



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

YEEE!!! VAMOS A ENERGIZAR UNA COMUNIDAD  
AISLADA DE HONDURAS

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Eléctrica

AUTOR/A: Ruiz Pilato, Tatiana Isabel

Tutor/a: Hurtado Pérez, Elías José

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023



# YEEE!!! VAMOS A ENERGIZAR UNA COMUNIDAD AISLADA DE HONDURAS

Trabajo de Fin de Grado Ingeniería Eléctrica

Autor: Tatiana Ruiz Pilato

Tutor: Elías Hurtado Pérez

Diseño de una microred híbrida compuesta por recursos solar y de biomasa para una comunidad en Honduras aislada de la red eléctrica.

## RESUMEN EJECUTIVO

Este proyecto se va a ejecutar en la aldea de Torrecilla de Nacaome, ubicada en el sur de Honduras y cercana al océano Pacífico. Es una población que en la actualidad carece de energía eléctrica y, a través de una microrred de generación de energía eléctrica con recursos solar y biomasa, se le va a dotar de energía eléctrica. Por lo que claramente cumple con el ODS 7 ya que se trata de la producción de energía asequible para esta comunidad y no contaminante al tratarse de recurso solar y de biomasa.

El proyecto se desarrolla aplicando las competencias adquiridas durante el grado, especialmente en asignaturas como Energías Renovables, Instalaciones de Energías Renovables, Líneas Eléctricas y Transporte de la Energía Eléctrica, Instalaciones Eléctricas de Baja Tensión y de Máquinas Eléctricas.

Torrecilla es una aldea aislada de la red eléctrica, ya que la línea eléctrica más próxima se detiene justo antes del desvío, a unos 2 km de la población, dejando, por tanto, sin suministro eléctrico a esta comunidad.

El clima en Honduras es tropical, con un primer semestre seco y un segundo semestre de precipitaciones. En torno al año 2015, la Agencia Alemana de Cooperación al Desarrollo instaló en cada vivienda dos depósitos de agua para recolectar el agua de la lluvia durante la temporada, pero el problema del suministro eléctrico sigue sin resolverse.

La ausencia de suministro eléctrico dificulta tareas que en España consideramos sencillas, como lavar la ropa, almacenar y refrigerar alimentos, cocinar y cargar dispositivos electrónicos. La iluminación nocturna se realiza a través de baterías y una pequeña placa solar, y la falta de congelación de alimentos implica que deben consumirse frescos, deshidratados o enlatados.

Motivados por esta situación, se propuso a la Agencia Española de Cooperación Internacional al Desarrollo (AECID) el proyecto de electrificación rural con el objetivo de construir una central eléctrica que combinara recursos solares fotovoltaico y biomasa, un sistema de almacenamiento de la energía con acumuladores eléctricos, además de la red eléctrica que abasteciera a todas las viviendas de la población. Como algunas viviendas están muy alejadas del centro urbano, para ellas se ha propuesto una instalación aislada para cada una de ellas, que cumplirá las mismas condiciones de suministro que para las próximas al centro urbano.

El diseño de la instalación comienza con la obtención de la curva de demanda que tiene en cuenta las necesidades de energía eléctrica de cada uno de los hogares. A continuación, se busca la combinación óptima de la potencia de los recursos energéticos y de la energía acumulada en baterías para lo que se hace uso de la herramienta informática HOMER simulando diferentes escenarios de sistemas híbridos hasta encontrar la solución más eficiente.

Posteriormente, se realiza el cálculo de la red de distribución para abastecer a las diversas viviendas, realizando los cálculos pertinentes de caída de tensión y de sección mínima a efectos térmicos, llegando así al cálculo de las secciones de todos los conductores de la red. En esta parte también se calculan las protecciones de la central y de todas las líneas eléctricas. Estas protecciones cumplen

una doble función, como se ha indicado, la propia protección de equipos, así como la de limitar el uso de la potencia de cada vivienda o de un grupo de ellas.

El resultado final es que la central eléctrica estará compuesta por los siguientes elementos:

Seis inversores bidireccionales Sunny Island de 36 kW en total, encargados de generar la red trifásica, a partir de las baterías y facilitar la sincronización de los equipos de producción eléctrica que se conecten a esa red. Estos equipos pueden cargar baterías cuando hay exceso de energía o suministrarla en caso de necesidad.

Para producción de energía eléctrica se instalarán 89 placas solares con una potencia total de 45 kW y un gasificador con una potencia de 25 kW. Además, se contará con un sistema de almacenamiento conformado por 24 baterías que tienen una capacidad de 141 kWh.

Inversor de red de 50 kW para la transformación de corriente continua generada en los paneles solares en corriente alterna para sincronizarlo con la red creada por los Sunny Island.

La energía generada será transportada a través de una red de distribución que se dividirá en cuatro líneas diferentes, cada una de ellas con su propio transformador para reducir la tensión y distribuir la energía eléctrica mediante líneas secundarias de menor sección hacia las viviendas. Se ha establecido que las baterías mantengan un nivel de carga mínimo del 50% para prolongar su vida útil, para ello el gasificador se deberá de conectar durante 2 horas al día en momentos en los que no haya radiación solar. De esta manera, se garantiza la cobertura de toda la demanda energética.

Para las viviendas aisladas:

Tres paneles solares de 460 W, un inversor de 2,2 kW y un sistema de almacenamiento por baterías por un total de 2,4 kWh. Con los cálculos realizados para las viviendas aisladas, se consigue aproximadamente la misma autonomía que tienen las viviendas unidas a la central generadora.

## EXECUTIVE SUMMARY

This project will be implemented in the village of Torrecilla de Nacaome, located in southern Honduras and near the Pacific Ocean. It is a community that currently lacks electricity, and through a microgrid for electricity generation using solar and biomass resources, it will be provided with electricity. Therefore, it clearly fulfills SDG 7, as it involves affordable and non-polluting energy production for this community using solar and biomass resources.

The project is developed by applying the competencies acquired during the degree, especially in subjects such as Renewable Energies, Renewable Energy Installations, Electric Lines and Power Transmission, Low Voltage Electrical Installations, and Electric Machinery.

Torrecilla is a village isolated from the electric grid, as the nearest power line stops just before the intersection, about 2 km away from the population, leaving this community without electricity supply.

The climate in Honduras is tropical, with a dry first semester and a second semester with rainfall. Around 2015, the German Agency for International Cooperation installed two water tanks in each household to collect rainwater during the season, but the electricity supply problem remains unresolved.

The absence of electricity makes tasks that we consider simple in Spain, such as doing laundry, storing and refrigerating food, cooking, and charging electronic devices, difficult. Nighttime lighting is done through batteries and a small solar panel, and the lack of freezing food means that it must be consumed fresh, dehydrated, or canned.

Motivated by this situation, the Spanish Agency for International Development Cooperation (AECID) proposed the rural electrification project with the aim of building a power plant that combines photovoltaic solar and biomass resources, an energy storage system with electrical accumulators, as well as an electrical grid that supplies all the households in the population. Since some houses are far from the urban center, an isolated installation has been proposed for each of them, which will provide the same supply conditions as those close to the urban center.

The design of the installation begins with obtaining the demand curve, taking into account the electricity needs of each household. Next, the optimal combination of the power of the energy resources and the energy stored in batteries is sought using the HOMER computer tool, simulating different scenarios of hybrid systems until finding the most efficient solution.

Subsequently, the distribution network calculation is performed to supply the various households, carrying out the relevant calculations for voltage drop and minimum section for thermal effects, thus arriving at the calculation of the sections of all the conductors in the network. In this part, the protections for the power plant and all the power lines are also calculated. These protections serve a dual function, as indicated, both for equipment protection and for limiting the power usage of each household or a group of them.

The final result is that the power plant will be composed of the following elements:

Six bidirectional Sunny Island inverters with a total power of 36 kW, responsible for generating the three-phase grid from the batteries and facilitating the synchronization of the electric production equipment connected to that grid. These equipment can charge batteries when there is excess energy or supply it in case of need.

For electricity production, 89 solar panels with a total power of 45 kW and a gasifier with a power of 25 kW will be installed. Additionally, a storage system consisting of 24 batteries with a capacity of 141 kWh will be used.

A 50 kW grid inverter will be used to convert the direct current generated by the solar panels into alternating current to synchronize it with the grid created by the Sunny Island inverters.

The generated energy will be transported through a distribution network that will be divided into four different lines, each with its own transformer to reduce the voltage and distribute the electricity through smaller section secondary lines to the households. It has been established that the batteries maintain a minimum charge level of 50% to prolong their useful life, for which the gasifier must be connected for 2 hours per day during times when there is no solar radiation. This guarantees the coverage of the entire energy demand.

For the isolated households:

Three 460 W solar panels, a 2.2 kW inverter, and a battery storage system with a total of 2.4 kWh. With the calculations made for the isolated households, approximately the same autonomy as the households connected to the generating plant is achieved.

## RESUM EXECUTIU

Aquest projecte s'executarà en la masia de Torrecilla de Nacaome, situada al sud de Hondures i prop de l'oceà Pacífic. És una població que en l'actualitat no té energia elèctrica i, mitjançant una microxarxa de generació d'energia elèctrica amb recursos solars i biomassa, se li dotarà d'energia elèctrica. Per tant, clarament compleix amb l'ODS 7 ja que es tracta de la producció d'energia assequible per a aquesta comunitat i no contaminant en tractar-se de recursos solars i de biomassa.

El projecte es desenvolupa aplicant les competències adquirides durant el grau, especialment en assignatures com Energies Renovables, Instal·lacions d'Energies Renovables, Línies Elèctriques i Transport de l'Energia Elèctrica, Instal·lacions Elèctriques de Baixa Tensió i de Màquines Elèctriques.

Torrecilla és una masia aïllada de la xarxa elèctrica, ja que la línia elèctrica més propera s'atura just abans del desviament, a uns 2 km de la població, deixant, per tant, sense subministrament elèctric a aquesta comunitat.

El clima a Hondures és tropical, amb un primer semestre sec i un segon semestre de precipitacions. Cap a l'any 2015, l'Agència Alemanya de Cooperació al Desenvolupament va instal·lar en cada habitatge dos dipòsits d'aigua per recollir l'aigua de la pluja durant la temporada, però el problema del subministrament elèctric continua sense resoldre's.

L'absència de subministrament elèctric dificulta tasques que a Espanya considerem senzilles, com rentar la roba, emmagatzemar i refrigerar aliments, cuinar i carregar dispositius electrònics. La il·luminació nocturna es realitza mitjançant bateries i una petita placa solar, i la falta de congelació dels aliments implica que s'hagin de consumir frescos, deshidratats o enllaunats.

Motivats per aquesta situació, es va proposar a l'Agència Espanyola de Cooperació Internacional al Desenvolupament (AECID) el projecte d'electrificació rural amb l'objectiu de construir una central elèctrica que combinara recursos solars fotovoltaics i biomassa, un sistema d'emmagatzematge de l'energia amb acumuladors elèctrics, a més de la xarxa elèctrica que abasteixi totes les llars de la població. Com que algunes llars estan molt allunyades del centre urbà, per a elles s'ha proposat una instal·lació aïllada per a cada una d'elles, que complirà les mateixes condicions de subministrament que per a les properes al centre urbà.

El disseny de la instal·lació comença amb l'obtenció de la corba de demanda que té en compte les necessitats d'energia elèctrica de cada un dels llars. A continuació, es busca la combinació òptima de la potència dels recursos energètics i de l'energia acumulada en bateries per al que es fa ús de l'eina informàtica HOMER simulant diferents escenaris de sistemes híbrids fins a trobar la solució més eficient.

Posteriorment, es realitza el càlcul de la xarxa de distribució per subministrar a les diverses llars, realitzant els càlculs pertinents de caiguda de tensió i de secció mínima per a efectes tèrmics, arribant així al càlcul de les seccions de tots els conductors de la xarxa. En aquesta part també es calculen les proteccions de la central i de totes les línies elèctriques. Aquestes proteccions compleixen una doble funció, com s'ha indicat, la pròpia protecció d'equips, així com la de limitar l'ús de la potència de cada llar o d'un grup d'elles.

El resultat final és que la central elèctrica estarà composta pels següents elements:

Sis inversors bidireccionals Sunny Island de 36 kW en total, encarregats de generar la xarxa trifàsica, a partir de les bateries i facilitar la sincronització dels equips de producció elèctrica que es connectin a aquesta xarxa. Aquests equips poden carregar bateries quan hi ha excés d'energia o subministrarla en cas de necessitat.

Per a la producció d'energia elèctrica, s'instal·laran 89 plaques solars amb una potència total de 45 kW i un gasificador amb una potència de 25 kW. A més, es comptarà amb un sistema d'emmagatzematge format per 24 bateries que tenen una capacitat de 141 kWh.

S'utilitzarà un inversor de xarxa de 50 kW per a la transformació de corrent contínua generada en els panells solars en corrent altern per sincronitzar-ho amb la xarxa creada pels Sunny Island.

L'energia generada serà transportada mitjançant una xarxa de distribució que es dividirà en quatre línies diferents, cadascuna amb el seu propi transformador per a reduir la tensió i distribuir l'energia elèctrica mitjançant línies secundàries de menor secció cap a les llars. S'ha establert que les bateries mantinguin un nivell de càrrega mínim del 50% per prolongar la seva vida útil, per això el gasificador s'haurà de connectar durant 2 hores al dia en moments en què no hi hagi radiació solar. D'aquesta manera, es garanteix la cobertura de tota la demanda energètica.

Per a les llars aïllades:

Tres panells solars de 460 W, un inversor de 2,2 kW i un sistema d'emmagatzematge per bateries per un total de 2,4 kWh. Amb els càlculs realitzats per a les llars aïllades, s'aconsegueix aproximadament la mateixa autonomia que tenen les llars connectades a la central generadora.

# ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 ANTECEDENTES .....	1
1.2 MOTIVACIÓN .....	2
1.3 OBJETIVOS .....	3
<b>2. ELECTRIFICACIÓN EN PAÍSES EN VÍAS DE DESARROLLO .....</b>	<b>4</b>
2.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS ZONAS RURALES .....	5
2.2 IMPORTANCIA DE LA ELECTRIFICACIÓN RURAL .....	5
2.3 REDUCCIÓN DE LA POBREZA .....	6
2.4 EDUCACIÓN Y SALUD .....	6
2.5 MEDIO AMBIENTE.....	7
<b>3. CONTEXTO DE HONDURAS.....</b>	<b>8</b>
3.1 HONDURAS .....	8
3.2 SECTOR ENERGÉTICO .....	8
3.3 GENERACIÓN Y RECURSOS.....	9
3.4 CONSUMO.....	10
<b>4. DISEÑO DE LA CENTRAL HÍBRIDA Y RED DE DISTRIBUCIÓN .....</b>	<b>11</b>
4.1 CONTEXTO DE TORRECILLA DE NACAOME .....	11
4.2 RECURSOS GENERALES .....	12
4.2.1 <i>Recurso solar</i> .....	12
4.2.2 <i>Recurso de biomasa</i> .....	16
4.2.3 <i>Recurso eólico</i> .....	17
4.2.4 <i>Recurso hidráulico</i> .....	17
4.3 COMPONENTES DE LA CENTRAL HÍBRIDA .....	18
4.4 RED DE DISTRIBUCIÓN.....	19
<b>5. CÁLCULO DE LA CENTRAL HÍBRIDA Y RED DE DISTRIBUCIÓN.....</b>	<b>21</b>
5.1 CURVA DE DEMANDA.....	21
5.2 CONFIGURACIÓN DE LA MICRO RED HÍBRIDA MEDIANTE EL SOFTWARE HOMER .....	22
5.2.1 <i>Descripción del software HOMER</i> .....	23
5.2.2 <i>Datos de entrada</i> .....	23
5.2.3 <i>Simulación de la central eléctrica en HOMER</i> .....	25
5.2.4 <i>Componentes y recursos</i> .....	26
5.2.5 <i>Baterías</i> .....	32
5.2.6 <i>Resultados</i> .....	37
5.3 CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN DE LAS VIVIENDAS AISLADAS.....	38
5.4 CÁLCULO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN .....	39
5.4.1 <i>Línea 1</i> .....	41
5.4.2 <i>Línea 2</i> .....	42
5.4.3 <i>Línea 3</i> .....	43
5.4.4 <i>Línea 4</i> .....	44
5.4.5 <i>Procedimiento de cálculo</i> .....	45
5.4.6 <i>Cálculo Línea 1</i> .....	47
5.4.7 <i>Cálculo Línea 2</i> .....	50

5.4.8	Cálculo Línea 3.....	52
5.4.9	Cálculo Línea 4.....	54
5.4.10	Resumen cálculos .....	57
<b>6.</b>	<b>MATERIALES .....</b>	<b>58</b>
<b>7.</b>	<b>PRESUPUESTO.....</b>	<b>60</b>
<b>8.</b>	<b>CONCLUSIÓN .....</b>	<b>65</b>
<b>9.</b>	<b>PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS.....</b>	<b>66</b>
9.1	OBJETO.....	66
9.2	GENERALIDADES .....	66
9.3	DEFINICIONES .....	66
9.4	DISEÑO.....	68
9.5	COMPONENTES Y MATERIALES.....	68
9.5.1	Generadores fotovoltaicos.....	68
9.5.2	Estructuras de soporte.....	69
9.5.3	Acumuladores de plomo-ácido .....	69
9.5.4	Inversores .....	70
9.6	RECEPCIÓN Y PRUEBAS .....	71
9.7	REQUERIMIENTOS TÉCNICOS DEL CONTRATO DE MANTENIMIENTO .....	72
9.7.1	Generalidades.....	72
9.7.2	Programa de mantenimiento .....	72
<b>10.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>74</b>
<b>11.</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>76</b>
11.1	FICHAS TÉCNICAS: .....	76
11.1.1	Inversores Sunny Island .....	76
11.1.2	Gasificador.....	78
11.1.3	Paneles fotovoltaicos.....	80
11.1.4	Baterías .....	82
11.1.5	Inversor para los paneles fotovoltaicos .....	84
11.2	PLANOS: .....	86
11.2.1	Central eléctrica.....	86
11.2.2	Centro de transformación.....	89
11.2.3	Distribución de los paneles fotovoltaicos .....	90
11.2.4	Esquemas unifilares.....	92

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Antecedentes

En los países en desarrollo, los agricultores y las comunidades rurales son los más afectados por los impactos del cambio climático. Estas áreas experimentan cambios estacionales muy pronunciados, lo que tiene un efecto negativo en las cosechas. Uno de los actores mundiales que trabaja para reducir estos efectos es la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), que firmó un convenio de colaboración con el Instituto de Ingeniería Energética de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) para el estudio de soluciones para la mejora del bienestar de estas comunidades aisladas, así como de las medidas de adaptación y mitigación del cambio climático. Una de las principales acciones que se consideró, por las características de este instituto de investigación, es la implementación de microrredes inteligentes en comunidades aisladas para facilitar el acceso a la electricidad mediante recursos renovables.

Por otro lado, el grupo de investigación en Energías Renovables del Instituto de Ingeniería Energética de la UPV ha llevado a cabo varios proyectos de cooperación relacionados con el estudio e implementación de plantas generadoras de energía eléctrica híbridas en países en desarrollo, como la República Democrática del Congo y Colombia. Con estos antecedentes y con los estudios realizados para la FAO, el grupo de investigación solicitó a la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) subvención para la ejecución de dos proyectos en Honduras. El primero, ya finalizado con éxito, se llevó a cabo en una aldea llamada El Santuario. Posteriormente, se otorgó financiación para el segundo proyecto, que se desarrolla en Torrecilla de Nacaome.

El diseño de la central híbrida de energía y de la red de distribución eléctrica para la población de Torrecilla es la base del presente TFG en el que se han explorado diversas opciones, tanto para las viviendas agrupadas como para las viviendas más alejadas del núcleo central debido a su dispersión geográfica.

Como estudiante de último curso de ingeniería eléctrica, me enteré de las becas de cooperación al desarrollo, y coincidió que el profesor de una asignatura que estaba cursando, trabajaba en el proyecto de Torrecilla de Nacaome, en Honduras. Por lo tanto, me propuso ir y alojarme allí durante tres meses para supervisar la construcción de la infraestructura del proyecto y, al mismo tiempo, diseñar la instalación eléctrica. Durante mi estancia, pude conocer muy de cerca a la población, sus necesidades, analizar su estilo de vida y determinar en qué aspectos se podía mejorar. Durante esos tres meses, compartimos alegrías, frustraciones, aprendizaje mutuo y muchas experiencias más. Considero que el viaje fue una lección de humildad, ya que aprendí que la humildad implica la ausencia de arrogancia u orgullo, el reconocimiento de nuestras propias limitaciones e imperfecciones. A menudo se asocia con ser respetuoso, tener una mentalidad abierta y estar dispuesto a aprender de los demás. La humildad se considera una cualidad deseable que promueve interacciones genuinas, crecimiento personal y empatía hacia los demás. En mi opinión, en la sociedad actual hemos perdido muchos valores y no apreciamos lo que tenemos. Es difícil encontrar paz y tranquilidad con el ritmo de vida que se lleva en las ciudades de España.

## 1.2 Motivación

### **¿Cómo podemos evolucionar como sociedad si priorizamos trivialidades por encima de los derechos humanos básicos?**

Como es habitual al terminar el bachillerato, no sabía exactamente a qué quería dedicarme. Ingresé al grado de ingeniería eléctrica sin expectativas, pensando que cambiaría de carrera después de terminar el primer curso. Sorprendentemente, descubrí en este grado una pasión por la electricidad que nunca imaginé que tendría. En mi primer año de estudios universitarios, en 2018, empecé a interesarme por las energías renovables, un tema que no era tan popular como lo es en la actualidad en 2023.

Me di cuenta de que al estudiar esta carrera tendría diversas opciones para explorar en mi vida laboral, ya que la electricidad está presente en todas partes en la actualidad. Me gustó la idea de poder adentrarme en el mundo de la electricidad y trabajar en proyectos totalmente diferentes.

En mi segundo año de carrera, comencé a informarme sobre voluntariados. Recuerdo especialmente uno en Kenia, donde una pareja construyó una escuela y una huerta, y las dos comidas que ofrecían en la escuela eran todo lo que tenían para comer los niños huérfanos o diagnosticados con el SIDA. No puedo decir que de ahí surgiera mi vocación por viajar y ayudar a aquellos que no tienen las mismas oportunidades que nosotros. Cuando tenía dos años, mi padre se mudó a Yakarta, Indonesia, por motivos de trabajo, y vivió allí durante unos 15 años. Durante ese tiempo, viajé con frecuencia hasta los 12 años. Recuerdo el impacto que sentí y el dolor en el pecho al ver las comodidades con que vivíamos, mientras al otro lado de la calle había una madre con sus cuatro hijos, descalzos y con apenas ropa, bajo el intenso sol. Me sentí impotente por no poder ayudar y recuerdo haberle comentado esto a mi padre cuando tenía alrededor de 9 o 10 años. Desde entonces, siempre he querido realizar un voluntariado, pero desafortunadamente no tengo los recursos para llevarlo a cabo.

Cuando unos compañeros me contaron que la UPV ofrecía becas de cooperación al desarrollo y me contaron su experiencia, supe que debía realizar un proyecto de este tipo. Solo me quedaba el Trabajo de Fin de Grado, así que era el momento adecuado. Me informé al respecto y casualmente el profesor de una asignatura que estaba cursando me habló del proyecto de Torrecilla en Honduras. Después de escuchar la situación en la que viven, no lo dudé y automáticamente dije: "Cuenta conmigo". Por lo que hice mi estancia de cooperación en Torrecilla de Nacaome donde además de darme cuenta de la situación que vivían aquellas personas, una forma más eficaz de cooperación que podía desarrollar era realizar mi TFG diseñando la instalación objeto del presente proyecto. De modo que pude conocer el terreno, hacer un diseño más ajustado a la realidad y dirigir la infraestructura necesaria para la instalación de los equipos que estaba diseñando.

Siempre pensé en todas las cosas que podría lograr a nivel nacional con una carrera como ingeniería eléctrica. Pensé en cómo podría cambiar el sistema eléctrico español para que toda la energía generada provenga de fuentes limpias, aprovechando todos los recursos que tenemos en España. Para lograrlo, sería necesario contar con una red inteligente muy desarrollada y organizada, y la automatización sería la forma más eficiente de lograrlo. Sin embargo, cuando me di cuenta de cuántas personas viven sin electricidad, dejé de lado esa ambición egoísta y pensé: "La electricidad,

hoy en día, es un derecho". Y lo es. La forma en que organizamos la compra de alimentos implica que muchos de ellos necesitan refrigeración o congelación. Solo de pensar que haya personas que no tienen ese derecho, me vuelve a invadir el mismo dolor en el pecho e impotencia que sentí aquel día en Yakarta.

Según estadísticas del Banco Mundial de 2020, Honduras es un país que cuenta con un 93,2% de electrificación, y aun así me impresionó ver cómo viven con escasez de agua y electricidad. Lo peor es que hay países como Burundi, Chad, Malawi y Sudán del Sur, con porcentajes de acceso a la electricidad de 11,7%, 11,1%, 14,9% y 7,2%, respectivamente. He seleccionado únicamente países que se encuentran por debajo del 15% de acceso a la electricidad, pero debemos tener en cuenta que la mayoría de los países en África se sitúan por debajo del 50%. Estos datos son desgarradores.

Con este TFG he podido unir mi motivación por el voluntariado con mi vocación dentro de la ingeniería, resultando un trabajo de elevada tecnología para llevar a una población con escasos recursos.

### 1.3 Objetivos

El propósito de este Trabajo de Fin de Grado es contribuir a la mejora de la calidad de vida de comunidades aisladas mediante la implementación de microrredes de energía eléctrica, brindando acceso a energía a poblaciones distantes de las redes convencionales de distribución. Además, se busca abordar el trilema establecido por la FAO, que engloba la seguridad alimentaria, la disponibilidad de energía y el acceso al agua.

Para alcanzar este objetivo, se han establecido una serie de metas específicas:

1. Analizar el contexto socioeconómico y ambiental actual de la comunidad rural de Torrecilla, identificando los recursos renovables disponibles más adecuados en la zona.
2. Diseñar y analizar diferentes configuraciones de sistemas híbridos con el fin de determinar las soluciones óptimas que se ajusten a las necesidades de la comunidad, utilizando el software HOMER para simular las distintas posibilidades.
3. Desarrollar escenarios diversos para la instalación eléctrica en la población, evaluando la viabilidad económica y seleccionando la opción más apropiada en función de las limitaciones presupuestarias establecidas.
4. Diseñar la microrred híbrida de energías renovables, considerando los parámetros principales y el cableado necesario.
5. Diseñar la infraestructura para la instalación de los equipos y el tendido de líneas.

