		
Sunny Portal powered by ennexOS a través de Energy Meter powered by ennexOS o Data Manager M	●		
Tarjeta de almacenamiento micro SD para un registro de datos ampliado	○		
Visualización a través de teléfono inteligente, tableta o portátil/Relé multifunción	● / 2		
Sistemas trifásicos (con campo giratorio) <sup>2)</sup> / Función de alimentación de repuesto	● / ●		
Cálculo del nivel de carga/Carga completa/Carga de compensación	● / ● / ●		
Sensor de temperatura de la batería/Cables de datos	○ / ●		
Certificados y autorizaciones	www.SMA-Iberica.com		
Color de la cubierta amarillo/aluminio blanco	○ / ○		
Garantía 5 / 10 años	● / ● <sup>3)</sup>		
<b>Para sistemas aislados</b>			
Tiempos de conmutación en el funcionamiento de respaldo (sin caja de distribución o MC-Box) <sup>4)</sup>	-	0 ms (de alta impedancia) / 20ms (de baja impedancia)	
Detección automática de campo giratorio/Asistencia de generador	● / ●		
Conexión en paralelo/Multiclúster	- / -	● / ●	● / ●
Arranque suave integrado	●		
<b>Accesorios</b>			
<b>Para sistemas aislados</b>			
Cajas Multicluster: MC-BOX-6.3 / MC-BOX-12.3 / MC-BOX-36.3	○		
Fusible de batería <sup>5)</sup>	○		
Sunny Island Charger SIC50-MPT <sup>5)</sup> / SI Charger Piggy Back SIC-PB <sup>5)</sup>	○ / ○		
Data Manager M	○		
<b>Para aplicaciones conectadas a la red</b>			
Sunny Home Manager / SMA Energy Meter powered by ennexOS	○ / ○		
Equipo de conmutación para alimentación de respaldo <sup>5)</sup>	○		
● Equipamiento de serie ○ Opcional - No disponible; Todas las especificaciones actualizadas a agosto de 2019			
Modelo comercial	SI4.4M-13	SI6.0H-13	SI8.0H-13



# SUNNY PORTAL powered by ennexOS

Balance energético y análisis del sistema de un vistazo



📦 Acumulador Estacionario BAE 2V 595Ah



**351,94€** SIN IVA  
290,86 €

★★★★★  
1 Opinión

Envío: Entrega gratuita en España!

Entrega: ¡Recíbelo mañana si realizas la compra antes de las 15h! >

Fabricante: BAE | Cod. Artículo: 1741014

Cantidad:

Financiación: [Calcular cuota](#)

**AÑADIR AL CARRITO** **COMPRAR**



**TUBO CANALIZACION CORRUGADO DOBLE CAPA  
160 MM DIÁMETRO**  
Referencia: **121100160**  
Referencia interna: 013003276  
Unidad de Embalaje: MT  
Codigo de barras (EAN): 846029903107

Valoración ★★★★★ Leer las reseñas de los usuarios (0)

Puntos de fidelidad para este producto. Infinity puntos de fidelidad

Tubo canalizacion 160 mm diámetro, corrugado doble capa



Condición **Nuevo producto**



**Top Cable**

# TOXFREE® ZH XZ1 (S) AL

**Cable de aluminio libre de halógenos, para redes de distribución pública.**

NORMAS DE REFERENCIA: UNE-HD 603-5X



## APLICACIÓN

Toxfree® ZH XZ1(S) AL es un cable de aluminio libre de halógenos y no propagador de la llama. Se trata de un cable para instalaciones fijas, en redes de distribución pública de baja tensión. Apto para instalaciones interiores, exteriores y enterrado.

- Uso Industrial.
- Redes de distribución.

## DISEÑO

### Conductor

Aluminio electrolítico, clase 2 según UNE 60228 e IEC 60228.

### Aislamiento

Poliétileno reticulado a(XLPE) tipo DIX-3 según HD 603-1.

### Cubierta

Polioléfin igni fugada, tipo DMO- 1 según HD 603- 1, de color negro, libre de halógenos y con baja emisión de humos y gases corrosivos en caso abrasión. de incendio.

## CARACTERÍSTICAS

### Características eléctricas

Tensión nominal: baja tensión 0,6/ 1kV AC - 15/ 15 (18) kV CC.

### Características térmicas

Temperatura máxima del conductor: 90°C.

Temperatura máxima en cortocircuito: 250°C (máximo 5 s).

Temperatura mínima de servicio: -25°C (estático con protección).

### Características frente al fuego

No propagación de la llama según UNE 60332-1e IEC 60332-1

Libre de halógenos según UNE 60754 e IEC 60754.

Baja emisión de humos según UNE 61034 e IEC 61034.

Transmitancia luminosa > 60%.

Baja emisión de gases corrosivos UNE 60754-2 e IEC 60754-2.

Reacción al fuego CPR: E<sub>ca</sub> según la norma EN 50575.

### Características mecánicas

Radio de curvatura: 5x diámetro exterior.

Resistencia a los impactos: AG2 Medio.

Resistencia a la

### Características medioambientales

Características químicas:

Resistencia a los ataques químicos: aceptable.

Resistencia a los rayos ultravioleta: HD 605.

Presencia de agua:

AD7 Chorros de agua.

### Condiciones de

instalación Al

aire.

Enterrado.

Entubado.

## NORMAS / CUMPLIMIENTO



**Norma de referencia**  
UNE-HD 603-5X.



**ITC y certificaciones**  
ITC: 7/ 11  
AENOR / CE / RoHS.



**CPR (Reglamento de Productos de la Construcción)**  
E<sub>ca</sub>.