Con estos objetivos, se pretende desarrollar una solución eficiente y sostenible que proporcione energía a la comunidad de Torrecilla, mejorando así su calidad de vida y promoviendo el uso de recursos renovables.

## 2. ELECTRIFICACIÓN EN PAÍSES EN VÍAS DE DESARROLLO

La electrificación en los países en desarrollo es un tema de gran relevancia que ha generado numerosos esfuerzos para abordar esta problemática. Estos países enfrentan desafíos significativos debido a la falta de infraestructura, recursos financieros y tecnológicos limitados, así como dificultades geográficas. Sin embargo, se han implementado diversas iniciativas y programas para mejorar el acceso a la electricidad en estas regiones.

Organizaciones internacionales como las Naciones Unidas (ONU) y la Agencia Internacional de Energía Renovable (IRENA) han estado promoviendo la electrificación en los países en desarrollo a través de programas como el Programa Energía Sostenible para Todos. Estos programas buscan fomentar el acceso universal a la energía, promover el uso de fuentes de energía renovable y mejorar la eficiencia energética. Además, el Banco Mundial, el Banco Interamericano de Desarrollo, y otras instituciones financieras internacionales desempeñan un papel fundamental al proporcionar financiamiento y apoyo técnico para proyectos de electrificación en los países en vías de desarrollo.

Según las estimaciones, alrededor de 940 millones de personas en todo el mundo aún carecen de acceso a la electricidad. Esta cifra puede variar ligeramente según las fuentes y los informes específicos. La falta de acceso a la electricidad es más pronunciada en las zonas rurales de los países en desarrollo, especialmente en África subsahariana y partes de Asia.

Satisfacer la demanda energética de las zonas rurales y urbanas presenta altos costes. Se estima que se necesitarán 52.000 millones de dólares de inversión adicional entre 2018 y 2030 para lograr la electrificación universal. Esto representa un desafío para los responsables políticos y los gobiernos que deben hacer frente a estos costes con presupuestos limitados.

Sin embargo, la adopción de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas en 2015, especialmente el ODS 7, ha reconocido la importancia de la energía para el desarrollo sostenible. El acceso a la energía moderna contribuirá a alcanzar otros ODS, como la erradicación de la pobreza, la mejora de la calidad del aire y el acceso a los servicios sanitarios, el combate al hambre, el crecimiento económico y el empleo, la adaptación al cambio climático, la industrialización sostenible y la igualdad de género.

En los últimos años, se han observado importantes esfuerzos para la electrificación rural en los países en desarrollo. Las organizaciones internacionales han incrementado su atención en la reducción de la pobreza y se han centrado en mejorar el acceso a la electricidad en estas regiones. La electrificación de las comunidades rurales fuera de la red las hace más habitables, evita la migración de su población hacia las áreas urbanas e incluso puede atraer a aquellos que ya emigraron para que regresen.

A través de marcos normativos y financieros más eficaces, mejoras tecnológicas, reducción de costes y las repercusiones positivas en el medio ambiente y la sociedad, se está construyendo un futuro prometedor para la electrificación rural en los países en desarrollo.

## 2.1 Características de las zonas rurales

Las zonas rurales se caracterizan generalmente por un entorno natural dominado por tierras de cultivo, bosques, montañas y paisajes pintorescos. Estas zonas, alejadas del centro de las ciudades se caracterizan por la tranquilidad, la serenidad y la conexión con la naturaleza.

Una de las principales características de las zonas rurales es su baja densidad de población en comparación con las zonas urbanas. Las áreas rurales a menudo se componen de pequeños pueblos y aldeas, donde la gente vive un estilo de vida más tradicional y con los pies en la tierra.

La agricultura y la ganadería tienden a ser las principales industrias en las zonas rurales. Los agricultores cultivan una variedad de cultivos como cereales, frutas, verduras y alimentos básicos, mientras que los ganaderos crían ganado para producir carne, leche y otros productos lácteos. Estas actividades agrícolas no solo garantizan el sustento de las comunidades locales, sino que también pueden ser una importante fuente de ingresos a través de la venta de productos agrícolas.

La infraestructura rural tiende a estar menos desarrollada que las áreas urbanas. Las carreteras serán más estrechas, con menos tráfico y el acceso a servicios básicos como electricidad, agua potable y telecomunicaciones puede verse limitado.

Sin embargo, en las últimas décadas ha habido mejoras en la infraestructura rural para mejorar el acceso y la calidad de vida en las zonas rurales. Del mismo modo, las áreas rurales carecen de educación y servicios de salud, lo que dificulta el acceso a una educación de calidad y una atención médica adecuada. Además, las desigualdades de género persisten en estas áreas, y las mujeres enfrentan barreras adicionales para acceder a recursos, oportunidades económicas y participar en los procesos de toma de decisiones.

## 2.2 Importancia de la electrificación rural

La electrificación de las zonas rurales es muy importante ya que trae muchos beneficios. Aquí hay algunas razones clave para enfatizar la importancia de este proceso.

1. Mejorar la calidad de vida al proporcionar servicios básicos que brinden comodidad y tranquilidad, como iluminación, calefacción, aire acondicionado y carga de dispositivos electrónicos.
2. Promover el desarrollo económico al permitir la creación de pequeñas y medianas empresas, la diversificación de las actividades productivas y la creación de empleo mediante el uso de la electricidad en maquinaria, maquinaria agrícola y procesamiento de alimentos.
3. Acceso a servicios básicos de calidad, como educación con iluminación, computación e internet en las escuelas, y atención médica con equipos médicos y energía ininterrumpida en los centros de salud.

4. Reducir la brecha digital brindando acceso a Internet y conectividad a áreas remotas y creando oportunidades para el aprendizaje a distancia, el trabajo remoto y el comercio electrónico.
5. Contribuir a la sostenibilidad y al medio ambiente fomentando el uso de fuentes de energía renovables, reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero y reduciendo la dependencia de los combustibles fósiles.

En resumen, enfrentar estos desafíos requerirá atender las necesidades de estos sectores, promover el acceso universal a la energía, mejorar la infraestructura, fortalecer los servicios básicos y promover la igualdad de género, para lo cual es fundamental implementar políticas y programas específicos. De esta forma, se podrá avanzar hacia un desarrollo sostenible y equitativo de las zonas rurales que contribuya al bienestar de los habitantes y al progreso de la sociedad en su conjunto.

### 2.3 Reducción de la pobreza

Un estudio reciente exploró el impacto potencial de la electrificación rural basada en energías renovables en el alivio de la pobreza en áreas remotas de Indonesia. El objetivo era determinar si la implementación de programas de redes de aldeas basadas en energías renovables podría reducir el número de personas pobres y vulnerables en estas áreas.

Este estudio se centró en 217 aldeas remotas de Indonesia y utilizó un método de diferencias para comparar los resultados de las aldeas tratadas y no tratadas. Los resultados mostraron que el programa tuvo un impacto significativo en la reducción de la pobreza en las aldeas tratadas, reduciendo el número de personas pobres y vulnerables. Además, se descubrió que el programa estimulaba el crecimiento de industrias de pequeña escala en las aldeas tratadas, aumentando su número en 3 unidades. Esto sugiere que la disponibilidad de electricidad a partir de fuentes renovables podría desempeñar un papel importante en la creación de puestos de trabajo y la promoción del desarrollo económico en las zonas rurales.

Estos resultados resaltan la importancia de implementar programas de electrificación rural basados en energías renovables en áreas remotas como una estrategia efectiva para reducir la pobreza y promover el desarrollo en Indonesia. El acceso a la electricidad sostenible no solo mejora la calidad de vida en las zonas rurales, sino que también estimula el crecimiento económico a través de la creación de pequeñas empresas y puestos de trabajo.

### 2.4 Educación y salud

Como ejemplo, en un estudio que analiza el impacto del acceso a la energía moderna en la educación en la India, determina que, según los datos obtenidos de la Encuesta de Desarrollo Humano de la India, los niños en hogares con acceso a la electricidad tienen más probabilidades de estar en la escuela, asistir a la escuela regularmente y tener un mejor desempeño académico.

Estos resultados destacan la importancia de la energía en el desarrollo educativo y sugieren que el acceso a la electricidad tiene un impacto positivo en la educación. Estos hallazgos tienen implicaciones importantes para la política pública, destacando la necesidad de garantizar el acceso a la energía moderna para promover el desarrollo y el bienestar de la comunidad.

Además, la electricidad permite las conexiones informáticas. Esto facilita el acceso a la información y la adquisición de conocimientos, no solo para los estudiantes que están expuestos a nueva información cultural para desarrollar la creatividad y las opiniones, sino también para los docentes que mejoran sus habilidades y conocimientos.



ILUSTRACIÓN 1. CLASES IMPARTIDAS EN TORRECILLA POR LA AUTORA DEL TFG DURANTE SU ESTANCIA

## 2.5 Medio ambiente

El acceso a la energía eléctrica tiene un impacto significativo en el medio ambiente. La introducción de microrredes híbridas con fuentes de energía renovables es una opción muy adecuada tanto desde el punto de vista económico como ambiental, especialmente en áreas rurales donde la conexión a las redes convencionales es muy costosa.

Por otro lado, es una realidad que la utilización de combustibles fósiles como el fuel, el carbón y el gas natural para la generación de energía a gran escala es perjudicial para el medio ambiente y acelera el cambio climático. En conclusión, priorizar las energías limpias y renovables es fundamental para minimizar el impacto ambiental y promover un modelo energético más sostenible.

## 3. CONTEXTO DE HONDURAS

### 3.1 Honduras

Honduras es un país situado en América Central, con una superficie total de aproximadamente 112,492 kilómetros cuadrados. Su clima es predominantemente tropical en la costa, mientras que en las zonas montañosas del interior se presenta un clima más templado. El país experimenta una temporada seca de noviembre a abril y una temporada de lluvias de mayo a octubre.

Con una población estimada de alrededor de 9.8 millones de habitantes, Honduras se encuentra estratégicamente ubicada en la parte centro-norte de América Central. Limita al norte y al este con el mar Caribe, al sur con Nicaragua y al oeste con Guatemala y El Salvador.

La economía hondureña se sustenta principalmente en sectores como la agricultura y la ganadería, la manufacturación, los servicios y el turismo. El país es reconocido por ser uno de los principales productores de café y banano a nivel mundial. Además, la industria textil juega un papel importante en la economía nacional. Sin embargo, es importante mencionar que Honduras enfrenta desafíos significativos en términos de pobreza, desigualdad y alta dependencia de las remesas familiares enviadas desde el extranjero.

### 3.2 Sector energético

Establecida en 1957, la Agencia Nacional de Energía de Honduras (ENEE) es la agencia gubernamental responsable de la generación, transporte y distribución de energía eléctrica en el país. Inicialmente, la compañía se concentró en expandir la infraestructura eléctrica y abastecer áreas rurales. Se construyeron nuevas centrales hidroeléctricas y se amplió la red de transporte y distribución.

Durante la década de 1990, la ENEE enfrentó dificultades económicas y financieras que afectaron la calidad y confiabilidad de sus servicios. En la década de 2000, se implementaron reformas para mejorar el sector eléctrico, incluida la participación del sector privado y la creación de la Comisión Reguladora de Electricidad (CREE). A pesar de los desafíos actuales, se están tomando medidas para fortalecer la gestión y la eficiencia de la ENEE, y para facilitar la adopción de energías renovables.

En Honduras, la energía eléctrica está generada principalmente por centrales hidroeléctricas, térmicas, eólicas y solares fotovoltaicas. El transporte se realiza a través de una red de líneas de alta tensión y varias empresas energéticas se dedican a la distribución. La ENEE es responsable del transporte a nivel nacional, mientras que empresas privadas participan en la generación y distribución de energía eléctrica en varias regiones del país.

En 2022, el gobierno de Honduras tomó medidas para abordar la crisis climática y proteger a los consumidores. Se ha establecido un esquema de subsidio para cubrir el consumo de eléctrico de los hogares con bajo consumo de energía. Se congelaron los precios minoristas de la electricidad durante tres meses y se recuperó la diferencia de precios de las botellas de gas licuado de petróleo (GLP)

utilizadas para cocinar. Además, se han reducido los impuestos y se han introducido subsidios adicionales sobre los precios del diésel.

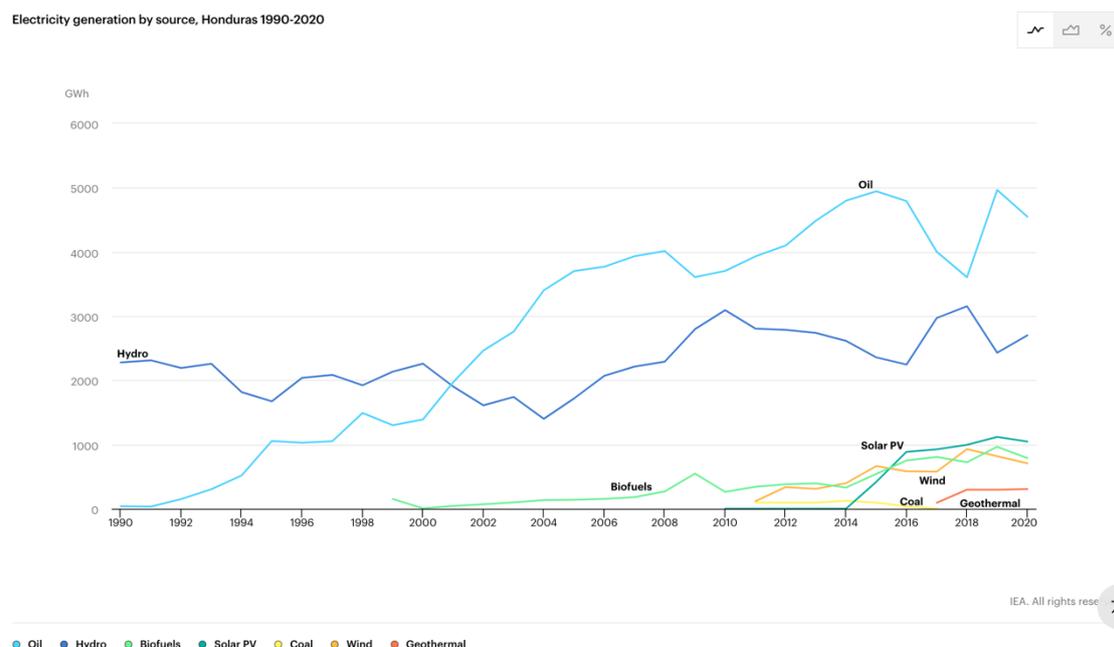
Estas medidas reflejan los esfuerzos del gobierno de Honduras para garantizar el acceso a la electricidad y proteger a los consumidores en medio de la crisis energética mundial.

### 3.3 Generación y recursos

Honduras es un país con una potencia instalada de unos 1,600 MW y la mayor parte de esta energía proviene de centrales térmicas. Sin embargo, el país se propone cambiar la matriz energética y aumentar la producción de energía limpia. Teniendo esto en cuenta, se han aprobado un conjunto de proyectos de energía renovable de tamaño pequeño y mediano con una capacidad total de unos 700 MW.

Entre los proyectos destacados se encuentra la construcción del primer parque eólico de Honduras, que se puso en marcha en septiembre de 2011 y tiene una capacidad de 102 MW. Esta central suministra energía limpia a aproximadamente 100.000 hogares. También se construyó una central hidroeléctrica, conocida como Patuca III, con una potencia de 104 MW, para complementar un total de 524 MW que se espera generar junto con las centrales hidroeléctricas Patuca II y Patuca IIA.

Estos proyectos complementan otros esfuerzos como la Central Hidroeléctrica Los Llanitos, la Central Hidroeléctrica Jicatuyo y la rehabilitación y mejoramiento de la Central Hidroeléctrica "El Cajón" de General Francisco Morazán. Con estos esfuerzos, Honduras busca ayudar en la transición hacia una matriz energética más sostenible (Gráfica 1).



GRÁFICA 1: GENERACIÓN ELÉCTRICA HONDURAS

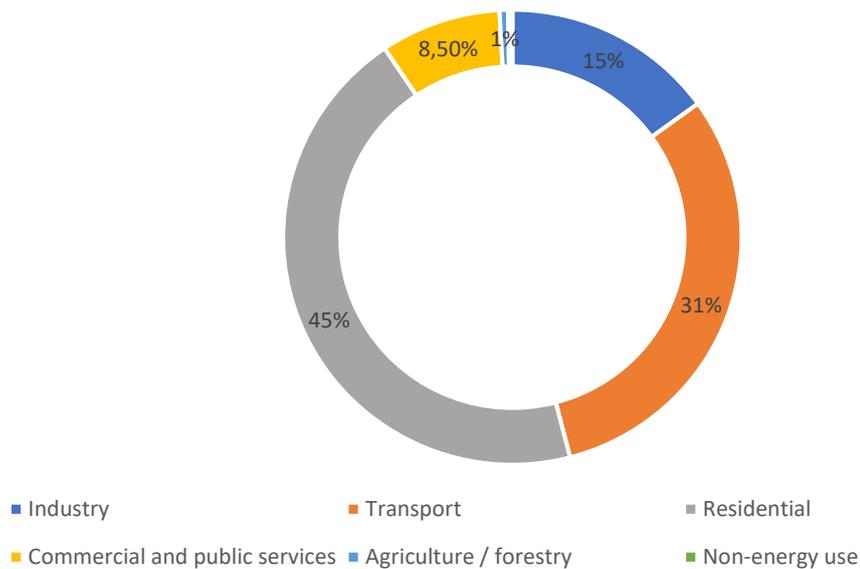
### 3.4 Consumo

Según los datos recopilados por la Agencia Internacional de Energía (IEA), el consumo energético en Honduras se distribuye en diversos sectores.

Tras examinar el informe "Balance Mundial Energético 2022" de la IEA, se presenta un gráfico que detalla el consumo final de energía por sectores de manera más precisa. Según este gráfico, el sector industrial se sitúa en un 15%, el sector transporte en un 30.9%, el sector residencial en un 44.6%, el sector comercial y de servicios públicos en un 8.5%. Además, se destaca que la agricultura representa únicamente un 0.6% del consumo, la pesca un 0.2%, y las pérdidas energéticas un 0.1%. Estos datos reflejan un consumo energético total de 6,63 TWh.

Es importante resaltar que este informe numérico proporciona una visión más precisa, lo que enriquece nuestro entendimiento sobre el consumo energético en Honduras. Se puede esperar que, a lo largo de los años, este consumo total de energía eléctrica aumente conforme el país se vaya desarrollando.

CONSUMO TOTAL FINAL POR SECTOR, 2020



GRÁFICA 2. CONSUMO TOTAL POR SECTOR, 2020

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

### 4.1 Contexto de Torrecilla de Nacaome

El pueblo de Torrecilla nº2 en Nacaome es una comunidad que se encuentra entre cerros, ubicado en el departamento de Valle, en Honduras. Situada en la región sur del país, cerca de la frontera con El Salvador y a 96 kilómetros al sur de la ciudad capital, Tegucigalpa.

La zona de Nacaome se caracteriza por su clima cálido y seco, típico de la región centroamericana. La vegetación predominante está compuesta por bosques secos y áreas de cultivo agrícola. Cuenta con quebradas como principales fuentes de agua, que permanecen secas 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 economía de la zona se basa principalmente en la agricultura y la ganadería. Los principales cultivos incluyen maíz, frijoles, caña de azúcar, melones y sandías. También se produce ganado bovino y porcino. Además, la pesca y la acuicultura son actividades importantes debido a la cercanía del Golfo de Fonseca.

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.

La comunidad se sitúa geográficamente en:

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

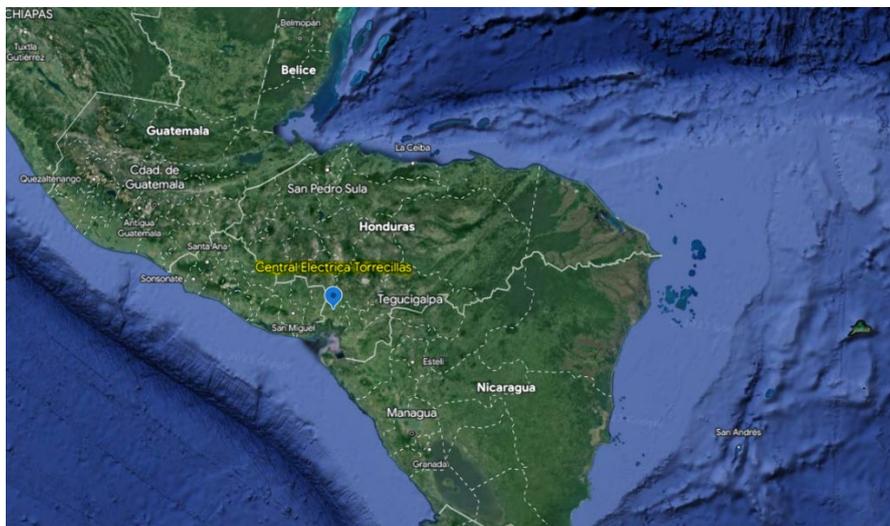


ILUSTRACIÓN 2. UBICACIÓN DE TORRECILLA EN EL MAPA

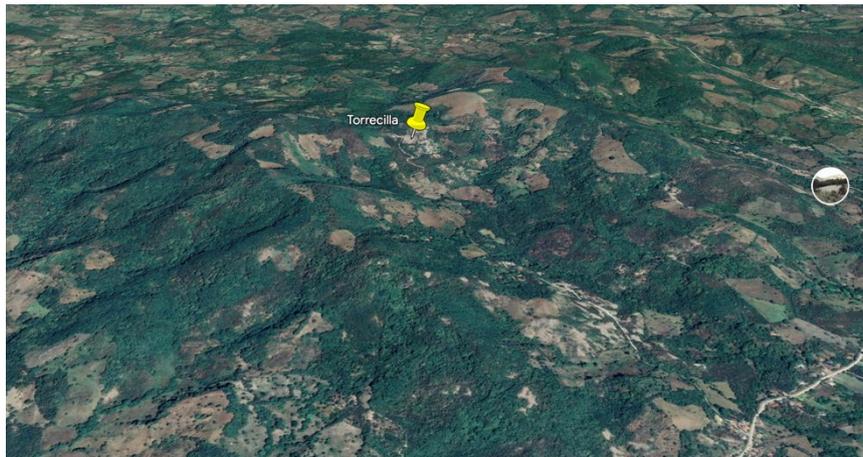


ILUSTRACIÓN 3. TORRECILLA

## 4.2 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.

### 4.2.1 Recurso solar

En el sur de Honduras, en la región de Choluteca, se han llevado a cabo varios proyectos de implementación de varias centrales solares en los últimos años. Esta área se destaca por su alto potencial solar y condiciones favorables para la generación de energía renovable.

Entre los proyectos destacados se encuentra el Parque Solar Choluteca, inaugurado en 2015. Con una potencia instalada de 24 MW y que ha contribuido significativamente a la generación de energía limpia y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

Otro proyecto relevante es el Parque Solar San Isidro en el municipio de San Lorenzo. Inaugurado en 2019, cuenta con una potencia instalada de 13.5 MW, aportando energía renovable a la red eléctrica nacional y diversificando la matriz energética del país.

Destacando la importancia a nivel regional, el Parque Solar Nacaome-Valle es una de las plantas solares más grandes de América Latina. Con una capacidad de producción eléctrica de hasta 125 MW dispuesto en unas 150 hectáreas de terreno, abastece de energía a unas 150,000 familias hondureñas diariamente y contribuye a la reducción de 300,000 toneladas de CO<sub>2</sub>.

Estos proyectos han posicionado a Honduras como el segundo país más importante de América Latina en generación de energía solar. Han impulsado el desarrollo económico, científico y académico del país, además de promover la adopción de fuentes de energía sostenibles y colocar a Honduras en el panorama internacional de la industria energética renovable.

La colaboración entre el sector público y privado, así como el apoyo de instituciones internacionales y organizaciones dedicadas a las energías renovables, han sido fundamentales para el éxito de estos

proyectos. Además de la generación de energía limpia, también han generado empleo y contribuido al crecimiento económico de la región.

La implementación de centrales solares en el sur de Honduras demuestra el compromiso del país con la transición hacia fuentes de energía más limpias y sostenibles. Estos proyectos son ejemplos concretos de cómo la energía solar se aprovecha para diversificar la matriz energética y promover el desarrollo sostenible en la región. A continuación, en la ilustración 3 podemos apreciar el recurso solar en el sur del país.

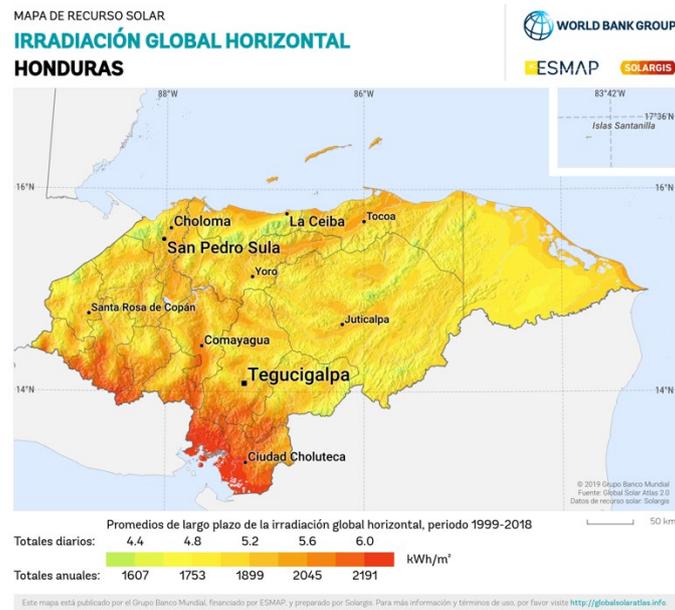
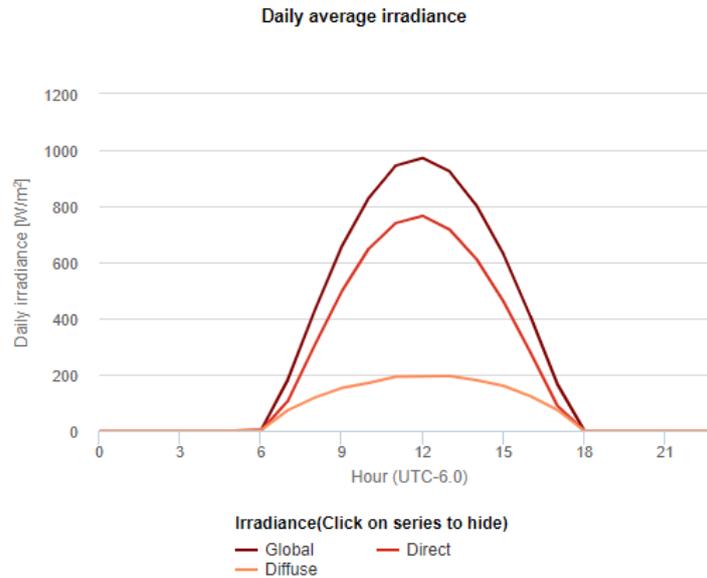


ILUSTRACIÓN 4. RECURSO SOLAR EN HONDURAS

En la gráfica 3 puede observar la irradiación media en marzo en Torrecilla. Esta gráfica se ha obtenido con el PVGIS, donde se proporcionan los datos de la media de irradiancia solar mensual con un valor aproximado de 187 kWh/m<sup>2</sup>.



GRÁFICA 3. IRRADIANCIA DIARIA EN TORRECILLA

Para el caso de este TFG, la central eléctrica se encuentra en la zona del sur del país, como ya se ha indicado anteriormente. Se ubica en una zona con la amplitud necesaria para instalar todos los paneles solares necesarios. Concretamente estará próxima a la escuela, donde se ha construido un pequeño edificio de una planta, con tejado inclinado, para albergar todos los equipos eléctricos de la central. La cubierta es inclinada a  $18^\circ$ . Pues bien, en esta cubierta se previsto instalar un total de 33 paneles solares, distribuidos en 3 filas de 11 paneles cada una. Al norte de la central se ha preparado una parcela en la que se han dispuesto bloques de hormigón para alojar las 56 placas solares restantes. En total, la planta de generación eléctrica estará compuesta por 89 placas solares. En las ilustraciones 5 a 8 se presentan imágenes que muestran la ubicación de la central y los bloques de hormigón donde se instalarán las placas solares.

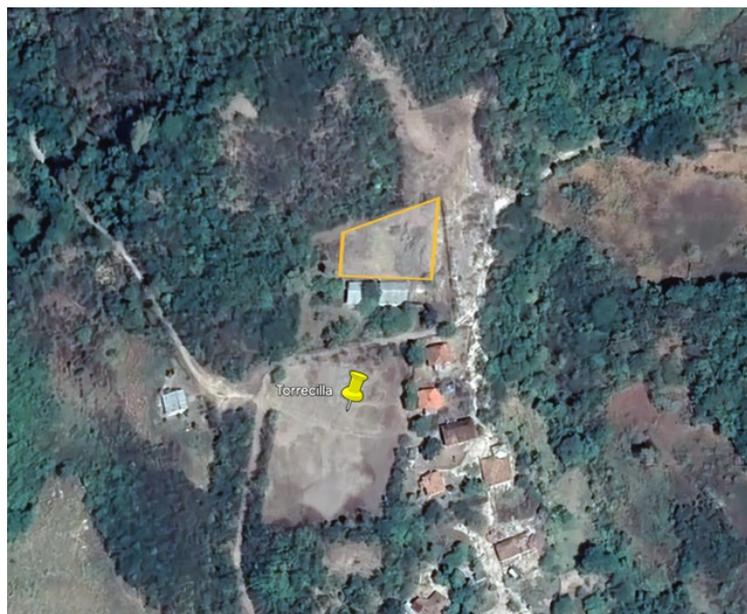


ILUSTRACIÓN 5. UBICACIÓN DE LA CENTRAL ELÉCTRICA



ILUSTRACIÓN 6. CENTRAL ELÉCTRICA EN CONSTRUCCIÓN



ILUSTRACIÓN 7. SOPORTE PARA LAS PLACAS SOLARES



ILUSTRACIÓN 8. CENTRAL ELÉCTRICA EN CONSTRUCCIÓN

#### 4.2.2 Recurso de biomasa

El acceso a la población de Torrecilla es complicado, se puede acceder solamente con vehículos 4 x 4 y todos sus alrededores son bosques. 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.

El consumo de leña se estima en unos 10 kg/día de recurso seco durante todo el año. Esto se traduce en un consumo anual de 4 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 9. LEÑA CORTADA PARA COCINAR

### 4.2.3 Recurso eólico

De acuerdo con los datos del Atlas Eólico Global de la DTU, la velocidad promedio del viento en la zona se estima en 2,12 m/s. Existe la posibilidad de instalar un pequeño aerogenerador en la cima de una colina cercana a la población. Sin embargo, se debe tener en cuenta que la instalación de un aerogenerador es más complicada y costosa en comparación con los paneles fotovoltaicos o un gasificador. Debido a esta razón, y considerando tanto la complejidad de la instalación como la velocidad del viento, se ha decidido descartar este recurso, ya que los mencionados anteriormente resultan más factibles para satisfacer las necesidades energéticas de esta comunidad.

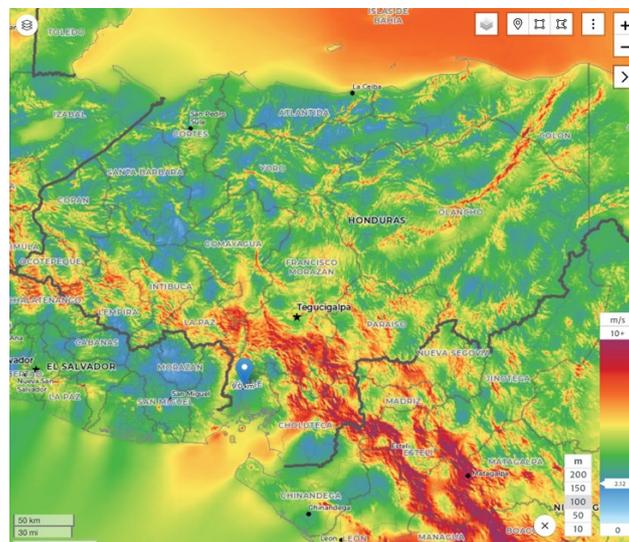


ILUSTRACIÓN 10. RECURSO EÓLICO EN TORRECILLA

### 4.2.4 Recurso hidráulico

La zona de Nacaome se caracteriza por su clima caluroso, lo cual la convierte en una región con abundante recurso solar. Sin embargo, también enfrenta condiciones de sequía, lo que genera escasez de agua no solo en las áreas rurales como Torrecilla, sino también en los pueblos cercanos. Aunque Nacaome cuenta con un río que abastece de agua a las viviendas y al mercado, durante la temporada seca del año, que abarca todo el primer semestre, el caudal del río disminuye considerablemente. Esta escasez de agua se hace especialmente evidente en Torrecilla, donde los habitantes deben recurrir a pozos para obtener agua y cuentan con varios de ellos en caso de emergencia. Además, los habitantes dependen de depósitos de agua para garantizar su disponibilidad. Por estos motivos se ha descartado la instalación de centrales hidroeléctricas en la zona.



ILUSTRACIÓN 11. DEPÓSITOS DE AGUA

En 2015, la Agencia Alemana de Cooperación al Desarrollo proporcionó los depósitos que se muestran en la figura 10. Sin embargo, se ha observado que estos recipientes están comenzando a deteriorarse, lo que ha llevado a la colocación zunchos de alambres en la parte inferior para intentar prevenir su ruptura. Se puede observar en la imagen una manguera conectada a los depósitos. Durante la temporada de lluvias, a través de una canaleta, estos depósitos recolectan el agua de la lluvia. En la temporada seca, algunas viviendas utilizan una bomba para extraer agua de un pozo y, mediante una manguera, la transportan a los tanques. Sin embargo, cuando el pozo no contiene suficiente agua para abastecer los tanques de esta manera, los habitantes se ven obligados a acudir al pozo para lavar y llevar cubos de agua a sus hogares para realizar las tareas domésticas restantes.

### 4.3 Componentes de la central híbrida

Las microrredes híbridas aisladas, como la diseñada para Torrecilla, son sistemas que combinan diferentes fuentes de energía renovable. Por las características de la zona en la que se instala, enumeradas anteriormente, se consideró que los recursos renovables más adecuados para configurar la microrred son el solar y la biomasa, además de sistemas de almacenamiento de energía mediante baterías.

Los componentes necesarios para su funcionamiento, que más tarde se calcularán, incluyen:

- Paneles solares fotovoltaicos: transforman la energía solar en energía eléctrica.

- Gasificador de biomasa/ grupo electrógeno: Es un equipo que realiza la combustión parcial de residuos forestales, obteniendo como principal componente de esta combustión el monóxido de carbono (CO). El gas producido se introduce en un grupo electrógeno para generar energía eléctrica.
- Trituradora: muele residuos forestales que transforma en pequeñas astillas para introducir en el gasificador.
- Baterías: almacenan energía eléctrica para su uso en momentos de déficit y exceso de energía.
- Inversor de red: transforma la corriente continua generada por los paneles solares en corriente alterna utilizada por los equipos de las viviendas.
- Inversores bidireccionales o gestores de red: controlan y regulan el sistema eléctrico creando la red eléctrica a partir de las baterías, pudiendo cargar o descargar las baterías según las necesidades energéticas.
- Multicluster: es el cuadro eléctrico que une las líneas de los sistemas de producción, almacenamiento y receptores.
- Equipos de protección y control: incluyen interruptores magnetotérmicos y diferenciales para garantizar la seguridad de la instalación. Garantizan la protección contra cortocircuitos, sobrecargas y otros riesgos eléctricos.
- Líneas eléctricas: se utilizan para el transporte y la distribución de la energía eléctrica a todas las viviendas de la población.
- Transformadores: para adaptar las tensiones, distribuir eficientemente la electricidad, proporcionar seguridad y estabilidad del suministro eléctrico.

En cuanto a la estructura de la red de distribución, que posteriormente se calculará detalladamente, se parte de una tensión normalizada de salida en la central de 400 V, pero al ser un valor demasiado alto para la tensión nominal de los equipos eléctricos de Honduras, se debe adecuar para su transporte, distribución y llegar a la tensión nominal de cada vivienda que son 110 V con tolerancia de  $\pm 5\%$ . Se acometerán líneas monofásicas que suministran energía eléctrica a grupos de viviendas, procurando equilibrar el sistema trifásico en la medida de lo posible.

#### 4.4 Red de distribución

Para diseñar la red de distribución eléctrica, es fundamental contar con la ubicación precisa de cada una de las viviendas en la localidad. Durante mi estancia en la comunidad, realicé un mapeo exhaustivo (Ilustración 12) de todas las viviendas, que quedaron registradas y marcadas en Google Earth. Esta información geográfica es crucial para planificar de manera eficiente la infraestructura de distribución eléctrica y garantizar una cobertura adecuada y equitativa para todas las viviendas de la comunidad.

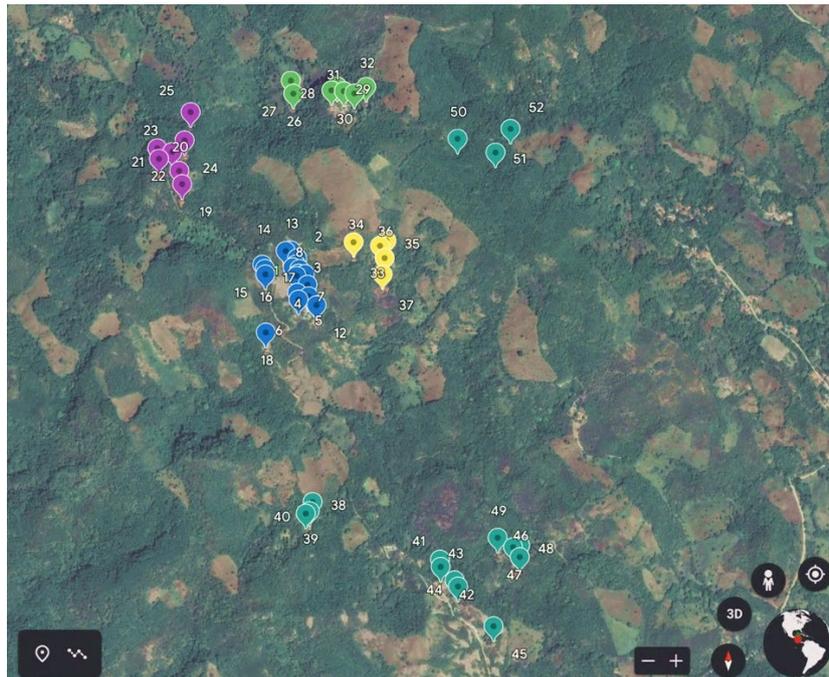


ILUSTRACIÓN 12. LOCALIZACIÓN DE LAS VIVIENDAS EN TORRECILLA

Al analizar la ubicación de las viviendas en Torrecilla, se pudo observar que algunas de ellas se encuentran distanciadas considerablemente de la central eléctrica. Con el objetivo de garantizar un suministro eficiente y efectivo, se tomó la decisión de establecer cuatro líneas de distribución desde la central hacia las viviendas que se agrupaban en zonas cercanas. Cada línea se representa con un color específico: la línea 1 en azul oscuro, la línea 2 en morado, la línea 3 en verde y la línea 4 en amarillo. (Ilustración 12)

Sin embargo, se identificaron otras viviendas representadas en azul verdoso que se encuentran ubicadas a una distancia considerable de la central eléctrica. Dadas las condiciones topográficas y la distancia involucrada, se consideró que la instalación de una línea de distribución hasta estas viviendas sería inconveniente y poco práctica. Por lo tanto, se propone que estas viviendas sean consideradas como viviendas aisladas de la central eléctrica. Para abastecerlas de energía, se instalará un sistema independiente compuesto por paneles solares, baterías e inversores, que permitirá satisfacer sus necesidades energéticas de manera autónoma.

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

### 5.1 Curva de demanda

Para realizar el cálculo de la central híbrida y de esta forma determinar la potencia de cada uno de los componentes se debe de partir de la demanda de energía eléctrica de la comunidad, concretamente de la curva de demanda diaria ( $P = f(t)$ ). Para obtener esta curva se llevó a cabo una encuesta entre los habitantes de diferentes áreas de la aldea. Es importante tener en cuenta que la obtención de una curva de demanda precisa resultó desafiante debido a que la comunidad carecía de suministro eléctrico hasta ahora, lo que significa que no estaban familiarizados con su consumo energético. Sin embargo, se incluyeron en la encuesta aquellos equipos eléctricos que podrían mejorar su calidad de vida y que podrían ser cubiertos por la producción de energía eléctrica. Se calculó la curva de demanda tomando en consideración que en la comunidad de Torrecilla hay un total de 52 viviendas. En la ilustración 13 se puede apreciar cómo es una vivienda tipo de esta comunidad.



ILUSTRACIÓN 13. VIVIENDA EN TORRECILLA

La gráfica 4 muestra la curva de demanda de la población obtenida a través de las encuestas realizadas a diferentes habitantes de la población. Se inició el estudio analizando la demanda propia de cada vivienda conociendo los receptores que conectarían y aproximadamente las horas de utilización, igualmente de los edificios comunes como la escuela, la bodega y el campo de fútbol.

Con todo ello se construyó la curva de demanda, que, integrándola en un determinado periodo, se obtiene la energía consumida, que en un día que resulta ser de 163,7 kWh para toda la población. Además, se observa un pico de demanda de 11,5 kW entre las 18:00 y las 19:00 horas. Estos datos

son importantes para dimensionar adecuadamente el sistema de generación y asegurar que pueda satisfacer las necesidades energéticas de la comunidad durante todo el día, incluyendo los momentos de mayor demanda.



GRÁFICA 4. CURVA DE DEMANDA DE TORRECILLA

## 5.2 Configuración de la micro red híbrida mediante el software HOMER

Tras evaluar la ubicación de las viviendas en Torrecilla, se pudo observar que existen cuatro zonas claramente definidas donde se agrupan un total de 37 viviendas que serán abastecidas por la central eléctrica. Sin embargo, debido a las condiciones topográficas y la distancia entre viviendas, se consideró que las otras 15 viviendas estaban aisladas y requerirían un suministro energético independiente.

En este sentido, es crucial examinar el estado de las baterías, ya que, aunque el proyecto de suministro eléctrico es financiado por la AECID, el mantenimiento de la central no está contemplado en su financiamiento. Por lo tanto, es fundamental optimizar la utilización de las baterías para asegurar un suministro eléctrico eficiente y duradero.

Las baterías utilizadas son de tipo ácido-plomo, que tienen una vida útil estimada de aproximadamente 10 años. Sin embargo, mediante un manejo adecuado del gasificador y el estado de las baterías, es posible encontrar una solución óptima desde el punto de vista económico y de eficiencia energética, evitando que en algún momento la población se quede sin suministro eléctrico.

Se buscará maximizar la capacidad de las baterías y prolongar su vida útil, garantizando así una adecuada provisión de energía a las viviendas de la comunidad de Torrecilla. Esto implica

implementar estrategias de gestión y mantenimiento eficientes que permitan un uso óptimo de las baterías y aseguren un suministro eléctrico confiable y sostenible a lo largo del tiempo.

### 5.2.1 Descripción del software HOMER

HOMER es un software de optimización utilizado para evaluar diseños de sistemas de energía. Simplifica el proceso de toma de decisiones al considerar diferentes componentes, sus tamaños y costos tecnológicos. Desarrollado por el Laboratorio Nacional de Energías Renovables (NREL) de Estados Unidos, HOMER combina modelos matemáticos y técnicas de optimización para comparar diferentes configuraciones de sistemas. Utiliza una base de datos de tecnologías de generación, almacenamiento y control de energía, junto con datos de disponibilidad de recursos. Mediante la simulación de la operación del sistema y la aplicación de algoritmos de optimización, HOMER encuentra la configuración óptima que cumple con criterios específicos, como la minimización de costos o la maximización de la confiabilidad del sistema.

### 5.2.2 Datos de entrada

Antes de realizar la simulación, es necesario calcular las variables de entrada para dimensionar adecuadamente la instalación. A partir de estos cálculos iniciales, se procede a realizar la simulación y, con los resultados obtenidos, se seleccionan definitivamente los equipos y la potencia necesaria para cada uno de ellos.

Al inicio de la simulación, es importante indicar tanto las variables de entrada, así como las variables de salida en el software HOMER. Las variables de entrada consideradas son las siguientes:

- Potencia solar: Se elige una potencia que sea capaz de cubrir la demanda eléctrica de un día, permitiendo así que durante las horas de exceso se carguen las baterías y que pueda satisfacer la demanda en caso de fallos en la generación. Este cálculo se realiza teniendo en cuenta el perfil de carga y los valores diarios de radiación solar.
- Capacidad de carga de las baterías: Se selecciona una capacidad adecuada para las baterías, de manera que puedan almacenar los excesos de energía generados y suministrar electricidad en momentos sin producción solar.
- Grupo de biomasa: Se ha elegido el grupo de biomasa de menor potencia disponible en el mercado, considerando su capacidad de generación de energía y la máxima potencia demandada por la población (11.5 kW).
- Potencia de los inversores bidireccionales (Sunny Island): Se define la máxima potencia que estos inversores pueden gestionar en el flujo de energía, ya sea suministrando energía desde las baterías a los receptores o viceversa.
- Potencia del inversor de red: Este inversor está conectado a los paneles solares y su potencia se selecciona en relación con la potencia solar generada. Debe ser igual o superior a la potencia solar para garantizar un suministro eléctrico adecuado.

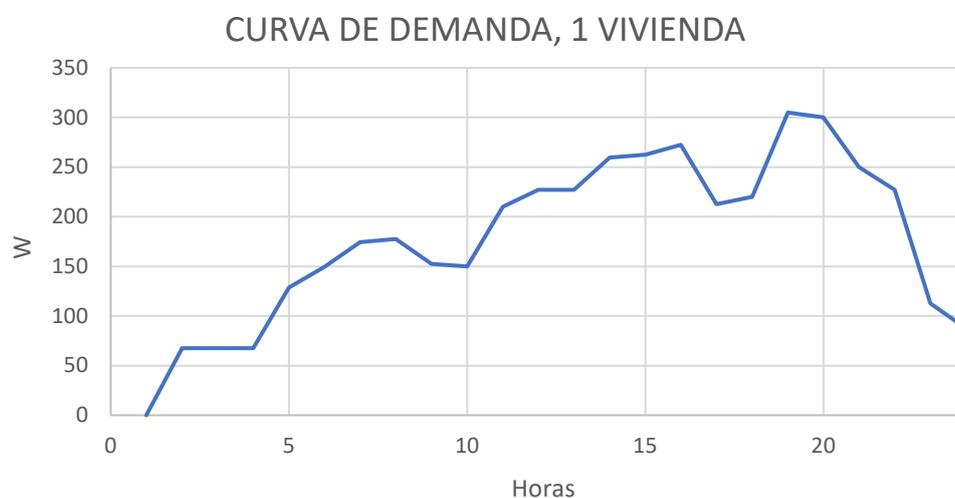
A partir de estas variables de entrada, el software HOMER trabaja y se realizan modificaciones en las variables con el objetivo de lograr la convergencia deseada. Se busca evitar que las baterías se descarguen más allá del 50% de su capacidad y limitar la frecuencia de uso del grupo de biomasa.

La variable de salida más importante es el estado de carga de las baterías, el cual debe mantenerse por encima del 50% para garantizar un suministro eléctrico continuo y confiable. Con base en estos resultados de simulación, se realizará la selección final de los equipos y la potencia necesaria para cada uno de ellos en la instalación.

La curva de demanda es un factor crucial que se introduce en HOMER, junto con los recursos y tecnologías energéticas, para obtener resultados precisos en la simulación. HOMER compara la demanda de energía en cada hora con la capacidad del sistema para suministrarla, lo que influye en los resultados obtenidos.

El perfil de carga diario representa el promedio constante de demanda durante las 24 horas del día a lo largo de todo el año, sin distinguir entre días de semana, fines de semana, meses o estaciones. Se introduce una variabilidad aleatoria del 15% para considerar más incertidumbre en los valores de entrada. HOMER genera los 8,760 valores horarios correspondientes a todo el año a partir de estos datos.

En la siguiente gráfica se presenta el perfil de carga individual para el dimensionamiento de las viviendas aisladas. El perfil de carga de la comunidad, que representa las 37 viviendas que forman parte de la central se encuentra en la gráfica 4.



GRÁFICA 5. PERFIL DE CARGA PARA UNA VIVIENDA AISLADA

Los perfiles de carga muestran que el consumo de la central eléctrica, compuesta por 37 viviendas, es de aproximadamente 163,7 kWh, mientras que el consumo de una vivienda aislada es de 4,29 kWh. Estos datos son necesarios para introducir en el software.

### 5.2.3 Simulación de la central eléctrica en HOMER

Para simular los datos de la central híbrida, como se indicó se ha utilizado el software Homer incorporándole el perfil de carga horaria y un porcentaje de variabilidad que se ha estimado en el 15%, con lo que se generan tres gráficas informativas, que se muestran en la ilustración 13.

La primera gráfica muestra la curva de demanda, que ya hemos visto anteriormente.

La segunda gráfica, denominada DMap, representa los meses y las horas de demanda crítica a lo largo del año. En el eje horizontal se encuentran los meses, mientras que en el eje vertical se representan las horas del día. Se puede observar que las horas de comida y cena (sobre las 13:00 y entorno a las 19:00) presentan mayor demanda y son propensas a generar picos de carga.

Por último, la tercera gráfica muestra la variabilidad entre los diferentes meses del año, brindando información sobre las fluctuaciones de la demanda a lo largo del año.

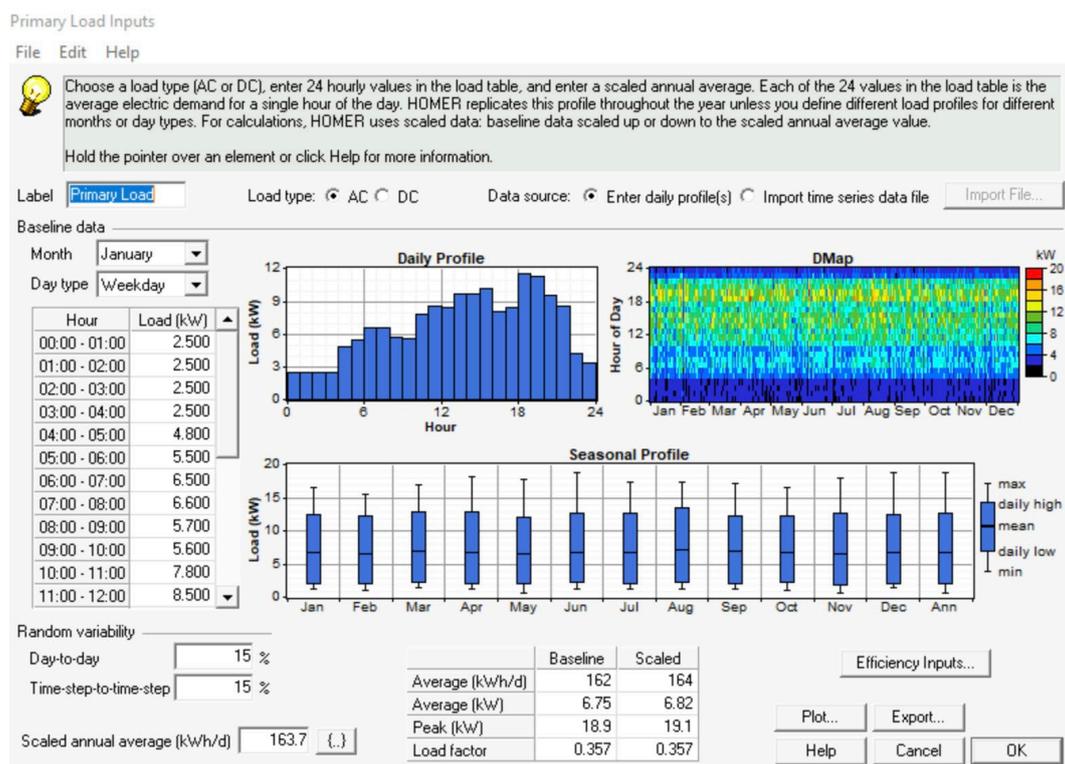


ILUSTRACIÓN 14. PERFIL DE CARGA EN HOMER

### 5.2.4 Componentes y recursos

Tras analizar los recursos disponibles (solar, eólico, biomasa e híbrido), se ha determinado que tanto la energía solar como la biomasa son abundantes en la zona, por lo que se proponen estos como soluciones de generación eléctrica.

En consecuencia, los componentes principales de la central serán los paneles solares y la biomasa para la producción de energía. Sin embargo, será necesario contar con baterías para almacenar la energía generada y con inversores para convertir la corriente continua de los paneles en corriente alterna para su distribución. Estos elementos permitirán garantizar un suministro constante y fiable de electricidad a la comunidad.

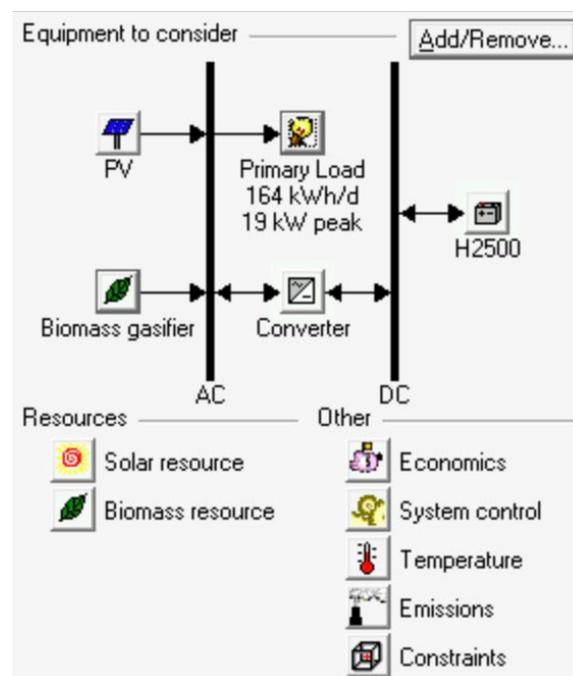


ILUSTRACIÓN 15. COMPONENTES EN HOMER

Una vez que se han seleccionado los componentes, es necesario introducir los recursos disponibles en el sistema. En el caso del recurso solar, se utiliza el programa PVGIS para obtener información precisa. Utilizando el mapa disponible, se ubica Torrecilla y se accede a los datos mensuales proporcionados por PVGIS. A partir de estos datos, se calcula la media diaria de radiación solar para introducir en el software HOMER. Esta información permitirá realizar una simulación precisa y evaluar el rendimiento del sistema de generación solar en la comunidad.

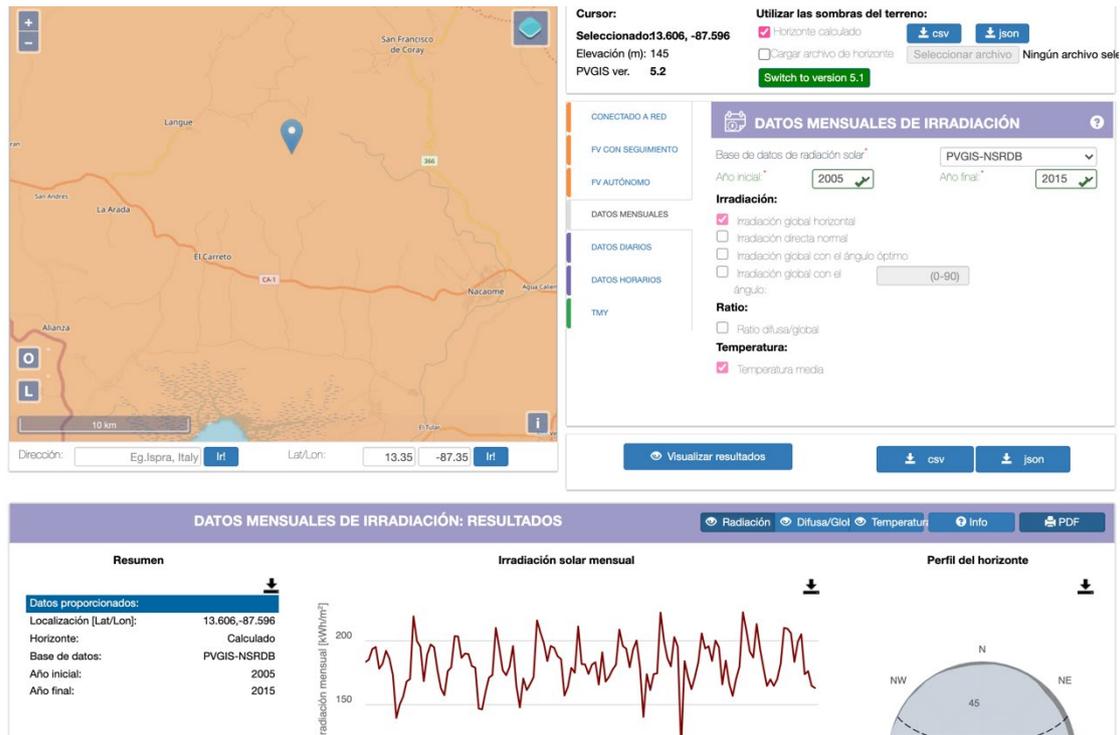


ILUSTRACIÓN 16. RESULTADOS PVGIS

Los datos solares se pueden obtener en formato PDF y luego se introducen en el software HOMER. Dividiendo los datos entre los días del mes, se obtiene la radiación solar diaria en  $\text{kWh}/\text{m}^2/\text{d}$ , junto con una gráfica que representa estos valores. Esta información es crucial para evaluar el potencial solar y dimensionar adecuadamente el sistema de generación fotovoltaica en la comunidad de Torrecilla.

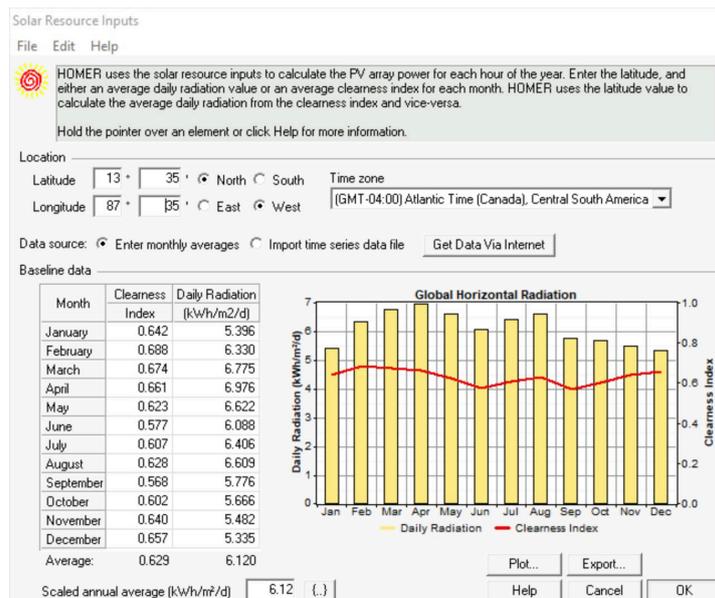


ILUSTRACIÓN 17. RECURSO SOLAR EN HOMER

Una vez obtenido el recurso solar, también es importante introducir la temperatura media en el software HOMER. Esta información se puede obtener del PVGIS, y es fundamental para tener en

cuenta el efecto de la temperatura en el rendimiento de los paneles solares. La temperatura media permite realizar cálculos más precisos y realistas en la simulación del sistema de generación fotovoltaica en la comunidad de Torrecilla.

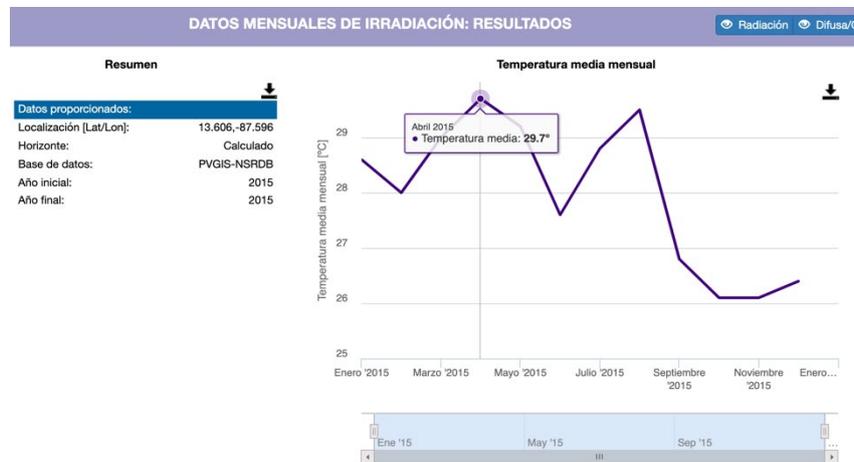


ILUSTRACIÓN 18. TEMPERATURA MEDIA MENSUAL EN TORRECILLA CON PVGIS

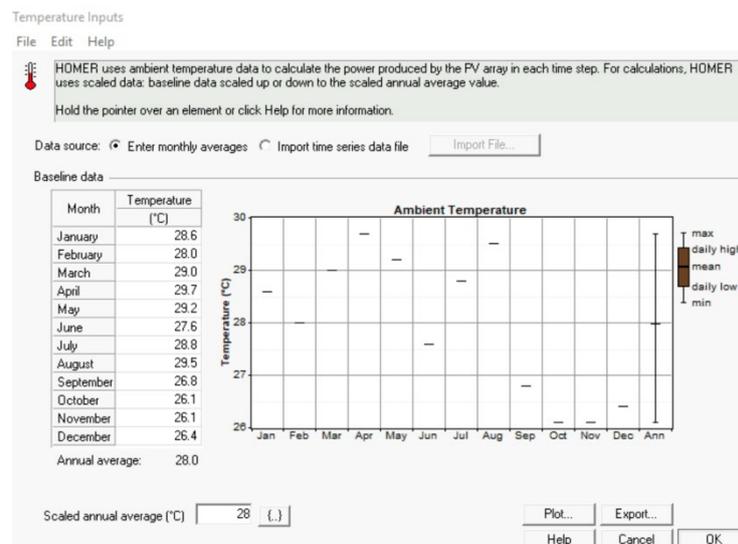


ILUSTRACIÓN 19. TEMPERATURA EN HOMER

En el apartado de "Restricciones" del software HOMER, se establece un límite anual de escasez de capacidad del 10% para obtener los resultados de simulación. Tras configurar las condiciones de temperatura, radiación y restricciones, se detallan los componentes de la central: paneles solares, biomasa, baterías e inversores. La elección de estos equipos se basa en la capacidad de generación requerida, la eficiencia de los paneles y la disponibilidad de biomasa. Es importante considerar las especificaciones técnicas y los costos para lograr una configuración óptima que satisfaga las necesidades energéticas de la comunidad de Torrecilla.

1. **Paneles solares:** Al acceder a la pestaña correspondiente, se solicita introducir el costo por kilovatio (kW), lo que permite calcular el precio total según los paneles seleccionados para el proyecto. Dentro del presupuesto se incluyen los soportes metálicos necesarios, y en caso de ser necesario reemplazar equipos, la inversión sería ligeramente inferior al costo inicial.

Mediante la ficha técnica de los paneles solares se consultan datos como el coeficiente de temperatura, la temperatura nominal de operación de las celdas y la eficiencia en condiciones de prueba estándar. Estos detalles técnicos son importantes para evaluar el rendimiento y la idoneidad de los paneles solares elegidos.

PV Inputs

File Edit Help

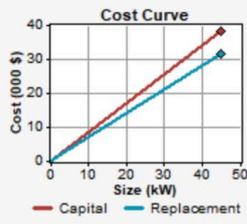
Enter at least one size and capital cost value in the Costs table. Include all costs associated with the PV (photovoltaic) system, including modules, mounting hardware, and installation. As it searches for the optimal system, HOMER considers each PV array capacity in the Sizes to Consider table.

Note that by default, HOMER sets the slope value equal to the latitude from the Solar Resource Inputs window.

Hold the pointer over an element or click Help for more information.

Costs			
Size (kW)	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/yr)
1.000	850	700	25
{.}	{.}	{.}	{.}

Sizes to consider
Size (kW)
0.000
45.000



Properties

Output current  AC  DC

Lifetime (years)  {.}

Derating factor (%)  {.}

Slope (degrees)  {.}

Azimuth (degrees W of S)  {.}

Ground reflectance (%)  {.}

Advanced

Tracking system

Consider effect of temperature

Temperature coeff. of power (%/°C)  {.}

Nominal operating cell temp. (°C)  {.}

Efficiency at std. test conditions (%)  {.}

Help Cancel OK

ILUSTRACIÓN 20. PANELES SOLARES EN HOMER

2. **Biomasa:** Considerando que el equipo de biomasa tiene una capacidad de 25 kW, es necesario ajustar el factor horario. Si no se limita el horario, el software HOMER puede proponer la conexión del gasificador durante más de 4,000 horas al año sin utilizar apenas las baterías, lo cual no es viable. Por lo tanto, se restringe el horario para que HOMER proponga la conexión del gasificador durante aproximadamente 850 horas al año, y el resto de la demanda se cubra con la energía almacenada en las baterías.

Tras varias iteraciones, el horario que ha mostrado mejores resultados es el siguiente:

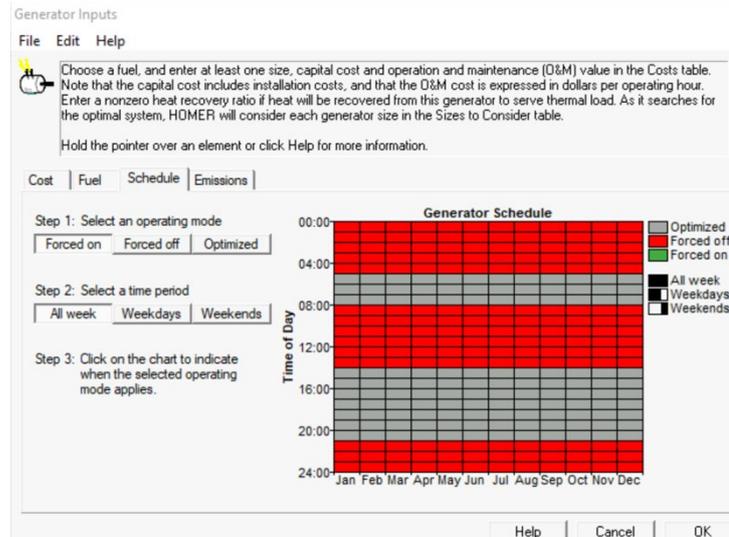


ILUSTRACIÓN 21. HORARIO GASIFICADOR EN HOMER.

En el software se indican las horas en las que se propone la conexión o no del gasificador, las más apropiadas, conociendo las posibilidades de la población, son las indicadas en la ilustración 21: la zona horaria coloreada en rojo representa las horas en las que el gasificador se mantiene desconectado (de 00:00 a 05:00, de 08:00 a 14:00 y de 21:00 a 24:00), es decir, no se utiliza para la generación de energía. Por otro lado, el color gris, que son las restantes horas, indica en las que se puede conectar el gasificador, que no implica necesariamente que esté conectado. En las posibles horas de conexión, el software busca la mejor forma de equilibrar la generación de energía con las otras fuentes, como los paneles solares y las baterías y, si es necesario, se conecta.

3. Inversores bidireccionales: Se han seleccionado seis inversores de 6 kW cada uno para cubrir el dimensionado del proyecto. El precio de los inversores se puede consultar en el presupuesto del proyecto. En la ficha técnica de los inversores, se pueden consultar datos como la eficiencia y la expectativa de vida útil. En el software HOMER, se solicita ingresar los tamaños a considerar para los inversores, y en nuestro caso se consideraron 6 inversores de 6 kW cada uno, resultando un total 36 kW, en razón a que son monofásicos y hay que crear una red trifásica, así como a la potencia de entrada y salida de baterías. En caso de duda, se pueden explorar varios escenarios para determinar la configuración óptima.
4. Baterías: Las baterías seleccionadas para el proyecto tienen una capacidad de 2933 Ah con tensión de 48 V. Por lo tanto, la única variable que tenemos en consideración es el estado de las baterías. Nuestro objetivo es prolongar su vida útil, ya que en esa área se presentan limitaciones económicas y la adquisición de nuevas baterías no será fácil. Sin embargo, también queremos asegurar una cobertura constante de energía y evitar quedarnos sin suministro. El primer paso consistirá en ingresar los datos de la batería para obtener detalles más específicos. Inicialmente, evaluaremos el estado de la central con las baterías limitadas al 70%, es decir, utilizando solo el 30% de su capacidad. Es probable que esto resulte en un mayor uso del gasificador y que no se cubra completamente la demanda energética. Luego, evaluaremos el estado de carga de la batería al 50% y finalmente al 30%.

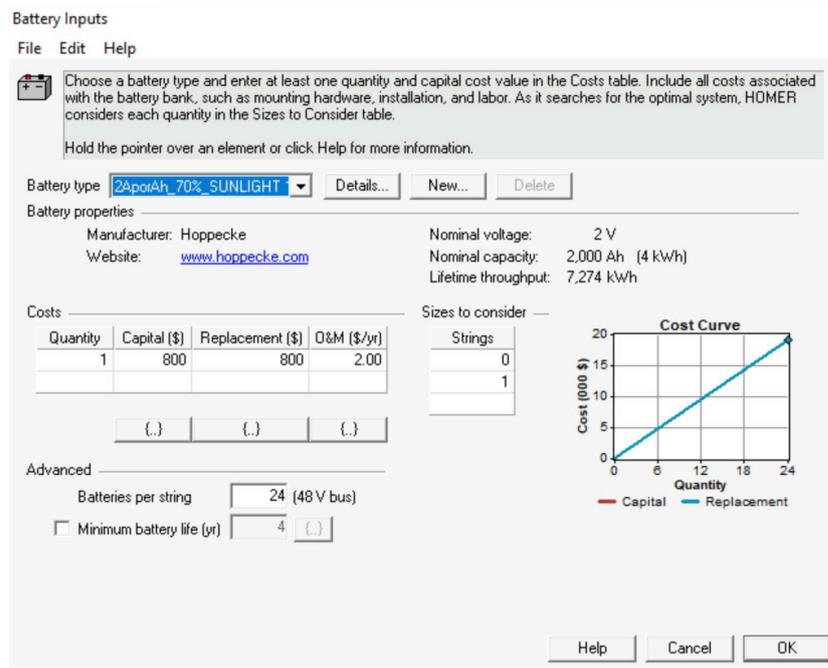


ILUSTRACIÓN 22. SELECCIÓN DE BATERÍA EN HOMER

La batería seleccionada es la Hoppecke 16 OPzS 2000.

Los datos disponibles de los modelos de batería no se ajustan exactamente a nuestras especificaciones, por lo tanto, crearemos una nueva entrada para introducir los datos correspondientes a nuestra batería.

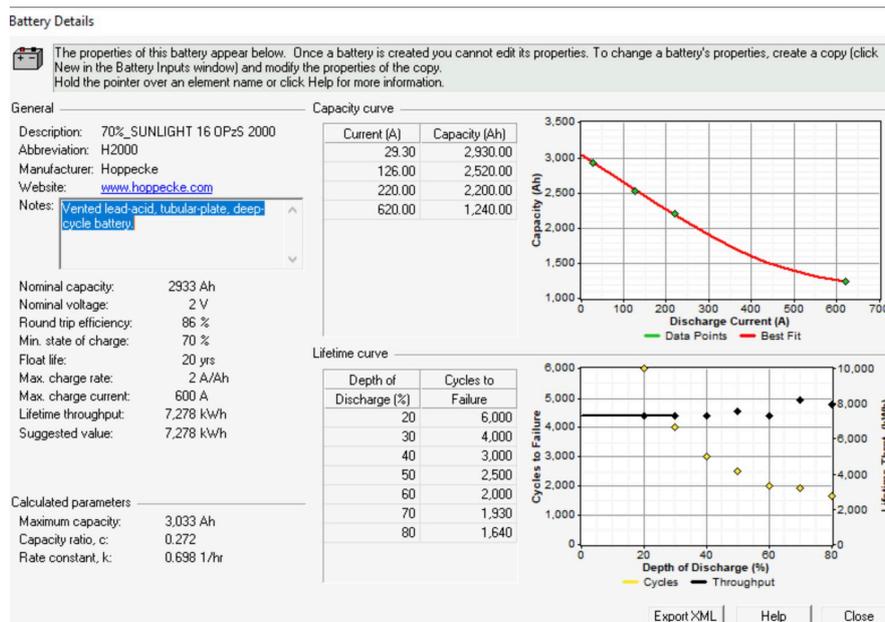


ILUSTRACIÓN 23. CREAR NUEVA BATERÍA EN HOMER

### 5.2.5 Baterías

Una vez creada la entrada de la batería, procederemos a cambiar el estado de carga para determinar qué escenario sería el ideal, tanto para garantizar un suministro eléctrico continuo como para maximizar la vida útil de las baterías. Se han estudiado tres escenarios: que el nivel de carga de las baterías nunca descienda por debajo del 70%, del 50% y del 30% de su capacidad total de carga.

- **Baterías al 70% de estado de carga**

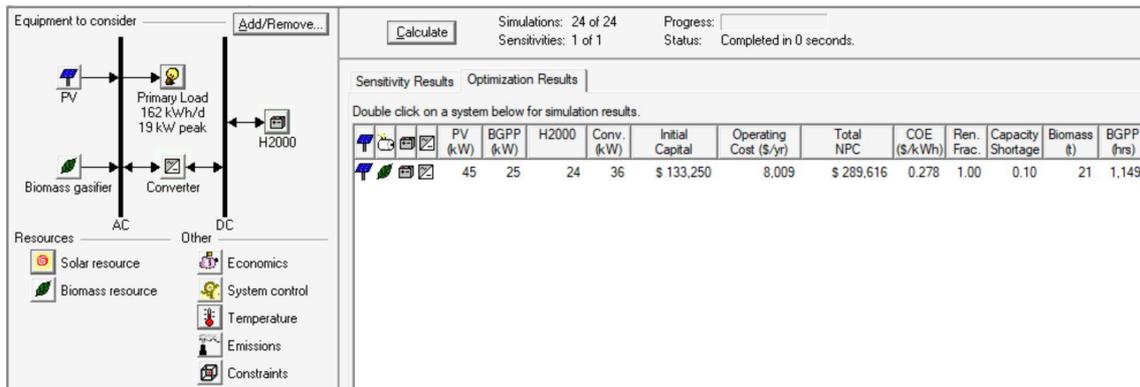


ILUSTRACIÓN 24. RESULTADOS SIMULACIÓN BATERÍA 70%

Como se puede apreciar en la imagen previa, el estado mínimo de carga se ha establecido en un 70%. Por lo tanto, procedemos a simular seleccionando la opción "Calcular" y obtenemos varios resultados de simulaciones, siendo la opción "Categorizado" la óptima.

Es importante destacar que las características simuladas corresponden a las que estarán disponibles en la central, con una capacidad de 45 kW de energía fotovoltaica, un gasificador de 25 kW, 24 baterías, con un total de carga del 141 kWh y 36 kW de inversores.

De acuerdo con estas características, HOMER simula que el **gasificador** necesitará funcionar aproximadamente **1.149 horas al año**.

Al buscar resultados de simulación el software presenta diversas opciones para obtener gráficas. La primera opción muestra un resumen de los costes, seguida por el flujo de caja. Sin embargo, no se toman en consideración estas dos primeras opciones, puesto que más adelante se detallará el presupuesto del proyecto. En tercer lugar, se encuentra la sección eléctrica, seguida por los datos y gráficas correspondientes a la energía fotovoltaica, biomasa, baterías, inversores y emisiones. Por último, es posible visualizar los datos horarios en un gráfico donde se pueden seleccionar los elementos a mostrar.

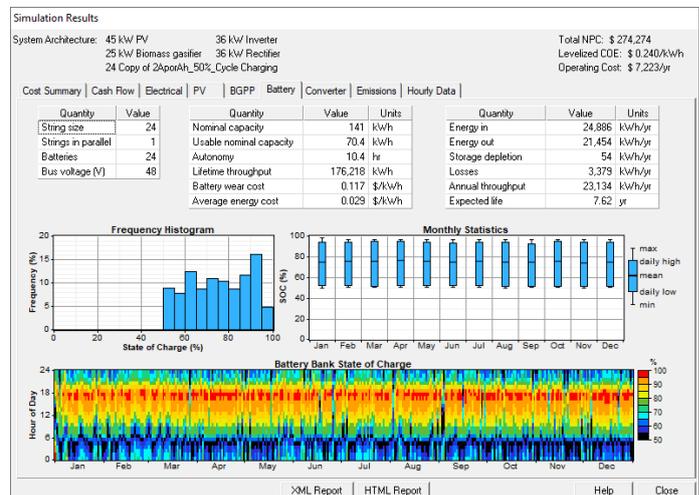
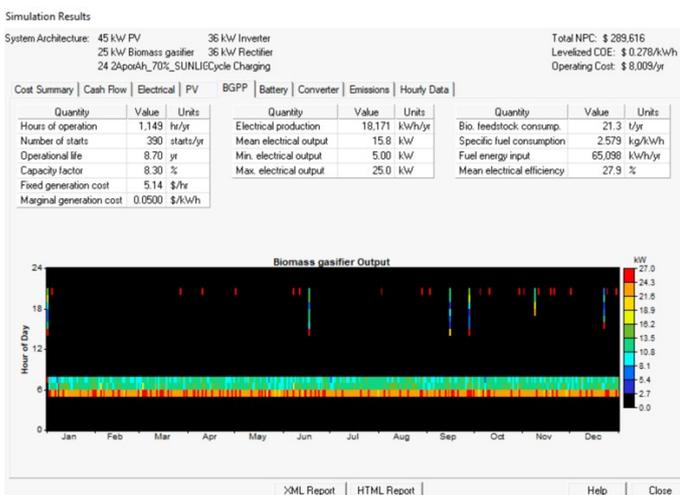
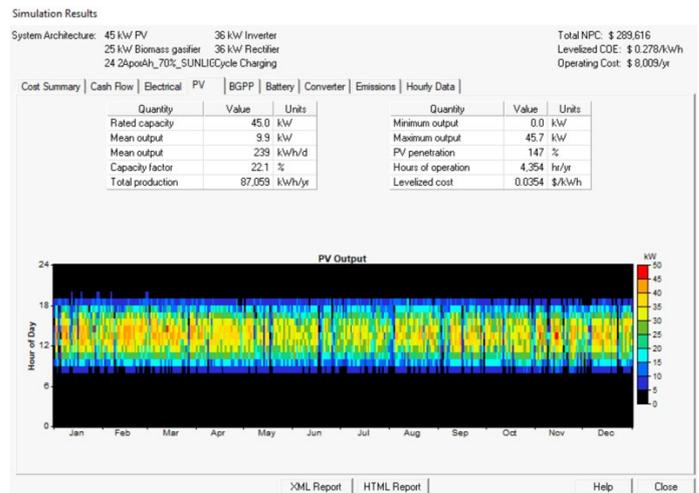
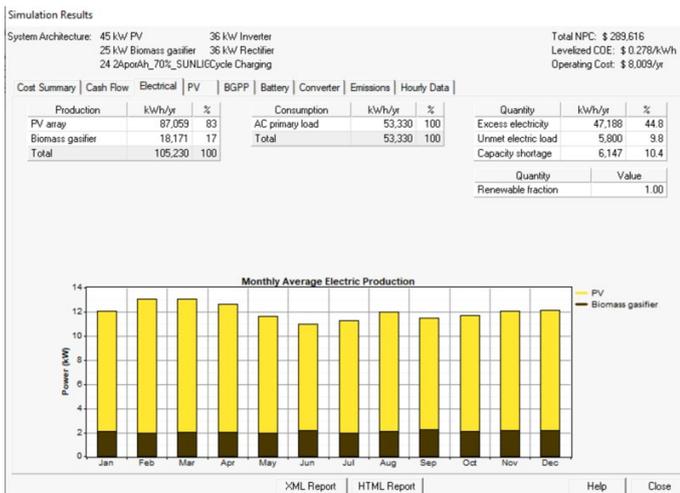


ILUSTRACIÓN 25. GRÁFICAS Y DATOS SIMULACIÓN HOMER

Así se presentan los datos y gráficas de simulación. En el primer cuadrante se muestran los datos eléctricos, como la producción, el consumo, el exceso o **déficit de energía** tanto en kWh/año como en porcentaje, (**en este caso 9,8%**). Además, en la gráfica se puede observar la comparativa entre la potencia producida por la energía fotovoltaica y la del gasificador. También se puede notar que el consumo de biomasa se mantiene más estable a lo largo de los meses, mientras que el de energía fotovoltaica fluctúa más.

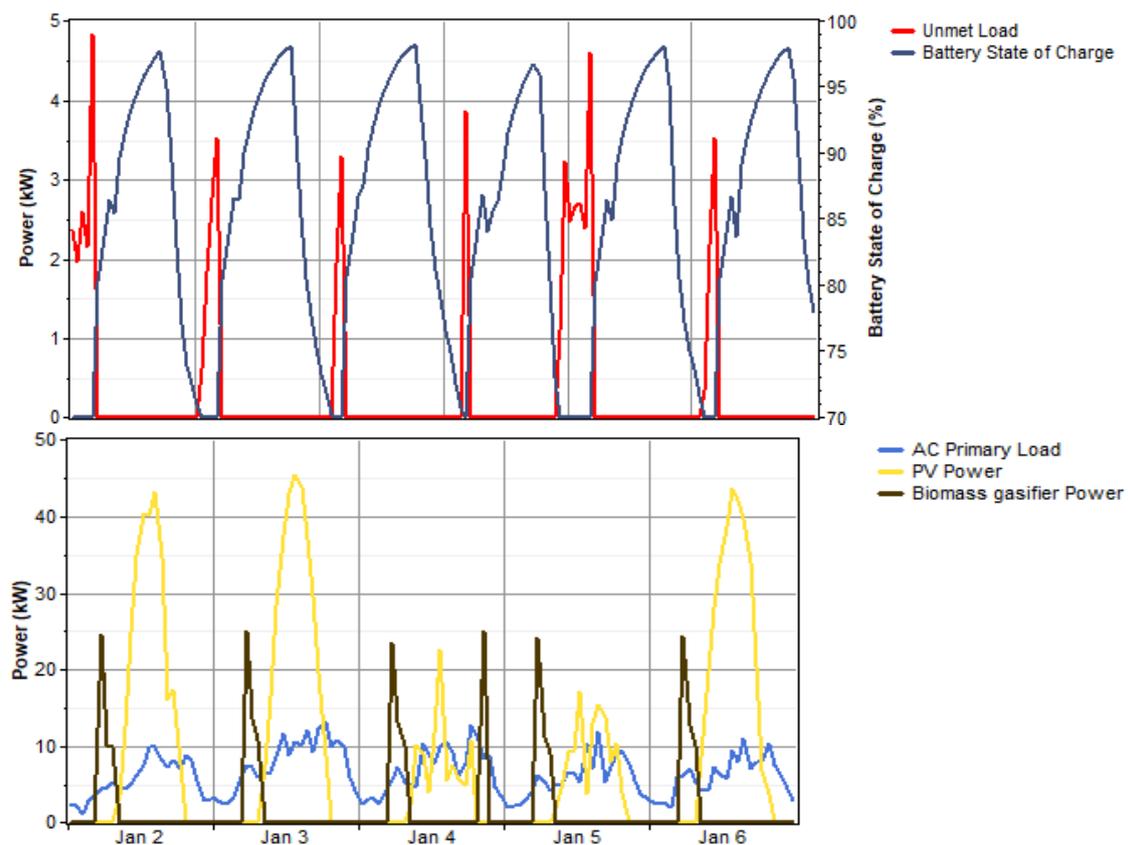
En el segundo cuadrante se encuentran los datos relacionados con la energía fotovoltaica. En la gráfica se muestra la potencia producida por los paneles fotovoltaicos en cada hora del día, durante todos los meses del año. Es posible apreciar que los meses de junio y julio presentan una producción más baja.

En el tercer cuadrante se presentan los datos del gasificador de biomasa, que, con la previsión de horas de conexión, se observa que las de mayor producción son alrededor de las 5 de la mañana y las 20 de la tarde. En los datos se muestra la producción anual, la vida útil estimada (en este caso, 8,7 años) y el consumo específico de combustible, que sería de 21,3 toneladas al año.

En el cuarto cuadrante se encuentran los datos referentes a las baterías, como su autonomía, capacidad nominal, capacidad utilizada, pérdidas y vida útil estimada. En este caso, se dispone de 141 kWh de capacidad nominal, pero se utiliza solo 42,2 kWh debido a la limitación al 70% de carga. La **vida útil estimada sería de 11,3 años**, lo cual sería ideal para las comunidades rurales, ya que les permitiría ahorrar para reemplazar las baterías en el futuro.

Finalmente, a continuación, se presenta una gráfica con datos horarios dividida en dos partes para mayor claridad. En la parte superior, se muestra el estado de carga de las baterías en color azul y el consumo no cubierto en color rojo. En el eje de abscisas encontramos los datos relativos a la primera semana de enero, y en el eje de ordenadas el estado de carga de baterías en valor porcentual, además de la potencia en kW. Cuando las baterías alcanzan el 70% de carga, el consumo no está cubierto y es en ese momento cuando el gasificador entra en funcionamiento.

En la parte inferior de la gráfica, se representa la producción de energía fotovoltaica en amarillo, la producción de biomasa en marrón y la curva de carga en azul. Como en el caso anterior, en el eje de abscisas se presentan valores de la primera semana de enero mientras que en el eje de ordenadas se presenta la potencia en kW. Se puede apreciar que una vez que la producción de energía fotovoltaica finaliza y las baterías comienzan a descargarse, el gasificador se activa, principalmente por la mañana, aunque hay días, como se muestra en el ejemplo del 1 de enero, en los que también es necesario conectarlo por la tarde.



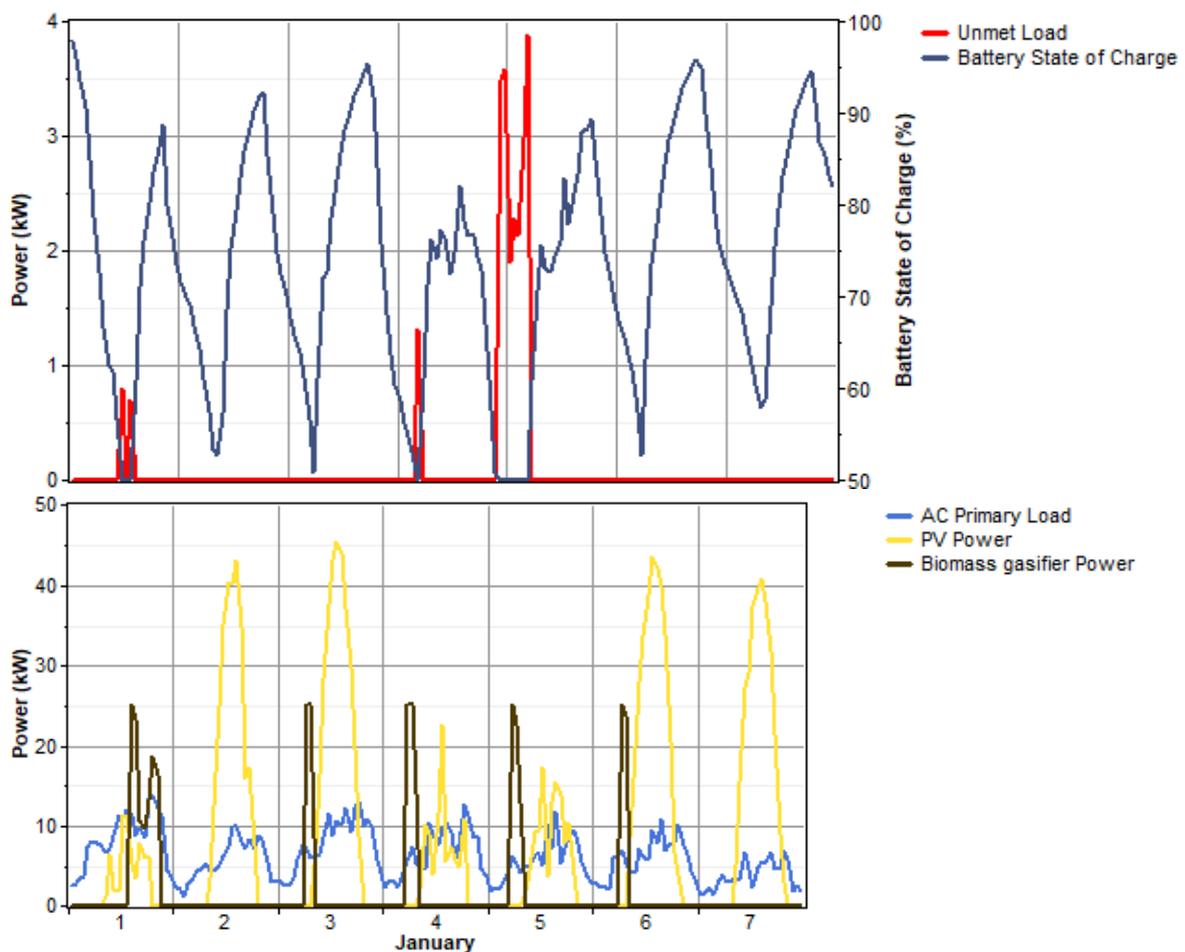
GRÁFICA 6. RESUMEN SIMULACION- BATERÍAS AL 70%

- **Baterías al 50% de estado de carga**

Para comenzar, se procederá a crear nuevamente la ficha de la batería. Este proceso es sencillo, ya que el programa permite hacer una copia de la ficha existente, siendo necesario únicamente modificar el nombre y establecer el nuevo valor de estado mínimo de carga, que ahora será del 50%.

Una vez realizada la simulación, se puede observar que el uso del **gasificador** se reduce a **831 horas anuales**, lo cual resulta más factible. En cuanto a la producción de energía, se estima que el 83% provendrá de la energía fotovoltaica, mientras que el 17% restante será cubierto por la biomasa. En comparación con los resultados anteriores, donde la batería se encontraba al 70%, ahora solo **queda un 1,2% de carga por cubrir**. Estas estadísticas muestran una mejora significativa, tal como se esperaba.

En relación a la esperanza de vida de los equipos, es de destacar que la del gasificador aumenta a 12 años, con un consumo estimado de 20,7 toneladas de combustible al año. Por otro lado, se espera que las **baterías tengan una duración de 7,62 años**. Cabe mencionar que, de los 141 kWh disponibles, únicamente se utilizan 70,4 kWh, lo cual indica que se les está dando un uso adecuado durante su período de funcionamiento.



GRÁFICA 7. RESUMEN SIMULACIÓN- BATERÍAS AL 50%

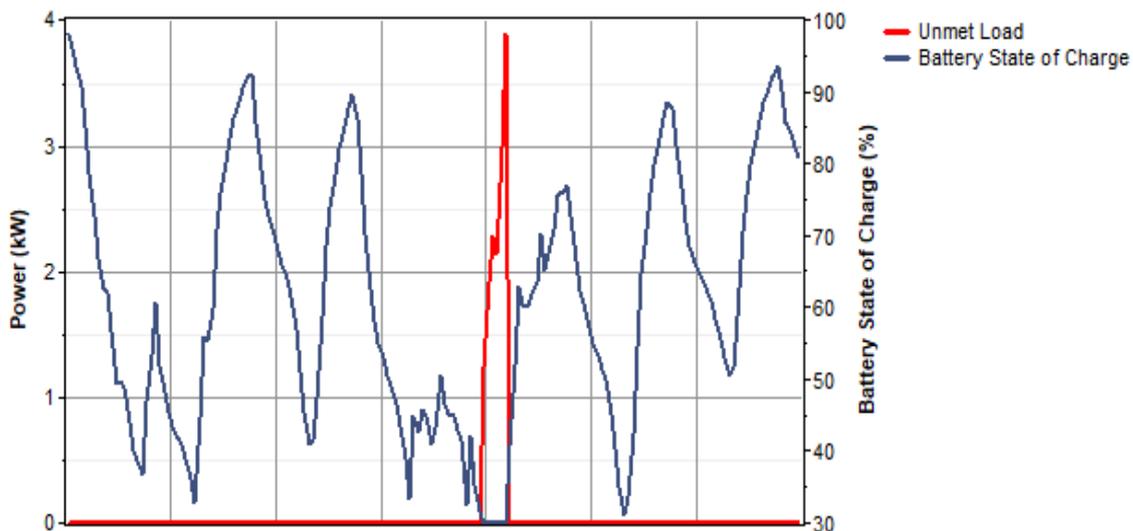
En la gráfica presentada, se puede observar de manera evidente la reducción significativa del consumo no cubierto. Resulta interesante notar que las baterías nunca alcanzan el nivel máximo del 100%, pero tampoco disminuyen por debajo del límite establecido del 50%, tal como se ha limitado previamente. Asimismo, es notable que el gasificador se activa durante menos horas en comparación con el escenario anterior, habiendo días en los que ni siquiera es necesario encenderlo, a diferencia de la configuración previa en la cual se activaba dos veces al día.

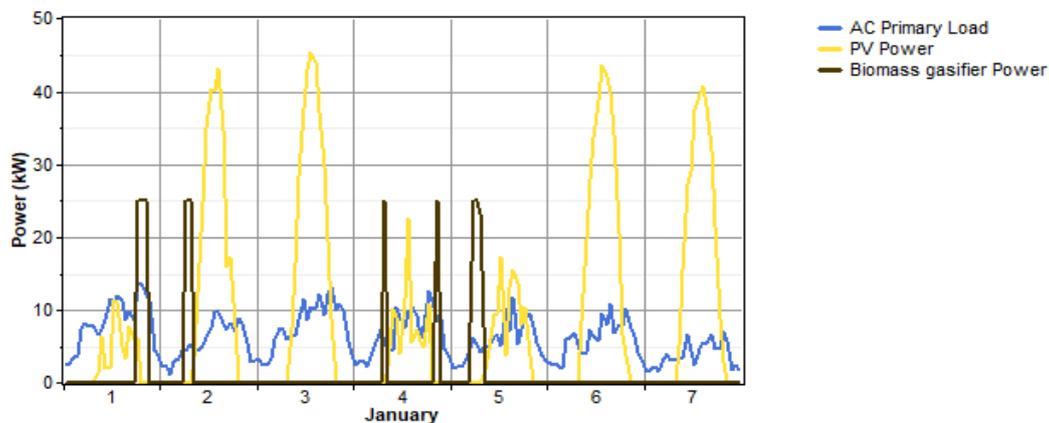
- **Baterías al 30% de estado de carga**

Una vez se ha creado la nueva ficha de la batería con la limitación del estado de carga al 30%, se obtienen los datos de la simulación y se muestra la gráfica resumen, como en los casos anteriores.

Tras simular este nuevo escenario, se observa que el **gasificador** se conecta durante **287 horas al año**, lo que implica que el 93% de la demanda se cubre con la energía fotovoltaica y el restante 7% con biomasa. Por otra parte, el porcentaje de **carga sin cubrir se reduce ahora a un 0,5%**, lo cual representa una mejora significativa y un dato relevante a considerar al seleccionar el escenario óptimo.

En cuanto a la vida útil del gasificador, se estima en 35 años, con un consumo anual de 7,7 toneladas de combustible. Por su parte, las baterías tienen una **esperanza de vida de 6,55 años** y utilizan 98,5 kWh de los 141 kWh disponibles.





GRÁFICA 8. RESUMEN SIMULACIÓN-BATERÍAS AL 30%

En esta gráfica también se evidencia una reducción significativa en la carga sin cubrir, donde la línea roja apenas aparece en comparación con los resultados anteriores. El estado de las baterías fluctúa en función de la energía fotovoltaica, y la biomasa también se activa con menos frecuencia, pero en promedio una vez al día, al igual que en la simulación anterior. Es posible que haya días en los que no sea necesario su funcionamiento, pero en general, se conecta una vez al día.

### 5.2.6 Resultados

Después de realizar la simulación de los tres escenarios, se ha determinado que la opción óptima para la microrred de Torrecilla sería mantener las baterías con un estado de carga del 50% para preservar su vida útil. Esta elección se basa en las limitaciones económicas de la comunidad, ya que no cuentan con los recursos para reemplazar fácilmente las baterías. Al mantenerlas con una vida útil prolongada y según los resultados de la simulación, se logra cubrir casi toda la demanda de energía, y el gasificador se utiliza durante un número razonable de horas, aproximadamente 831 horas al año, lo que equivale a encenderlo alrededor de 2,3 horas al día.

La razón por la cual no se eligió la primera opción es porque quedaba cerca del 10% de la demanda sin cubrir, lo cual sería problemático en una microrred aislada como la de Torrecilla. En comparación, la segunda opción tenía solo un 1,2% de demanda sin cubrir, lo cual resultaba más conveniente para evitar riesgos. Además, en la vida real, fuera de la simulación, no se estaría limitando el estado de carga al 50%, por lo que, si en algún momento disminuyera al 30% para cubrir esa demanda adicional del 1,2%, o se conectara más horas el gasificador, el problema estaría resuelto. También es importante tener en cuenta que aumentar las horas de funcionamiento del gasificador implicaría tener que desplazarse hasta la central para conectarlo, lo cual resulta poco práctico y reduce su vida útil. Dado que el gasificador es un equipo costoso y difícil de reemplazar en Honduras, se busca prolongar al máximo su vida útil, ya que una vez que deje de funcionar, será necesario recurrir a un grupo electrógeno de menor potencia y coste.

En cuanto a la tercera opción, en la que las baterías se mantendrían al 30% de estado de carga, no se seleccionó debido a que implicaría reemplazar las baterías en menor tiempo, reduciendo su vida útil a aproximadamente 6,5 años, y además no cubriría el 100% de la demanda. Además, sería necesario conectar el gasificador casi todos los días durante menos de una hora, lo cual resulta menos conveniente que encenderlo durante un par de horas.

Es importante tener en cuenta que la simulación realizada en HOMER se basa en datos y restricciones establecidas, y se ha limitado el horario de funcionamiento del gasificador para que se encienda en horas razonables. Por lo tanto, en la simulación se muestra un porcentaje de carga anual sin cubrir. Sin embargo, en la vida real, se cuenta con una potencia de gasificador mayor que la máxima demanda de la población, lo que significa que en momentos de déficit de energía se puede conectar durante un período adicional, evitando que la comunidad quede sin suministro eléctrico.

### 5.3 Cálculo de la instalación de las viviendas aisladas

En el diseño de cada vivienda aislada, se utiliza un sistema basado en paneles solares, un inversor y baterías. Actualmente, se cuenta con un diseño similar, pero de muy poca potencia y calidad. Sin embargo, se busca mejorar el sistema actual para brindar un suministro de energía más confiable y eficiente.

Para satisfacer la demanda eléctrica de una vivienda aislada, se instalan tres paneles solares de 460 W de potencia cada uno. La gráfica 3 muestra la radiación solar, y se puede observar que, en un día con una radiación máxima durante aproximadamente 4 horas, la energía proporcionada por los paneles sería de 1,840 kWh. En aquellos días en los que la radiación solar sea mayor o la energía producida no se esté consumiendo, se utilizarán las baterías, que en este caso son de 2,4 kWh. De esta manera, cuando el recurso solar no esté disponible, las baterías se utilizarán para suministrar energía a las viviendas.

Es importante destacar que el sistema actual cuenta con un inversor de onda cuadrada, en lugar de onda sinusoidal pura obtenida a través de un PWM. Este tipo de onda cuadrada no consigue poner en funcionamiento ciertos electrodomésticos como pueden ser las neveras. Debido a esta limitación, actualmente no es posible poner en funcionamiento las neveras utilizando los inversores disponibles en Nacaome, independientemente de su potencia. Sin embargo, con el nuevo diseño propuesto, el uso de neveras sería un avance significativo para la población, ya que se utilizaría un inversor de onda pura con 2,2 kW de potencia.

La instalación se realiza mediante el uso de kits diseñados específicamente para viviendas aisladas. Cada kit incluye un inversor de 2,2 kW, una batería de 48 V / 2,4 kWh, tres paneles solares de 460 W, un soporte metálico para los paneles, cableado y un cuadro de protección.

Con este nuevo diseño y la implementación de los kits adecuados, se espera mejorar significativamente el suministro de energía en las viviendas aisladas y proporcionar una solución más eficiente y fiable para satisfacer las necesidades energéticas de la población.

Una vez más, se introducen los componentes que formarán la instalación de las 15 viviendas aisladas en el software HOMER, al igual que se hizo previamente con la central eléctrica. Se espera que toda la demanda eléctrica quede cubierta con 1,35 kW de potencia solar y 2,4 kWh de baterías de ion-litio, las cuales pueden descargarse hasta un límite del 10% de la carga máxima. El inversor de 2,2 kW proporcionará estabilidad, ya que finalmente se podrán conectar diversos electrodomésticos.

Tras realizar la simulación, se verifica que toda la demanda queda cubierta. A continuación (ilustración 26), se presentan los resultados de la simulación de las viviendas aisladas, en las que se observa que en ningún momento el nivel de carga de las baterías desciende por debajo del 10%.

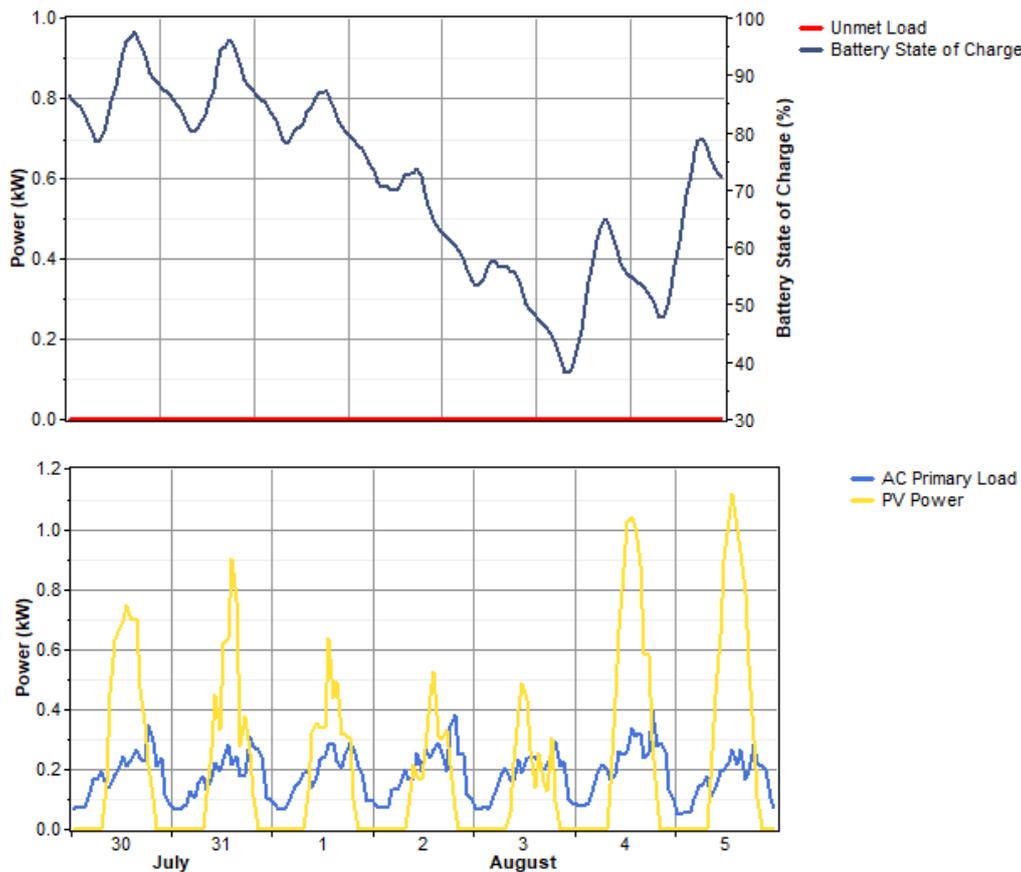


ILUSTRACIÓN 26. SIMULACIÓN EN HOMER DE VIVIENDAS AISLADAS

## 5.4 Cálculo de la red de distribución

Para diseñar la red de distribución eléctrica, se tomaron las decisiones pertinentes tras dividir la zona en diferentes áreas. Se identificaron cuatro zonas con un mayor número de viviendas, mientras que las viviendas restantes se encontraban alejadas del núcleo y no fueron consideradas en la planificación.

La ilustración 12 muestra todas las casas, representadas mediante líneas de diferentes colores, y las viviendas aisladas se identifican con otro color específico. Al final de cada línea principal, se

encuentra una caseta que alberga un transformador. Desde el transformador hasta las viviendas, se establecen líneas secundarias que se consideran de menor voltaje y la sección de cable necesaria.

Se ha considerado los 4 grupos de viviendas a los que se les suministra electricidad desde la central. Se partió, como hipótesis que cuantas más viviendas se conecten a la central, mejor, ya que esto proporciona mayor seguridad al tener un gasificador. El proyecto prevé una línea trifásica hacia cada grupo de viviendas, que se conectará a un transformador para reducir la tensión, y posteriormente se instalan líneas monofásicas hacia cada una de las viviendas. Estas líneas monofásicas se agrupan de manera que el sistema quede equilibrado en las tres fases.

En líneas de gran longitud, la principal consideración es la caída de tensión, que debe ser limitada. De esta forma resultan líneas de sección mucha más elevada que la que resultaría atendiendo al cálculo por calentamiento.

Se ha calculado la caída de tensión asumiendo que no debe superar una fluctuación de  $\pm 5\%$  de la nominal, donde se estima un 2% correspondiente al transformador y el resto se distribuye entre las líneas monofásicas y trifásicas. Se prevé una caída de tensión menor en las líneas trifásicas para que, en caso de una futura expansión, se pueda controlar la caídas de tensión. Si se requiere mayor potencia, se añaden más líneas desde el centro de transformación siempre intentando equilibrar el sistema trifásico.

$$U = \rho \cdot 2 \cdot \frac{L_{eq}}{S} \cdot I \quad (V) \quad \text{Monofásico} ; \quad U = \rho \cdot \frac{L_{eq}}{S} \cdot I \quad (V) \quad \text{Trifásico}$$

No es necesario realizar los cálculos de corrientes de cortocircuito, ya que si los módulos solares y el gasificador que se cortocircuitan tienen corrientes muy bajas y una impedancia sincrónica muy elevada, respectivamente. Por lo tanto, con una corriente de cortocircuito mínima de 5 kA de los magnetotérmicos es suficiente.

A continuación, se presentan las líneas individuales que alimentan a cada vivienda correspondiente, indicando la distancia entre ellas.

Es importante destacar que esta descripción general del diseño de la red de distribución eléctrica sirve como base para analizar y determinar los detalles específicos de cada línea y su respectiva distancia para abastecer a las viviendas correspondientes.

### 5.4.1 Línea 1



ILUSTRACIÓN 27. LÍNEA 1

En la ilustración 25, se observa una línea trifásica en color azul y de mayor anchura, que conecta la central eléctrica con el transformador. A partir del transformador, se alimentan las viviendas mediante tres líneas monofásicas. La línea R, junto con el neutro, abastece a las viviendas de la 2 a la 6, siendo la primera destinada al alumbrado del campo de fútbol. La línea T, también con el neutro, suministra energía a las viviendas del 7 al 12. Por último, la línea S, junto con el neutro, se extiende desde la 13 hasta la 18. La vivienda 13 corresponde a la escuela, mientras que la vivienda 14 es la bodega, ambas con un consumo reducido.

Es importante destacar que algunas viviendas se encuentran en construcción o están próximas a serlo, ya que la disponibilidad de suministro eléctrico ha incentivado el desarrollo de nuevas viviendas en la zona. Es evidente que la vivienda 18 se encuentra a una distancia considerable, lo que implica una mayor caída de tensión. Sin embargo, se consideró que no era conveniente aislar dicha vivienda debido a su proximidad con las viviendas de sus hijos, ubicadas en las viviendas 15, 16 y 17.

LÍNEA 1	METROS
Línea trifásica	110
Línea R	210
Línea T	323
Línea S	158

TABLA 1. DISTANCIAS LÍNEA 1

Las distancias entre los postes fueron cuidadosamente planificadas durante mi estancia en la zona. Se estableció una distancia promedio de 25 metros entre cada poste, suficiente para una sujeción mecánica adecuada. También se tuvo en cuenta las condiciones del terreno, por lo que si se encontraba una zona rocosa, se colocaría el poste a una distancia de diferente. En caso de que el terreno fuese de tierra, se mantuvo una distancia de 25 metros entre los postes. Estas medidas se tomaron para no exceder en ningún caso los 30 metros de distancia entre los postes y garantizar un funcionamiento óptimo del sistema eléctrico. Utilizando las mediciones de cada poste, se calcularon las distancias reales de cada línea.

#### 5.4.2 Línea 2



ILUSTRACIÓN 28. LÍNEA 2

En la ilustración, se puede observar en color morado y con mayor grosor la línea trifásica que conecta la central eléctrica con el transformador. A partir del transformador, se ramifican tres líneas secundarias identificadas como R, S y T. La línea R suministra energía a las viviendas 19 y 20, la línea T alimenta a las viviendas 21 y 22, y la línea S abastece a la vivienda 23 hasta la 25, que se encuentra un poco más alejada. Aunque la vivienda 25 se encuentra distante, se decidió no aislarla debido a su cercanía con las viviendas 23 y 24.

LÍNEA 2	METROS
Línea trifásica	576
Línea R	100
Línea T	113
Línea S	184

TABLA 2. DISTANCIAS LÍNEA 2

### 5.4.3 Línea 3



ILUSTRACIÓN 29. LÍNEA 3

La línea en verde representa la conexión desde la central eléctrica hasta el transformador, siendo la de mayor longitud de todas las líneas. A continuación, se observan tres bifurcaciones que corresponden a las líneas secundarias. La línea R suministra energía a las viviendas 26 y 27, las cuales descienden por un barranco. A pesar de las dificultades encontradas para colocar los postes en esta área, se eligió la ruta más segura y de menor longitud con la colaboración de los residentes de la aldea. La línea T abastece a las viviendas 28 y 29, mientras que la línea S alimenta a las viviendas 30 a 32. Cada línea se representa en tonos diferentes de verde para distinguirlas claramente.

LÍNEA 3	METROS
Línea trifásica	580
Línea R	189
Línea T	34
Línea S	126

TABLA 3. DISTANCIAS LÍNEA 3

#### 5.4.4 Línea 4



ILUSTRACIÓN 30. LÍNEA 4

La línea 4, representada en amarillo/naranja, consta de una línea principal más gruesa y tres bifurcaciones que suministran energía a las viviendas mediante líneas secundarias. La línea R abastece a la casa 33, la línea T alimenta a las casas 34 y 35, y la línea S suministra energía a las dos últimas viviendas, que son la 36 y 37. Con esta configuración, todas las 37 viviendas quedan conectadas y alimentadas desde la central eléctrica.

LÍNEA 4	METROS
Línea trifásica	280
Línea R	17
Línea T	51
Línea S	104

TABLA 4. DISTANCIAS LÍNEA 4

Se han distribuido las líneas secundarias de esta forma para que las tres fases (R, S y T) estén equilibradas.

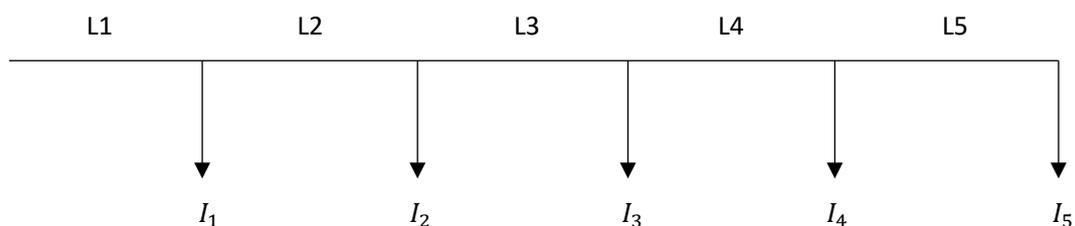
#### 5.4.5 Procedimiento de cálculo

En primer lugar, es importante definir cómo se va a realizar la distribución de energía desde la central eléctrica. La energía generada en la central se distribuye a través de líneas hasta llegar a cuatro transformadores, con el objetivo de reducir las pérdidas durante el transporte de energía eléctrica. Posteriormente, se lleva a cabo la distribución a las viviendas utilizando cables de menor sección. Cada vivienda se ha considerado que tendrá una potencia de 1,1 kW.

La tensión de trabajo en la central eléctrica es de 400V entre fases, la cual puede ser regulada. Tomando en cuenta que la tensión nominal en Honduras es de 110V, y según la normativa hondureña, la variación permitida es de  $\pm 5\%$ , se ha decidido ajustar la tensión de salida de la central a 350V.

Se ha previsto que la c.d.t. del transformador sea de 2%, y posteriormente, desde la salida del transformador hasta las viviendas, también habrá una c.d.t. adicional que en su totalidad se tenga una fluctuación del  $\pm 5\%$  previsto.

En una distribución con conductores de sección constante, como en el caso de la línea que alimenta un conjunto de viviendas desde el transformador, la caída de tensión en la última vivienda, que es la que limita la caída de tensión, se calcula de la siguiente forma:



$$U_5 = R_1 \cdot (I_1 + \dots + I_5) + R_2 \cdot (I_2 + \dots + I_5) + R_3 \cdot (I_3 + \dots + I_5) + R_4 \cdot (I_4 + I_5) + R_5 \cdot (I_5)$$

sacando factor común  $\frac{\rho}{S}$  y llevándolo a la izquierda:

$$\frac{S}{\rho} \cdot U_5 = l_1 \cdot (I_1 + \dots I_5) + l_2 \cdot (I_2 + \dots I_5) + l_3 \cdot (I_3 + \dots I_5) + l_4 \cdot (I_4 + I_5) + l_5 \cdot (I_5)$$

Hay una longitud " $L_{eq}$ " tal que la caída de tensión que producen todas las intensidades ( $\Sigma I$ ) en esa longitud es la misma que se tiene al final de la línea, esto es, en  $l_5$ .

$$L_{eq} = \frac{\sum_1^n (l_i \cdot \sum_i^n I_i)}{\sum I_i}$$

Los cálculos pueden hacerse de esta manera o en el caso más desfavorable calcular la caída de tensión en la última vivienda considerando todas las intensidades. Se considera, por las características de los receptores que los factores de potencia son del mismo valor en todas las viviendas.

Cuando se distribuye la electricidad a varias viviendas juntas, como es el caso, se aplica un factor de simultaneidad que indica la potencia eléctrica necesaria para un hogar en caso de que todos los aparatos se conecten al mismo tiempo. En base a mi conocimiento personal del consumo eléctrico en la zona, pude elaborar una tabla con los factores de simultaneidad que consideré apropiados.

NÚMERO VIVIENDAS	FACTOR DE SIMULTANEIDAD
1 casa	1
2 casas	0,95
3 casas	0,9
4 casas	0,85
5 casas	0,83
6 casas	0,8
7 casas	0,77
8 casas	0,75
9 casas	0,73
10 o más casas	0,7

Tabla 5. Factor de simultaneidad

- $P_u$  = Potencia útil (W)
- $P_{inst}$  = Potencia instalada (W)
- $F_s$  = Factor de simultaneidad
- $I$  = Corriente (A)
- $U$  = Tensión (V)
- $U_c$  = Tensión de salida de la central (350V)
- $l$  = Longitud (m)
- $\rho$  = Resistividad del aluminio ( $\Omega \cdot \frac{mm^2}{m}$ )
- $S$  = Sección de los conductores ( $mm^2$ )
- $c.d.t$  % = Caída de tensión porcentual

Conociendo lo que representa cada uno de los componentes de la fórmula, procedemos a expresar las fórmulas que se han utilizado para realizar los cálculos de las líneas principales que van de la central eléctrica al transformador son las siguientes:

$$P_u = n^{\circ} \text{ de receptores} \cdot P_{inst} \cdot Fs \text{ (W)}$$

$$I = \frac{P_u}{\sqrt{3} \cdot U_2} \text{ (A)}$$

$$U = \frac{l \cdot \rho \cdot I}{S} \text{ (V)}$$

$$c.d.t = \frac{U}{\frac{350}{\sqrt{3}}} \cdot 100 \text{ (\%)}$$

Se estiman las c.d.t. en los transformadores del 2%.

A continuación, los cálculos para las líneas secundarias, del transformador a las viviendas, se han realizado de la siguiente manera:

$$I_{TOTAL} = n^{\circ} \text{ de viviendas} \cdot I_{1-vivienda} \cdot Fs \text{ (A)}$$

$$L_{eq}(I_{TOTAL}) = l_1 \cdot (I_1 + \dots I_5) + l_2 \cdot (I_2 + \dots I_5) + l_3 \cdot (I_3 + \dots I_5) + l_4 \cdot (I_4 + I_5) + l_5 \cdot (I_5) \text{ (m(A))}$$

$$L_{eq} = \frac{L_{eq}(I)}{I} \text{ (m)}$$

$$U = \rho \cdot 2 \cdot \frac{L_{eq}}{S} \cdot I \text{ (V)}$$

$$c.d.t = \frac{U}{\frac{200}{\sqrt{3}}} \cdot 100 \text{ (\%)}$$

#### 5.4.6 Cálculo Línea 1

##### Datos

-Resistividad del aluminio =  $0,028 \left(\Omega \cdot \frac{mm^2}{m}\right)$

-Intensidad por vivienda = 10 A

-Factor de simultaneidad = 0,8 (tabla 5)

-Sección de la línea primaria y secundaria =  $50 \text{ mm}^2$

Desde la central eléctrica al transformador 1, las pérdidas en la línea con 18 cargas, con un factor de simultaneidad de 0,7 y un factor de potencia de 0,9. Una potencia de 1100 VA/casa.

$$P_u = 18 \cdot 1100 \cdot 0,7 = 1380 \text{ VA}$$

$$I = \frac{13860}{\sqrt{3} \cdot 350} = 22,8 \text{ A}$$

$$U = \frac{110 \cdot 0,028 \cdot 22,8}{50} = 1,4 \text{ V}$$

$$c.d.t = \frac{1,4}{207} \cdot 100 = 0,67 \%$$

Consideramos una caída de tensión en el transformador del 2%.

Los cálculos desde el transformador a las viviendas se realizaron de la siguiente manera:

### Línea R

Transformador → Casa 1 29 metros

→ Casa 2 4 metros

→ Casa 3 56 metros

→ Casa 4 45 metros

→ Casa 5 28 metros

Transformador → Campo de fútbol 2 metros

Teniendo en cuenta que cada vivienda tiene un magnetotérmico que limita la intensidad a 10 A:

$$I_{TOTAL} = 10 \cdot 6 \cdot 0,8 = 48 \text{ A}$$

$$L_{eq} (48 \text{ A}) = 29 \cdot 48 + 4 \cdot 40 + 56 \cdot 32 + 45 \cdot 24 + 28 \cdot 16 + 2 \cdot 8 = 4888 \text{ m}$$

$$L_{eq} = \frac{4888}{48} = 102 \text{ m}$$

$$U = 0,028 \cdot 2 \cdot \frac{102}{50} \cdot 48 = 5,48 \text{ V}$$

$$c.d.t = \frac{5,48}{115} \cdot 100 = 4,7 \%$$

### Línea T

Transformador → Casa 6 19 metros

Casa 6 → Casa 7 28 metros

Casa 7 → Casa 8 25 metros

Casa 8 → Casa 9 26 metros

Casa 9 → Casa 10 27 metros

Casa 11 → Casa 12 33 metros

Teniendo en cuenta que cada vivienda tiene un magnetotérmico que limita la intensidad a 10 A:

$$I_{TOTAL} = 10 \cdot 6 \cdot 0,8 = 48 \text{ A}$$

$$L_{eq} (48 \text{ A}) = 19 \cdot 48 + 28 \cdot 40 + 25 \cdot 32 + 26 \cdot 24 + 27 \cdot 16 + 33 \cdot 8 = 4152 \text{ m}$$

$$L_{eq} = \frac{4152}{48} = 86,5 \text{ m}$$

$$U = 0,028 \cdot 2 \cdot \frac{86,5}{50} \cdot 48 = 4,65 \text{ V}$$

$$c.d.t = \frac{4,65}{115} \cdot 100 = 4 \%$$

### Línea S

Transformador → Escuela 35 metros

→ Bodega 40 metros

→ Casa 15 40 metros

→ Casa 16 45 metros

→ Casa 17 19 metros

→ Casa 18 212 metros

Teniendo en cuenta que cada vivienda tiene un magnetotérmico que limita la intensidad a 10 A:

$$I_{TOTAL} = 10 \cdot 6 \cdot 0,8 = 48 \text{ A}$$

$$L_{eq} (48 \text{ A}) = 35 \cdot 48 + 40 \cdot 40 + 40 \cdot 32 + 45 \cdot 24 + 19 \cdot 16 + 212 \cdot 8 = 7640 \text{ m}$$

$$L_{eq} = \frac{7640}{48} = 159 \text{ m}$$

$$U = 0,028 \cdot 2 \cdot \frac{159}{50} \cdot 48 = 8,5 \text{ V}$$

$$c. d. t = \frac{8,5}{115} \cdot 100 = 7,4 \%$$

### CAÍDA DE TENSIÓN LÍNEA 1

$$\mathbf{R: 4,7 + 2 + 0,67 = 7,37 \%}$$

$$\mathbf{T: 4 + 2 + 0,67 = 6,67 \%}$$

$$\mathbf{S: 7,4 + 2 + 0,67 = 10,07 \%}$$

### 5.4.7 Cálculo Línea 2

#### Datos

-Resistividad del aluminio =  $0,028 \left( \Omega \cdot \frac{mm^2}{m} \right)$

-Intensidad por vivienda = 10 A

-Factor de simultaneidad = 0,95 (tabla 5)

-Sección de la línea primaria =  $50 \text{ mm}^2$

-Sección de la línea secundaria =  $16 \text{ mm}^2$

Desde la central eléctrica al transformador 2, las pérdidas en la línea con 7 cargas, con un factor de simultaneidad de 0,77 y un factor de potencia de 0,9. Una potencia de 1100 VA/casa.

$$P_u = 7 \cdot 1100 \cdot 0,778 = 5929 \text{ VA}$$

$$I = \frac{5929}{\sqrt{3} \cdot 350} = 9,7 \text{ A}$$

$$U = \frac{576 \cdot 0,028 \cdot 9,7}{50} = 3,1 \text{ V}$$

$$c. d. t = \frac{3,1}{115} \cdot 100 = 1,5 \%$$

Consideramos una caída de tensión en el transformador del 2%.

Los cálculos desde el transformador a las viviendas se realizaron de la siguiente manera:

### Línea R

Transformador → Casa 19 55 metros

→ Casa 20 58 metros

Teniendo en cuenta que cada vivienda tiene un magnetotérmico que limita la intensidad a 10 A:

$$I_{TOTAL} = 10 \cdot 2 \cdot 0,95 = 19 A$$

$$L_{eq} (19 A) = 55 \cdot 19 + 58 \cdot 9,5 = 1596$$

$$L_{eq} = \frac{1596}{19} = 84$$

$$U = 0,028 \cdot 2 \cdot \frac{84}{16} \cdot 19 = 5,6 V$$

$$c. d. t = \frac{5,6}{115} \cdot 100 = 4,85 \%$$

### Línea T

Transformador → Casa 21 57 metros

→ Casa 22 43 metros

Teniendo en cuenta que cada vivienda tiene un magnetotérmico que limita la intensidad a 10 A:

$$I_{TOTAL} = 10 \cdot 2 \cdot 0,95 = 19 A$$

$$L_{eq} (19 A) = 19 \cdot 57 + 43 \cdot 9,5 = 1491,5 m$$

$$L_{eq} = \frac{1491,5}{19} = 78,5 m$$

$$U = 0,028 \cdot 2 \cdot \frac{78,5}{16} \cdot 19 = 5,2 V$$

$$c. d. t = \frac{5,2}{115} \cdot 100 = 4,5 \%$$

### Línea S

Transformador → Casa 23 28 metros

→ Casa 24 52 metros

→ Casa 25 104 metros

Teniendo en cuenta que cada vivienda tiene un magnetotérmico que limita la intensidad a 10 A:

$$I_{TOTAL} = 10 \cdot 3 \cdot 0,9 = 27 A$$

$$L_{eq} (27 A) = 28 \cdot 27 + 52 \cdot 18 + 104 \cdot 9 = 2628 m$$

$$L_{eq} = \frac{2628}{27} = 97,3 m$$

$$U = 0,028 \cdot 2 \cdot \frac{97,3}{16} \cdot 27 = 9,2 V$$

$$c. d. t = \frac{9,2}{115} \cdot 100 = 8 \%$$

### CAÍDA DE TENSIÓN LÍNEA 2

$$R: 4,85 + 2 + 1,5 = 8,35 \%$$

$$T: 4,5 + 2 + 1,5 = 8 \%$$

$$S: 8 + 2 + 1,5 = 11,5 \%$$

### 5.4.8 Cálculo Línea 3

#### Datos

-Resistividad del aluminio =  $0,028 (\Omega \cdot \frac{mm^2}{m})$

-Intensidad por vivienda = 10 A

-Factor de simultaneidad = 0,95 (tabla 5)

-Sección de la línea primaria =  $25 mm^2$

-Sección de la línea secundaria =  $16 mm^2$

Desde la central eléctrica al transformador 3, las pérdidas en la línea con 7 cargas, con un factor de simultaneidad de 0,77 y un factor de potencia de 0,9. Una potencia de 1100 VA/casa.

$$P_u = 7 \cdot 1100 \cdot 0,778 = 5929 VA$$

$$I = \frac{5929}{\sqrt{3} \cdot 350} = 9,7 A$$

$$U = \frac{580 \cdot 0,028 \cdot 9,7}{25} = 6,35 V$$

$$c. d. t \% = \frac{6,35}{207} \cdot 100 = 3 \%$$

Consideramos una caída de tensión en el transformador del 2%.

Los cálculos desde el transformador a las viviendas se realizaron de la siguiente manera:

### Línea R

Transformador → Casa 26 87 metros

→ Casa 27 102 metros

Teniendo en cuenta que cada vivienda tiene un magnetotérmico que limita la intensidad a 10 A:

$$I_{TOTAL} = 10 \cdot 2 \cdot 0,95 = 19 \text{ A}$$

$$L_{eq} (19 \text{ A}) = 87 \cdot 19 + 102 \cdot 9,5 = 2622 \text{ m}$$

$$L_{eq} = \frac{2622}{19} = 138 \text{ m}$$

$$U = 0,028 \cdot 2 \cdot \frac{138}{16} \cdot 19 = 9,2 \text{ V}$$

$$c. d. t = \frac{9,2}{115} \cdot 100 = 8 \%$$

### Línea T

Transformador → Casa 28 23 metros

→ Casa 29 10,5 metros

Teniendo en cuenta que cada vivienda tiene un magnetotérmico que limita la intensidad a 10 A:

$$I_{TOTAL} = 10 \cdot 2 \cdot 0,95 = 19 \text{ A}$$

$$L_{eq} (19 \text{ A}) = 23 \cdot 19 + 10,5 \cdot 9,5 = 537 \text{ m}$$

$$L_{eq} = \frac{537}{19} = 28,25 \text{ m}$$

$$U = 0,028 \cdot 2 \cdot \frac{28,25}{16} \cdot 19 = 1,87 \text{ V}$$

$$c. d. t = \frac{1,87}{115} \cdot 100 = 1,6 \%$$

### Línea S

Transformador → Casa 30 48 metros

→ Casa 31 34 metros

→ Casa 32 67 metros

Teniendo en cuenta que cada vivienda tiene un magnetotérmico que limita la intensidad a 10 A:

$$I_{TOTAL} = 10 \cdot 3 \cdot 0,9 = 27 \text{ A}$$

$$L_{eq} (27 \text{ A}) = 48 \cdot 27 + 34 \cdot 18 + 67 \cdot 9 = 2511 \text{ m}$$

$$L_{eq} = \frac{2511}{27} = 93 \text{ m}$$

$$U = 0,028 \cdot 2 \cdot \frac{93}{16} \cdot 27 = 8,8 \text{ V}$$

$$c. d. t = \frac{8,8}{115} \cdot 100 = 7,6 \%$$

### CAÍDA DE TENSIÓN LÍNEA 3

$$\mathbf{R: 8 + 2 + 03 = 13 \%}$$

$$\mathbf{T: 1,6 + 2 + 3 = 6,6 \%}$$

$$\mathbf{S: 7,6 + 2 + 3 = 12,6 \%}$$

#### 5.4.9 Cálculo Línea 4

##### Datos

-Resistividad del aluminio =  $0,028 \left( \Omega \cdot \frac{mm^2}{m} \right)$

-Intensidad por vivienda = 10 A

-Factor de simultaneidad = 0,95 (tabla 5)

-Sección de la línea primaria =  $25 \text{ mm}^2$

-Sección de la línea secundaria =  $16 \text{ mm}^2$

Desde la central eléctrica al transformador 4, las pérdidas en la línea con 5 cargas, con un factor de simultaneidad de 0,85 y un factor de potencia de 0,9. Una potencia de 1100 VA/casa.

$$P_u = 5 \cdot 1100 \cdot 0,83 = 4565 \text{ VA}$$

$$I = \frac{4565}{\sqrt{3} \cdot 350} = 7,5 \text{ A}$$

$$U = \frac{280 \cdot 0,028 \cdot 7,3}{25} = 2,36 \text{ V}$$

$$c. d. t = \frac{2,36}{115} \cdot 100 = 1,15 \%$$

Consideramos una caída de tensión en el transformador del 2%.

Los cálculos desde el transformador a las viviendas se realizaron de la siguiente manera:

### Línea R

Transformador → Casa 33 17 metros

Teniendo en cuenta que cada vivienda tiene un magnetotérmico que limita la intensidad a 10 A:

$$I_{TOTAL} = 10 \cdot 1 \cdot 1 = 10 A$$

$$L_{eq} (10 A) = 17 \cdot 10 = 170 m$$

$$L_{eq} = \frac{170}{10} = 17 m$$

$$U = 0,028 \cdot 2 \cdot \frac{17}{16} \cdot 10 = 0,6 V$$

$$c. d. t = \frac{0,6}{115} \cdot 100 = 0,5 \%$$

### Línea T

Transformador → Casa 34 24 metros

→ Casa 35 27 metros

Teniendo en cuenta que cada vivienda tiene un magnetotérmico que limita la intensidad a 10 A:

$$I_{TOTAL} = 10 \cdot 2 \cdot 0,95 = 19 A$$

$$L_{eq} (19 A) = 24 \cdot 19 + 27 \cdot 9,5 = 712,5 m$$

$$L_{eq} = \frac{712,5}{19} = 37,5 m$$

$$U = 0,028 \cdot 2 \cdot \frac{37,5}{16} \cdot 19 = 2,5 V$$

$$c. d. t = \frac{2,5}{115} \cdot 100 = 1,6 \%$$

### Línea S

Transformador → Casa 36 49 metros

→ Casa 37 55 metros

Teniendo en cuenta que cada vivienda tiene un magnetotérmico que limita la intensidad a 10 A:

$$I_{TOTAL} = 10 \cdot 2 \cdot 0,95 = 19 A$$

$$L_{eq} (19 A) = 49 \cdot 19 + 55 \cdot 9,5 = 1453,5 \text{ m}$$

$$L_{eq} = \frac{1453,5}{19} = 76,5 \text{ m}$$

$$U = 0,028 \cdot 2 \cdot \frac{76,5}{16} \cdot 19 = 5 \text{ V}$$

$$c. d. t = \frac{5}{115} \cdot 100 = 4,4 \%$$

#### **CAÍDA DE TENSIÓN LÍNEA 4**

$$\text{R: } 0,5 + 2 + 1,15 = 3,65 \%$$

$$\text{T: } 1,6 + 2 + 1,15 = 4,75 \%$$

$$\text{S: } 4,4 + 2 + 1,15 = 7,55 \%$$

### 5.4.10 Resumen cálculos

LÍNEA 1	Nº cargas	Long. Trifásica (m)	Sección trifásica (mm2)	Long. Monofásica (m)	Seccion monofásica (mm2)	Potencia (W)	Corriente (A)	C.d.t. total (%)	C.d.t. resultante (V)
R	6	110	50	210	50	5280	48	7.37	8.5
T	6	110	50	323	50	5280	48	6.67	7.7
S	6	110	50	158	50	5280	48	10.07	11.6
LÍNEA 2	Nº cargas	Long. Trifásica (m)	Sección trifásica (mm2)	Long. Monofásica (m)	Seccion monofásica (mm2)	Potencia (W)	Corriente (A)	C.d.t. total (%)	C.d.t. resultante (V)
R	2	576	50	100	16	2090	19	8.35	9.6
T	2	576	50	113	16	2090	19	8	9.2
S	3	576	50	184	16	2970	27	11.5	13.2
LÍNEA 3	Nº cargas	Long. Trifásica (m)	Sección trifásica (mm2)	Long. Monofásica (m)	Seccion monofásica (mm2)	Potencia (W)	Corriente (A)	C.d.t. total (%)	C.d.t. resultante (V)
R	2	580	25	189	16	2090	19	13	15
T	2	580	25	34	16	2090	19	6.6	7.6
S	3	580	25	126	16	2970	27	12.6	14.5
LÍNEA 4	Nº cargas	Long. Trifásica (m)	Sección trifásica (mm2)	Long. Monofásica (m)	Seccion monofásica (mm2)	Potencia (W)	Corriente (A)	C.d.t. total (%)	C.d.t. resultante (V)
R	1	280	25	17	16	1100	10	3.65	4.2
T	2	280	25	51	16	2090	19	4.75	5.5
S	2	280	25	104	16	2090	19	7.55	8.7

## 6. MATERIALES

Como se mencionó previamente, no es necesario realizar cálculos de corrientes de cortocircuito para los módulos solares y el gasificador, ya que sus corrientes son muy bajas y tienen una alta impedancia sincrónica, respectivamente. Por lo tanto, los dispositivos están sobredimensionados y no se verán afectados por una corriente de cortocircuito mínima de 5 kA. Se han seleccionado las **protecciones** más comunes disponibles en el mercado.

Cada vivienda estará equipada de un **interruptor magnetotérmico** y un **interruptor diferencial** para garantizar la seguridad. Los interruptores diferenciales serán necesarios para salvaguardar las viviendas contra posibles derivaciones de corriente. Estos diferenciales estarán configurados con características estándar de 2/25/0.03, adecuadas para este tipo de viviendas. Por otro lado, los interruptores magnetotérmicos protegerán las viviendas de cortocircuitos y sobrecargas. Sus características eléctricas serán de 2/10/C.

Además, a lo largo de la instalación, se requerirán diferentes interruptores magnetotérmicos en varios puntos para proteger las líneas contra sobrecargas y cortocircuitos. Estos dispositivos se ubicarán en diferentes puntos de la instalación. Es importante tener en cuenta que se utilizarán interruptores magnetotérmicos trifásicos y monofásicos según la zona de la instalación. Asimismo, el tamaño de los interruptores se determinará en función de la corriente esperada en cada zona.

Las **tomas a tierra** se utilizarán para conectar todos los equipos eléctricos de la central y las viviendas al potencial cero de la tierra, brindando protección adicional a las personas en caso de una posible derivación eléctrica al desviar la corriente hacia la tierra. En esta instalación, se requerirá una toma a tierra compuesta por una pica para cada vivienda, y se instalarán varias picas adicionales para las tomas de tierra en la central eléctrica. En cuanto a las **secciones del cableado**, se calcularon considerando la caída de tensión y utilizando valores estándar del mercado. La sección monofásica de 50 mm<sup>2</sup> para la línea 1 no es la más habitual, pero se eligió debido a la alta caída de tensión en la última casa, que se encuentra a mayor distancia que las demás.

Para el sistema de **inversores** bidireccionales Sunny Island, se seleccionaron seis unidades de 36 kW debido a su reconocida fiabilidad en el mercado. Este tipo de inversor desempeña un papel fundamental en la gestión de la energía eléctrica de la central. Además de crear la red eléctrica de corriente alterna, utiliza la energía almacenada en las baterías cuando el grupo de biomasa no está en funcionamiento. Cuando la energía generada por los paneles solares fotovoltaicos no es suficiente para cubrir toda la demanda eléctrica de la red, se recurre a la energía acumulada en las baterías a través de los Sunny Island. Del mismo modo, cuando la producción solar supera la demanda, el exceso se almacena en las baterías mediante el uso de los Sunny Island.

En resumen, este componente actúa como inversores bidireccionales, permitiendo la conversión de corriente continua proveniente de las baterías a corriente alterna para la red y viceversa.

En los momentos en los que las baterías no puedan cubrir la demanda, especialmente durante días nublados consecutivos, se optará por utilizar un **gasificador** de 25kW alimentado con leña. Este equipo produce gas a alta temperatura sin oxígeno o con una cantidad limitada de oxígeno, el cual se utiliza como combustible para generar electricidad. El gasificador está disponible tanto en la India

como en los Estados Unidos. Si bien la India ofrece seguridad debido a su avanzada investigación, se consideró que los Estados Unidos estarían más accesibles geográficamente.

En cuanto a los **paneles solares**, se eligieron aquellos que proporcionan la máxima potencia para simplificar la instalación. Mediante el uso del software HOMER, se realizaron numerosas simulaciones y se determinó que la mejor opción sería utilizar paneles solares con una capacidad de 45 kW. En la central hay un total de 89 paneles solares distribuidos entre un terreno con una inclinación de 18º y el tejado de la central eléctrica, que tiene una inclinación de 15º. En el terreno se configuraron 4 conjuntos de 7x2 paneles, lo que da un total de 56 paneles, mientras que en el tejado de la central eléctrica se dispusieron en 3 filas de 11 paneles, sumando un total de 33 paneles. Para este propósito, se seleccionó un **inversor** adecuado que se ajusta a la capacidad de los paneles.

En cuanto a las **baterías**, se optó por utilizar baterías de plomo ácido en la central debido a su menor costo y de las de ion-Litio para las viviendas aisladas .

Para los cables, se utilizó **aluminio** debido a su menor costo y peso, lo cual es beneficioso en instalaciones con longitudes considerables.

Los **transformadores** se seleccionaron de acuerdo con las necesidades del proyecto. En cada línea, se utilizó la configuración **Dyn11** para la conexión de los cuatro transformadores. En esta configuración, el lado de alta tensión está conectado en triángulo (D) a **350V**, mientras que el lado de baja tensión está conectado en estrella (Y) a **200V**. Esta conexión incluye una salida de neutro (N) para distribuir las líneas secundarias hacia las viviendas. La designación "Dyn11" indica un desfase de 30 grados entre las tensiones homólogas de alta y baja tensión. En la salida de la central eléctrica se encuentra un transformador encargado de regular la tensión, ya que se generan 400V y se reduce a 350V para ajustarse al voltaje nominal de Honduras. El hilo neutro del transformador también se conectará a tierra

El **multicluster** es un elemento que nos permite consolidar todo el cableado necesario en la central eléctrica en un único componente.

Es importante tener en cuenta el presupuesto disponible al realizar la selección de los equipos. Por lo tanto, la elección de los componentes también se basó en el presupuesto asignado, buscando encontrar un equilibrio entre la calidad y la viabilidad económica.

## 7. PRESUPUESTO

<b>CANTIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PRECIO UNITARIO (€/unidad)</b>	<b>TOTAL (€)</b>
	<b>CENTRAL ELÉCTRICA</b>		
<b>mts</b>	<b>CABLEADO</b>		
<b>850</b>	AL POLIRRET CPRO RZ 1KV 3X50 PRYS RZA32X50-CPR	5,67	4.820,35
<b>1900</b>	AL POLIRRET CPRO RZ 1KV 3X25 PRYS RZAL3X25-CPR	4,40	8.358,10
<b>800</b>	AL POLIRRET CPRO RZ 1KV 2X25 PRYS RZAL2X25-CPR	1,89	1.509,44
<b>150</b>	AL POLIRRET. RZ1 2X16MM2 PRYS RZAL2X10-CPR	1,25	187,62
<b>800</b>	AL POLIRRET. RZ1 2X16MM2 PRYS RZAL2X16-CPR	1,25	1.000,64
<b>190</b>	RETENAX CPRO RV-K 1kv 1x25 NORMAL	3,29	624,34
<b>30</b>	RETENAX CPRO RV-K 1kv 1x50 NORMAL	6,25	187,62
<b>100</b>	RETENAX CPRO RV-K 1kv 1x10 NORMAL	1,28	128,26
<b>400</b>	RETENAX CPRO RV-K 1kv 1x4 NORMAL	0,54	216,24
<b>50</b>	RETENAX CPRO RV-K 1kv 1x6 NORMAL	0,78	39,22
<b>1000</b>	Mangueras 2x4mm2 1kv NORMAL	1,33	1.325,00
<b>100</b>	Ethernet CAT VI apantallado negro	0,75	75,31
<b>100</b>	GENLIS H07V-K 1x2,5 MARRON	0,31	30,57
<b>100</b>	GENLIS H07V-K 1x2,5 AZUL	0,31	30,57
<b>200</b>	GENLIS H07V-K 1x6 AMARILLO VERDE	0,72	144,16
<b>100</b>	GENLIS H07V-K 1x6 NEGRO	0,72	72,08
<b>20</b>	Cable unipolar 1x95mm conexión baterías	12,13	242,6

<b>CANTIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PRECIO UNITARIO (€/unidad)</b>	<b>TOTAL (€)</b>
<b>2</b>	Cable a pletina 150mm conexión baterías	14,29	28,58
<b>unidades</b>			
<b>40</b>	Terminales de 50 mm <sup>2</sup>	1,63	65,30
<b>60</b>	Terminal 95-M10 de inv a batt (NORMAL)	1,52	90,95
<b>6</b>	Manguera tubular AL MAL 50	4,48	26,90
	<b>MATERIALES AUXILIARES</b>		
<b>15 mts</b>	Bandeja portacable de 50x100 marc 2x4 + ESCUADRAS	10,46	156,93
<b>6</b>	Cajas de registro estancas de plástico para superficies	33,06	198,37
<b>1</b>	Zócalos de superficie estancos + 2 PANTALLAS	69,74	69,74
<b>500</b>	Tico/Brida para pared 6	0,07	35,51
<b>500</b>	Tico/Brida para pared 8	0,12	58,30
<b>500</b>	Tico/Brida para pared 10	0,20	100,17
<b>75</b>	Brida gc40	0,72	54,06
<b>400</b>	Tornillos 3,5X35MM	0,05	19,93
<b>18</b>	Manguitos de aluminio	3,46	62,20
	<b>BATERÍAS</b>		
<b>24</b>	Batería Hoppecke modelo 16 OPzS 2000, 2933Ah C100	799,5	19.188
<b>2</b>	Pletina cobre 1000x50x10	108,27	216,54
	<b>TRANSFORMADORES</b>		
<b>3</b>	Transform.III TRT 16KVA E:400V S:230V+N Dyn11 IP-23 -	626,46	1.879,38
<b>1</b>	Transform.III TRT 10KVA E:400V S:230V+N Dyn11 IP-23	418,70	418,70

<b>CANTIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PRECIO UNITARIO (€/unidad)</b>	<b>TOTAL (€)</b>
1	Transform.II TR 2000VA E:230V S:120V IP-00	147,34	147,34
	<b>PROTECCIONES</b>		
1	INT.AUT LEGRAND TX4 4P 25A C 6000A ACC	31,47	31,47
4	INT.AUT LEGRAND TX4 4P 40A C 6000A ACC	38,90	155,61
3	INT.AUT LEGRAND TX3 3P 16A C 6000A ACC	22,04	66,11
7	INT.AUT LEGRAND TX3 3P 25A C 6000A ACC LEGR 403618	228,01	1.596,04
1	INT.AUT Schneider C120N 3P 80A C 10000A Acc SCHN A9N18365	7,29	7,29
4	INT.AUT LEGRAND TX3 2P 16A C 6000A ACC LEGR 403606	7,63	30,53
3	INT.AUT LEGRAND TX3 2P 25A C 6000A ACC LEGR 403608	14,60	43,79
7	INT.AUT LEGRAND TX3 2P 32A C 6000A ACC LEGR 403609	18,98	132,89
1	INT.AUT LEGRAND TX3 2P 40A C 6000A ACC LEGR 403610	4,59	4,59
70	RESI9 1P+N 10A C 230V 6000A SCHN R9F12610 - Magnetotérmico	17,17	1.202,04
70	RESI9 ID 2P 25A 30MA AC SCHN R9R51225 - Diferencial	19,95	1.396,44
12	Fusible 160Ah NH00	10,99	131,91
75	PICA TIERRA 100 MICRAS Ø14 1,5 MTS TRIM T101415	0,58	43,73
12	Bases BUC - protección corriente continua	23,85	286,20
30	Punteras bimetálicas 50 mm <sup>2</sup>	4,65	139,60
60	Punteras bimetálicas 25 mm <sup>2</sup>	5,35	321,18
60	Punteras bimetálicas 16 mm <sup>2</sup>	5,35	321,18
	<b>CUADROS DE CONEXIÓN/ PROTECCIÓN</b>		
1	SMA MULTICLUSTER-BOX 12.3-20	8.319,12	8.319,12
70	COFRET MOD MINI PRAGMA SUP PTA PLENA 8 MOD 1 FILA SCHN MIP10108	5,91	414,04

<b>CANTIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PRECIO UNITARIO (€/unidad)</b>	<b>TOTAL (€)</b>
	<b>GASIFICADOR</b>		
1	Gasificador	58.624,3	58.624,3
1	Biotrituradora con motor eléctrico Ceccato Tritone Maxi E	2.650,00	2.650,00
1	Tercera rueda de arrastre para biotrituradora	259,36	259,36
2	Kit 2 cuchillas de repuesto para biotrituradoras Tritone	49,89	99,78
	<b>PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS</b>		
89	Mono Phono Solar Twinplus 460W	195,04	17.358,56
14	Soporte inclinado 30º cerrado (1x6) 72cel	416,73	5.834,26
1	Soporte inclinado 30º cerrado (1x5) 72cel	417,07	417,07
	<b>INVERSORES</b>		
1	STP 50-41 CORE1 CON AFCI (SIN WIFI)-Inversor de red	5.690,61	5.690,61
6	SI 8.0H-13 YELLOW	3.418,50	20.511,00
	<b>MEDICIÓN/CONTROL</b>		
2	SMA SI-SYSCAN-NR	137,54	275,07
1	SMA CLCON-PWRSUPPLY	51,68	51,68
1	Multímetro con pinza amperimétrica (AC y DC). 200a	269,24	269,24
1	Nivel	11,13	11,13
	<b>AISLADAS</b>		
19	Phoenix 48/1200 VE.Direct NEMA 5-15R - Inversor viviendas aisladas	429,76	8.165,51
19	Cable Kit (Pylontech)	33,92	644,48
19	Batería Pylontech LiFePO4 48V 2,4KWh US2000B Plus	1.221,12	23.201,28

<b>CANTIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PRECIO UNITARIO (€/unidad)</b>	<b>TOTAL (€)</b>
<b>57</b>	Mono Phono Solar Twinplus 460W	195,04	11.117,28
<b>19</b>	Soporte inclinado 15º cerrado (1x2) 72cel	154,36	2.932,79
<b>19</b>	Cuad Protec 1ent-1sal 1000Vdc 25A + fus ip55 Gave	230,02	4.370,38
	<b>MANO DE OBRA</b>		
<b>3 personas</b>	Mano de obra expatriada para la instalación (1 mes)	7000 (€/mes)	21.000
	Imprevistos, posibles costes de aduanas y transporte.		15.000
	<b>Precio ejecución proyecto</b>	<b>TOTAL (€)</b>	<b>254.936,56</b>

## 8. CONCLUSIÓN

La instalación de la microrred y las líneas de distribución proyectadas en este TFG se convertirán en una realidad en breve. Los materiales ya se encuentran en camino hacia Honduras y esperamos que se instalen en pocas semanas. Por tanto, hemos contribuido a mejorar la calidad de vida de una población que hasta hace poco no podía siquiera imaginar tener energía eléctrica en sus hogares.

Este tipo de proyectos está estrechamente vinculado a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y ha contribuido al cumplimiento de varios de ellos. Se ha diseñado y calculado una central eléctrica utilizando fuentes de energía solar y biomasa, la cual satisface las necesidades actuales de la comunidad y también las futuras, como la posibilidad de tener refrigeradores, batidoras y otros electrodomésticos, que actualmente no disponen pero que seguramente adquirirán a corto plazo. Además, se ha diseñado un sistema de distribución eléctrica que llega a todas las viviendas. Esta microrred cumple con el ODS 7: Energía limpia y accesible, así como con el ODS 15: Acción por el clima, ya que evita la emisión de CO<sub>2</sub>, conocido como el gas de efecto invernadero más perjudicial para nuestro planeta.

Con la disponibilidad de energía eléctrica, se podrá utilizar la bomba de extracción de agua de manera continua para abastecer a las viviendas. Actualmente, este suministro es muy limitado y depende de pequeños paneles solares de baja potencia. Por lo tanto, también estamos contribuyendo al ODS 6: Agua limpia y saneamiento.

Además, la electricidad permitirá a la comunidad acceder a equipos informáticos y conectarse con el resto del mundo, lo que posibilitará oportunidades de trabajo y negocios, contribuyendo así al ODS 1. También se beneficiará el ODS 4, ya que se podrán ofrecer clases en línea para superar los desafíos educativos existentes. Asimismo, el suministro eléctrico contribuirá al ODS 5 al brindar a las mujeres la oportunidad de buscar empleo y reducir la carga de las tareas domésticas. Por último, este proyecto respalda el ODS 11 al proporcionar una comunidad con energía eléctrica sostenible.

Este TFG se ha realizado de manera responsable, considerando todas las circunstancias y en estrecha colaboración con un numeroso grupo de profesores e investigadores involucrados en el proyecto. Personalmente, me he sentido profundamente comprometida con este proyecto, ya que viví y trabajé durante tres meses en la comunidad donde se llevará a cabo la instalación. Por lo tanto, tengo un profundo conocimiento de las necesidades de esta población y de cómo abordar uno de los desafíos más importantes, que es el suministro eléctrico.

En resumen, este proyecto se instalará tal y como ha sido diseñado y calculado. Aunque siempre pueden surgir imprevistos, el núcleo del proyecto se mantendrá. Estoy convencida de que este esfuerzo conjunto tendrá un impacto positivo y duradero en la vida de la comunidad beneficiaria.

## 9. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

### 9.1 Objeto

1. Establecer los requisitos técnicos mínimos para las instalaciones fotovoltaicas aisladas de la red. El objetivo es servir como una guía para instaladores y fabricantes de equipos, definiendo las especificaciones mínimas que deben cumplir las instalaciones para garantizar su calidad, en beneficio de los usuarios y del desarrollo de esta tecnología.
2. La calidad final de la instalación se evaluará en base al servicio de energía eléctrica proporcionado, considerando aspectos como la eficiencia energética y el dimensionado correcto, así como su integración en el entorno.
3. El ámbito de aplicación de este Pliego de Condiciones Técnicas abarca todos los sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos que forman parte de las instalaciones.
4. En ciertos casos particulares del proyecto, se podrán adoptar soluciones diferentes a las requeridas en este Pliego de Condiciones Técnicas, siempre y cuando se justifique adecuadamente su necesidad y no impliquen una reducción de los estándares mínimos de calidad establecidos en el mismo.

### 9.2 Generalidades

Este Pliego de Condiciones se aplica a todas las instalaciones solares fotovoltaicas aisladas de la red destinadas a diversas aplicaciones, incluyendo la electrificación de viviendas y edificios, el alumbrado público, aplicaciones agropecuarias, el bombeo y tratamiento de agua, así como aplicaciones mixtas que combinen otras fuentes de energías renovables. Además, este Pliego también puede aplicarse a otras instalaciones que presenten características técnicas similares.

En todos los casos, se debe cumplir con la normativa que afecta a las instalaciones solares fotovoltaicas, incluyendo el Real Decreto 842/2002, que aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (B.O.E. de 18-9-2002), el Código Técnico de la Edificación (CTE), cuando sea aplicable, y las Directivas Europeas de seguridad y compatibilidad electromagnética.

### 9.3 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.

Rama fotovoltaica: Subconjunto de módulos fotovoltaicos interconectados, en serie o en asociaciones serie-paralelo, con voltaje igual a la tensión nominal del generador.

Generador fotovoltaico: Conjunto formado por la asociación en paralelo de ramas fotovoltaicas.

Potencia máxima del generador (potencia pico): máxima potencia que puede entregar el módulo en las condiciones estándar de medida.

Acumulador: Conjunto eléctrico de baterías.

Batería: Fuente de tensión continua formada por un conjunto de celdas electroquímicas interconectadas.

Capacidad nominal (C20, Ah): Cantidad de carga que es posible extraer de una batería en 20 horas, medida a una temperatura de 20 °C, hasta que la tensión entre sus terminales llegue a 1,8 por celda.

Capacidad útil: Capacidad disponible o utilizable de la batería, definida como el producto de la capacidad nominal y la profundidad máxima de descarga permitida.

Profundidad de descarga (PD): Relación entre la carga extraída de una batería y su capacidad nominal, generalmente expresada en porcentaje.

Celda: Elemento electroquímico básico que forma parte de la batería y cuya tensión nominal es aproximadamente 2 V.

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

Inversor: Dispositivo que convierte corriente continua en corriente alterna.

VRMS: Valor eficaz de la tensión alterna de salida.

Potencia nominal (VA): Potencia especificada por el fabricante que el inversor puede entregar de forma continua.

Rendimiento del inversor: Relación entre la potencia de salida y la potencia de entrada del inversor. Depende de la potencia y de la temperatura de operación.

Factor de potencia: Cociente entre la potencia activa (W) y la potencia aparente (VA) en la salida del inversor.

Distorsión armónica total (THD, %): Parámetro utilizado para indicar el contenido armónico de la onda de tensión de salida.

Biomasa: Conjunto de materia orgánica, de origen vegetal o animal, así como 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.

## 9.4 Diseño

- **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%**.
- Dimensionado del sistema:
  - Se realizará una estimación del consumo de energía para determinar las necesidades de la instalación.
  - Se calculará el rendimiento energético de la instalación y se determinará el tamaño mínimo del generador necesario para cubrir las demandas de consumo.
  - El instalador tendrá la flexibilidad de elegir el tamaño del generador y del acumulador según las necesidades de autonomía del sistema, la probabilidad de pérdida de carga requerida y cualquier otro factor que desee considerar.
  - Como regla general, se recomienda que los sistemas con acumulador tengan una **autonomía mínima de tres días**. En casos especiales, como instalaciones mixtas o sistemas con apoyo de un grupo electrógeno, donde no se cumpla este requisito, se deberá justificar adecuadamente la elección.

## 9.5 Componentes y materiales

Todas las instalaciones deben cumplir con los requisitos de protección y seguridad establecidos en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

Como principio general, se debe garantizar al menos un grado de aislamiento eléctrico básico (clase I) para equipos y materiales. Se incluirán todos los elementos de seguridad necesarios para **proteger** a las personas frente a **contactos directos e indirectos**. Se implementarán todas las protecciones necesarias para salvaguardar la instalación contra cortocircuitos, sobrecargas y sobretensiones.

Los materiales expuestos a condiciones ambientales estarán protegidos contra los agentes externos, especialmente la radiación solar y la humedad. Todos los equipos expuestos al aire libre deberán tener un grado mínimo de protección IP65, mientras que para los equipos de interior se requerirá un grado de protección IP20.

### 9.5.1 Generadores fotovoltaicos

Todos los **módulos solares** deben cumplir con las especificaciones UNE-EN 61215 para módulos de silicio cristalino. Cada módulo deberá llevar de manera visible e indeleble el modelo, nombre o logotipo del fabricante, así como un número de serie trazable a la fecha de fabricación para su identificación individual.

Para que un módulo sea aceptado, su **potencia máxima y corriente** de cortocircuito reales, referidas a condiciones estándar, deben estar dentro del **margen de  $\pm 5\%$**  en relación con los valores nominales indicados en el catálogo. Se instalarán los dispositivos necesarios para permitir la desconexión independiente de cada rama del generador en ambos terminales.

Se rechazarán los módulos que presenten defectos de fabricación, como roturas, manchas en cualquiera de sus elementos, falta de alineación en las células o burbujas en el encapsulante.

Cuando las tensiones nominales en corriente continua sean superiores a 48 V, la estructura del generador y los marcos metálicos de los módulos deberán estar conectados a una toma de tierra, que será la misma que la del resto de la instalación.

Se instalarán los dispositivos necesarios para permitir la desconexión independiente de cada rama del generador en ambos terminales.

### 9.5.2 Estructuras de soporte

Se instalarán las estructuras de soporte necesarias para montar los módulos y se incluirán todos los accesorios requeridos. Las estructuras de soporte de los módulos deben ser capaces de resistir las sobrecargas de viento y nieve cuando los módulos estén instalados.

El diseño de las estructuras se realizará considerando la orientación y el ángulo de inclinación especificados para el generador fotovoltaico, teniendo en cuenta la facilidad de montaje y desmontaje, así como la posible necesidad de reemplazo de elementos.

Las estructuras se protegerán superficialmente contra los efectos de los agentes ambientales. La tornillería utilizada deberá ser de acero inoxidable. Con la excepción de los utilizados para sujetar los módulos, los cuales deberán ser de acero inoxidable. Los topes de sujeción de los módulos y las propias estructuras no deberán generar sombra sobre los módulos.

### 9.5.3 Acumuladores de plomo-ácido

Se recomienda el uso de acumuladores de plomo-ácido, preferiblemente estacionarios y de placa tubular. No se permitirá el uso de baterías de arranque.

Para garantizar una recarga adecuada de las baterías, la capacidad nominal del acumulador (en Ah) no deberá exceder en 25 veces la corriente de cortocircuito en condiciones de máxima potencia del generador fotovoltaico. En el caso de que la capacidad del acumulador seleccionado supere este valor (por ejemplo, si se cuenta con el respaldo de un grupo electrógeno), se deberá justificar adecuadamente.

La profundidad máxima de descarga (en relación con la capacidad nominal del acumulador) no deberá superar el 80% en instalaciones donde no se esperen descargas profundas frecuentes.

Se deberá proporcionar una protección adecuada a las baterías, especialmente contra sobrecargas. La capacidad inicial del acumulador deberá ser superior al 90% de su capacidad nominal.

La instalación del acumulador deberá seguir las recomendaciones del fabricante. Además, se deberán asegurar los siguientes puntos:

- El acumulador se ubicará en un lugar bien ventilado y de acceso restringido.
- Se tomarán las medidas de protección necesarias para prevenir el cortocircuito accidental de los terminales del acumulador, como el uso de cubiertas aislantes.

Cada batería deberá estar etiquetado con al menos la siguiente información:

- Tensión nominal (V)
- Polaridad de los terminales
- Capacidad nominal (Ah)
- Fabricante (nombre o logotipo) y número de serie

#### 9.5.4 Inversores

Los requisitos técnicos de esta sección se aplican a inversores monofásicos o trifásicos que funcionen como fuente de tensión fija.

Los inversores deberán ser de onda senoidal pura.

Los inversores se conectarán a los bornes del acumulador. Se asegurará la protección del acumulador contra sobrecargas y sobre descargas. Estas protecciones podrán estar incorporadas en el propio inversor o realizarse mediante un regulador de carga. En el caso del uso de un regulador de carga, éste deberá permitir breves bajadas de tensión en el acumulador para asegurar el arranque del inversor.

El inversor debe garantizar un funcionamiento correcto en todo el rango de tensiones de entrada permitidas por el sistema.

La regulación del inversor debe asegurar que la tensión y la frecuencia de salida se encuentren dentro de los siguientes márgenes en cualquier condición de operación:  $V_{nom} \pm 5\%$ , donde  $V_{nom} = 220$  VRMS o 230 VRMS, y  $50 \text{ Hz} \pm 2\%$ .

El inversor deberá ser capaz de suministrar la potencia nominal de forma continua dentro del rango de temperatura ambiente especificado por el fabricante.

El inversor debe ser capaz de arrancar y operar todas las cargas especificadas en la instalación, especialmente aquellas que requieren corrientes de arranque elevadas (como televisores, motores, etc.), sin interferir en su correcto funcionamiento ni en el de otras cargas.

Los inversores deben estar protegidos contra las siguientes situaciones:

- Tensión de entrada fuera del rango de operación.
- Desconexión del acumulador.
- Cortocircuito en la salida de corriente alterna.
- Sobrecargas que excedan los límites de duración permitidos.

El rendimiento del inversor con cargas resistivas será superior a los límites especificados en la tabla 6. Se considerará que los inversores son de onda senoidal si la distorsión armónica total de la tensión de salida es inferior al 5% cuando el inversor alimenta cargas lineales, desde el 20 % hasta el 100 % de la potencia nominal.

<i>Tipo de inversor</i>	<i>Rendimiento al 20% de la Pnom</i>	<i>Rendimiento a Pnom</i>
<b>Onda senoidal</b>	> 85 %	> 75 %

TABLA 6. RENDIMIENTO DE LOS INVERSORES (PCT)

Los inversores deberán estar etiquetados con, al menos, la siguiente información:

- ◇ Potencia nominal (VA)
- ◇ Tensión nominal de entrada (V)
- ◇ Tensión (VRMS) y frecuencia (Hz) nominales de salida
- ◇ Fabricante (nombre o logotipo) y número de serie
- ◇ Polaridad y terminales

## 9.6 Recepción y pruebas

El instalador entregará al usuario un documento-albarán en el que conste el suministro de componentes, materiales y manuales de uso y mantenimiento de la instalación

Las pruebas que realizar por el instalador, además de lo indicado anteriormente en este PCT, serán como mínimo las siguientes:

- Funcionamiento y puesta en marcha del sistema.
- Prueba de las protecciones del sistema y de las medidas de seguridad, especialmente las del acumulador.

Una vez concluidas las pruebas y la puesta en marcha, se deben cumplir los siguientes requisitos:

- Entrega de la documentación requerida en este PCT.
- Retirada de todo el material sobrante de la obra.
- Limpieza de las áreas ocupadas, con transporte de todos los desechos al vertedero.

## 9.7 Requerimientos técnicos del contrato de mantenimiento

### 9.7.1 Generalidades

Se debe realizar un contrato de mantenimiento (preventivo y correctivo) con una duración mínima de tres años. El mantenimiento preventivo incluirá al menos una revisión anual. El contrato de mantenimiento de la instalación debe cubrir todas las labores de mantenimiento recomendadas por los diferentes fabricantes.

### 9.7.2 Programa de mantenimiento

El mantenimiento debe ser realizado por personal técnico cualificado bajo la responsabilidad de la empresa instaladora.

Se establecen dos niveles de mantenimiento para abarcar todas las operaciones necesarias durante la vida útil de la instalación:

- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento correctivo

El plan de **mantenimiento preventivo** consiste en la verificación de actuaciones aceptables respecto a las condiciones de funcionamiento, rendimiento, protección y durabilidad de la instalación. Este mantenimiento se realizará anualmente y se llevarán a cabo, como mínimo, 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 fotovoltaicos, incluyendo su situación en relación con el proyecto original, limpieza y presencia de daños que puedan afectar la seguridad y protecciones.
- Revisión de la estructura de soporte, detectando daños, deterioro por agentes ambientales, oxidación, etc.
- Verificación del nivel del electrolito, limpieza y engrasado de terminales, entre otras acciones relacionadas con las baterías.
- Comprobación de caídas de tensión en el regulador de carga, funcionamiento de indicadores, etc.
- Inspección del estado de los inversores, incluyendo indicadores y alarmas.
- Verificación de las caídas de tensión en el cableado de corriente continua.
- Comprobación de los elementos de seguridad y protecciones, como tomas de tierra, interruptores de seguridad, fusibles, entre otros.

El plan de **mantenimiento correctivo** comprenderá todas las operaciones de sustitución necesarias para asegurar el correcto funcionamiento del sistema durante su vida útil. Esto incluye:

- Visitas a la instalación, especialmente en el caso en que el usuario solicite reparaciones graves en la instalación.
- Análisis y presupuestación de los trabajos y reemplazos necesarios para el correcto funcionamiento de la instalación.
- Los costos económicos del mantenimiento correctivo, dentro del alcance mencionado, estarán incluidos en el precio anual del contrato de mantenimiento. La mano de obra y los reemplazos de equipos que se requieran más allá del período de garantía pueden no estar incluidos.

Todas las operaciones de mantenimiento realizadas deben ser registradas en un libro de mantenimiento.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

- Análisis alternativas para el suministro eléctrico basado en renovables en Bukafu-Kasambule (República Democrática del Congo), Trabajo de fin de grado en ingeniería en tecnologías industriales (Tribunal Trabajos de Fin de Grado 2020). Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://riunet.upv.es/bitstream/10251/151904/1/48658555P\_TFG\_15937289251762242332300775683345.pdf
- Banco Mundial. (2021). *Acceso a la electricidad (% de población)*. Obtenido de Sitio web de Banco Mundial: <https://datos.bancomundial.org/indicador/EG.ELC.ACCS.ZS>
- Banco Mundial. (1 de Junio de 2022). *Seguimiento ODS: 7 - Progreso de la energía 2022*. Obtenido de Sitio web de Banco Mundial: <https://www.worldbank.org/en/topic/energy/publication/tracking-sdg-7-the-energy-progress-report-2022>
- Empresa Nacional Energía Eléctrica. (s.f.). *Generación eléctrica*. Obtenido de Sitio web de la ENEE: <http://enee.hn/index.php/electrificacion-nacional/generacion>
- Empresa Nacional Energía Eléctrica. (s.f.). *Historia de la ENEE*. Obtenido de Sitio web de la ENEE del Gobierno de Honduras: <http://www.enee.hn/index.php/empresa/86-historia#:~:text=La%20Empresa%20Nacional%20de%20Energ%C3%ADa,propio%20y%20de%20duraci%C3%B3n%20indefinida.>
- European Comission. (s.f.). *PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM*. Obtenido de Sitio web de PVGIS: [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/)
- Gobierno de Honduras. (s.f.). *Decreto Ley de Promoción y Fortalecimiento del Mercado de la Industria Eléctrica*. Obtenido de Sitio web del Gobierno de Honduras: <https://www.tsc.gob.hn/web/leyes/Decreto-2-2022.pdf>
- Hurtado, E., Peñalvo-López, E., Pérez-Navarro, Á., Vargas, C., & Alfonso, D. (2015). Optimization of a hybrid renewable system for high feasibility application in non-connected zones. *Elsevier*.
- Instituto de Investigación de Ingeniería del Agua y Medioambiente. (s.f.). *Andreu Pons: "El éxito de muchos proyectos de cooperación reside en que las poblaciones lo comprendan y gestionen de manera adecuada"*. Obtenido de Sitio web del IIAMA: <https://www.iiama.upv.es/iiama/en/newsroom/news/andreu-pons-%E2%80%9C%C3%A9xito-de-muchos-proyectos-de-cooperaci%C3%B3n-reside-en-que-las-poblaciones-lo-comprendan-y-gestionen-de-manera-adecuada%E2%80%9D.html>
- Naciones Unidas. (s.f.). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Obtenido de Sitio web de las Naciones Unidas: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

- National Geographic. (2018). Nacaome-Valle, la planta solar que ilumina Honduras. *National Geographic*. Obtenido de <https://www.ngenespanol.com/naturaleza/planta-solar-mas-grande-de-america-latina/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2022). *Marco Estratégico para 2022-2031*. Obtenido de Sitio web de la FAO: <https://www.fao.org/strategic-framework/es>
- Perez-Navarro, A., Alfonso, D., Ariza, H., Carcel, J., Correcher, A., Escrivá-Escrivá, G., . . . Vargas, C. (2015). Experimental verification of hybrid renewable systems as feasible energy sources. *Elsevier*.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2022). *Informe sobre el desarrollo humano*. Obtenido de Sitio web de las Naciones Unidas: <https://report.hdr.undp.org/es/intro/>
- Sinha, E., & Sahni, H. (2018). The Effect of Electrification on Childhood Education in India. *Research gate*.
- Universidad Politécnica de Valencia. (7 de Enero de 2021). *La AECID selecciona y financiará dos proyectos UPV en América Latina*. Obtenido de Sitio web de la UPV: <https://www.upv.es/noticias-upv/noticia-12575-la-aecid-selec-es.html>
- Wikipedia. (s.f.). *Geografía Honduras*. Obtenido de Sitio web de Wikipedia: <https://es.wikipedia.org/wiki/Honduras#Geograf%C3%ADa>
- Wirawan, H., & Gultom, Y. M. (2021). The effects of renewable energy-based village grid electrification on poverty reduction in remote areas: The case of Indonesia. *Research gate*. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/351570295\\_The\\_effects\\_of\\_renewable\\_energy\\_based\\_village\\_grid\\_electrification\\_on\\_poverty\\_reduction\\_in\\_remote\\_areas\\_The\\_case\\_of\\_Indonesia](https://www.researchgate.net/publication/351570295_The_effects_of_renewable_energy_based_village_grid_electrification_on_poverty_reduction_in_remote_areas_The_case_of_Indonesia)

## 11. ANEXOS

### 11.1 Fichas técnicas:

#### 11.1.1 Inversores Sunny Island

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

PARA APLICACIONES CONECTADAS A RED Y PARA SISTEMAS AISLADOS



Ahora con comunicación  
WLAN incluida

#### Comunicativo

- 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 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 70.000 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 de Smartphone o de tablet. Como elemento clave del SMA Flexible Storage System, el Sunny Island almacena temporalmente la corriente auto-generada 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 garantizan 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.

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 de CA	230 V/De 172,5 V a 264,5 V		
Frecuencia asignada de red/Rango de frecuencia admisible	50 Hz/De 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	11500 W	11500 W	11500 W
<b>Funcionamiento en red aislada o como sistema de respaldo</b>			
Tensión asignada de red/Rango de tensión de CA	230 V/De 202 V a 253 V		
Frecuencia nominal/Rango de frecuencia (ajustable)	50 Hz/De 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 % /De -1 a +1	<1,5 % /De -1 a +1	<1,5 % /De -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	- / -		
Sobretemperatura/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 temperatura 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		
<b>Equipamiento/Función</b>			
WLAN, Speedwire/Webconnect/SI-SYSCAN (multiclúster)	● / ● / -	● / ● / ○	● / ● / ○
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)/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-Solar.com		
Color de la cubierta amarillo/aluminio blanco	○ / ○		
Garantía 5/10 años	● / ● <sup>3)</sup>		
<b>Para sistemas aislados</b>			
Detección automática de campo giratorio/Asistencia de generador	● / ●		
Conexión en paralelo/Multiclúster	- / -	● / ●	● / ●
Arranque suave integrado	●		
<b>Accesorios</b>			
<b>Para sistemas aislados</b>			
Fusible de batería <sup>2)</sup>	○		
Sunny Island Charger SIC50-MPT <sup>2)</sup> / SMA Cluster Controller	○ / ○		
<b>Para aplicaciones conectadas a la red</b>			
Sunny Home Manager/SMA Energy Meter/Equipo de conmutación para corriente de repuesto <sup>2)</sup>	○ / ○ / ○		
<p>● Equipamiento de serie ○ Opcional - No disponible  1) Consulte la "Lista de baterías de iones de litio homologadas" en www.SMA-Solar.com  2) De proveedor externo  3) Si se registra a través de la ficha informativa adjunta  Todas las especificaciones actualizadas a julio de 2017</p>			
Modelo comercial	SI4.4M-12	SI6.0H-12	SI8.0H-12

## 11.1.2 Gasificador



# ALL POWER LABS

## Carbon Negative Power & Products

### 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:	20 kW@60 Hz / 18 kW@50 Hz
On-grid with CHP:	25 kW@60 Hz / 22 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
(without Exhaust HX) 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 Forced Convection Hood Over Flare
Enclosed or Poorly Ventilated:	

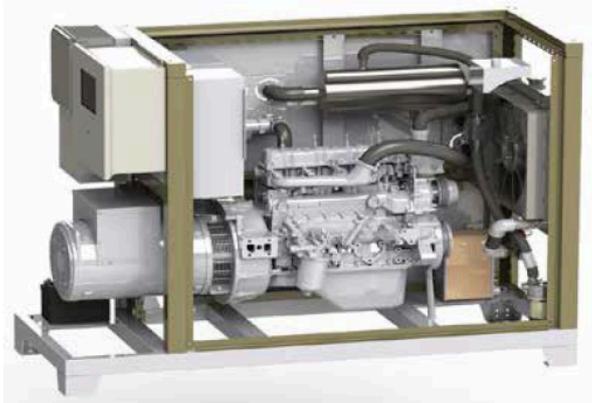
#### SHIPPING

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 Dishd 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

### 11.1.3 Paneles fotovoltaicos

www.jinkosolar.com

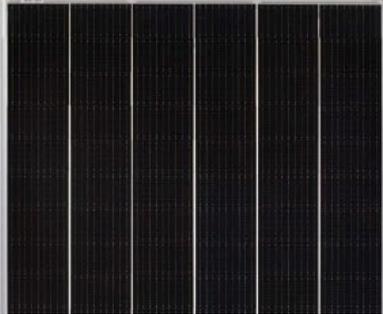


## Tiger Mono-facial

# 450-470 Watt

Tiling Ribbon (TR) Technology

Positive power tolerance of 0~+3%




#### KEY FEATURES

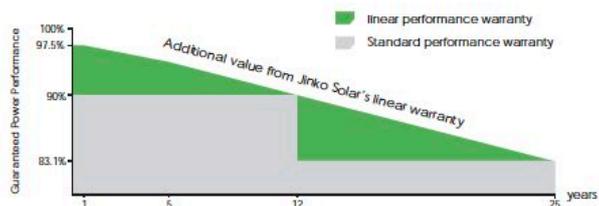
- 
**TR technology + Half Cell**  
 TR technology with Half cell aims to eliminate the cell gap to increase module efficiency (mono-facial up to 20.93%)
- 
**9BB instead of 5BB**  
 9BB technology decreases the distance between bus bars and finger grid line which is benefit to power increase.
- 
**Higher lifetime Power Yield**  
 2.5% first year degradation,  
 0.6% 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



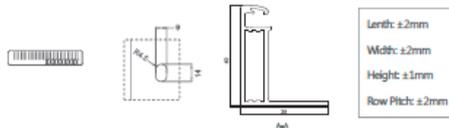
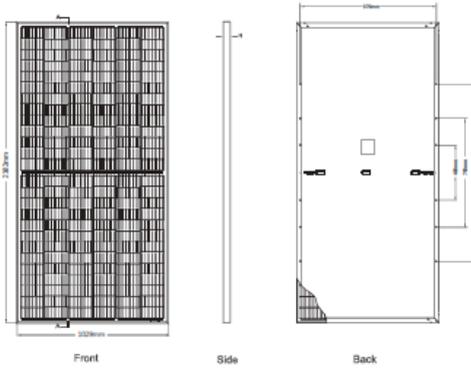
- ISO9001:2015, ISO14001:2015, OHSAS18001 certified factory
- IEC61215, IEC61730 certified product

#### LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

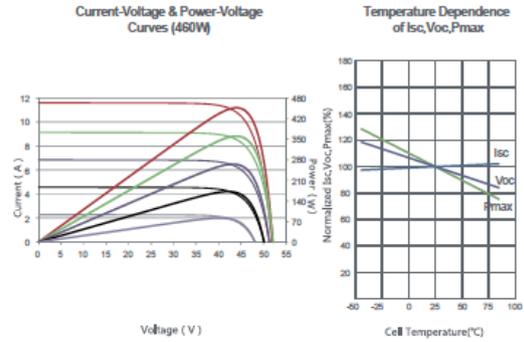
12 Year Product Warranty • 25 Year Linear Power Warranty  
 0.6% Annual Degradation Over 25 years



### Engineering Drawings



### Electrical Performance & Temperature Dependence



### Mechanical Characteristics

Cell Type	P type Mono-crystalline
No. of cells	156 (2x78)
Dimensions	2182x1029x40mm (85.91x40.51x1.57 inch)
Weight	26.1 kg (57.54 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 1x4.0mm <sup>2</sup> (+): 290mm, (-): 145 mm or Customized Length

### Packaging Configuration

(Two pallets = One stack)

27pcs/pallets, 54pcs/stack, 540pcs/ 40'HQ Container

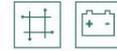
### SPECIFICATIONS

Module Type	JKM450M-7RL3		JKM455M-7RL3		JKM460M-7RL3		JKM465M-7RL3		JKM470M-7RL3	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	450Wp	335Wp	455Wp	339Wp	460Wp	342Wp	465Wp	346Wp	470Wp	350Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	42.88V	39.20V	42.97V	39.32V	43.08V	39.43V	43.18V	39.58V	43.28V	39.69V
Maximum Power Current (Imp)	10.50A	8.54A	10.59A	8.61A	10.68A	8.68A	10.77A	8.74A	10.86A	8.81A
Open-circuit Voltage (Voc)	51.50V	48.61V	51.60V	48.70V	51.70V	48.80V	51.82V	48.91V	52.14V	49.21V
Short-circuit Current (Isc)	11.32A	9.14A	11.41A	9.22A	11.50A	9.29A	11.59A	9.38A	11.68A	9.43A
Module Efficiency STC (%)	20.04%		20.26%		20.49%		20.71%		20.93%	
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%

The company reserves the final right for explanation on any of the information presented hereby. TR JKM450-470M-7RL3-(V)-C1-EN

### 11.1.4 Baterías



**grid | power v L**  
Series OPzS/power.bloc OPzS  
Vented lead-acid battery

[www.hoppecke.com](http://www.hoppecke.com)

Similar to the illustration

## Capacities dimensions and weights

Series OPzS	DIN Type	$C_{10}/1.75V @ 25^{\circ}C / 77^{\circ}F$ Ah	$C_{8h}/1.80V @ 20^{\circ}C / 68^{\circ}F$ Ah	Weight		Weight electrolyte (1.24 kg/l)		max.* Length L		max.* Width W		max.* Height H		Fig.
				approx. kg	approx. lbs	kg	lbs	mm	Inch	mm	Inch	mm	Inch	
grid   power vL 2-215	4 OPzS 200	213	213	17.3	38.1	4.5	9.9	105	4.13	208	8.19	420	16.54	A
grid   power vL 2-270	5 OPzS 250	265	266	21.0	46.3	5.6	12.3	126	4.96	208	8.19	420	16.54	A
grid   power vL 2-325	6 OPzS 300	319	320	24.9	54.9	6.7	14.8	147	5.79	208	8.19	420	16.54	A
grid   power vL 2-390	5 OPzS 350	396	390	29.3	64.6	8.5	18.7	126	4.96	208	8.19	535	21.06	A
grid   power vL 2-470	6 OPzS 420	475	468	34.4	75.8	10.1	22.3	147	5.79	208	8.19	535	21.06	A
grid   power vL 2-550	7 OPzS 490	555	546	39.5	87.1	11.7	25.8	168	6.61	208	8.19	535	21.06	A
grid   power vL 2-690	6 OPzS 600	696	686	46.1	101.6	13.3	29.3	147	5.79	208	8.19	710	27.95	A
grid   power vL 2-805	7 OPzS 700	808	801	59.1	130.3	16.7	36.8	215	8.46	193	7.60	710	27.95	B
grid   power vL 2-920	8 OPzS 800	923	915	63.1	139.1	17.3	38.1	215	8.46	193	7.60	710	27.95	B
grid   power vL 2-1035	9 OPzS 900	1046	1026	72.4	159.6	20.5	45.2	215	8.46	235	9.25	710	27.95	B
grid   power vL 2-1150	10 OPzS 1000	1162	1140	76.4	168.4	21.1	46.5	215	8.46	235	9.25	710	27.95	B
grid   power vL 2-1265	11 OPzS 1100	1065	1256	86.6	190.9	25.2	55.6	215	8.46	277	10.91	710	27.95	B
grid   power vL 2-1380	12 OPzS 1200	1393	1370	90.6	199.7	25.8	56.9	215	8.46	277	10.91	710	27.95	B
grid   power vL 2-1610	12 OPzS 1500	1665	1610	110.4	243.4	32.7	72.1	215	8.46	277	10.91	855	33.66	B
grid   power vL 2-1880	14 OPzS 1750	1940	1881	142.3	313.7	46.2	101.9	215	8.46	400	15.75	815	32.09	C
grid   power vL 2-2015	15 OPzS 1875	2101	2016	146.6	323.2	46.7	103.0	215	8.46	400	15.75	815	32.09	C
grid   power vL 2-2150	16 OPzS 2000	2217	2150	150.9	332.7	45.9	101.2	215	8.46	400	15.75	815	32.09	C
grid   power vL 2-2420	18 OPzS 2250	2492	2412	179.1	394.8	56.4	124.3	215	8.46	490	19.29	815	32.09	D
grid   power vL 2-2555	19 OPzS 2375	2660	2546	182.9	403.2	55.6	122.6	215	8.46	490	19.29	815	32.09	D
grid   power vL 2-2690	20 OPzS 2500	2769	2680	187.3	412.9	55.7	122.8	215	8.46	490	19.29	815	32.09	D
grid   power vL 2-2960	22 OPzS 2750	3044	2952	212.5	468.5	67.0	147.7	215	8.46	580	22.83	815	32.09	D
grid   power vL 2-3095	23 OPzS 2875	3218	3086	216.8	478.0	65.9	145.3	215	8.46	580	22.83	815	32.09	D
grid   power vL 2-3230	24 OPzS 3000	3321	3220	221.2	487.7	66.4	146.4	215	8.46	580	22.83	815	32.09	D
grid   power vL 2-3500	26 OPzS 3250	3597	3488	229.6	506.2	65.4	144.2	215	8.46	580	22.83	815	32.09	D

$C_{10}$  and  $C_{8h}$  = Capacity at 10 h and 8 h discharge

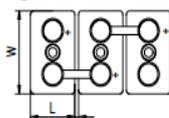
\* according to DIN 40736-1 data to be understood as maximum values

Series power.bloc OPzS	DIN Type	$C_{10}/1.75V @ 25^{\circ}C / 77^{\circ}F$ Ah	$C_{8h}/1.80V @ 20^{\circ}C / 68^{\circ}F$ Ah	Weight		Weight electrolyte (1.24 kg/l)		max.* Length L		max.* Width W		max.* Height H		Fig.
				approx. kg	approx. lbs	kg	lbs	mm	Inch	mm	Inch	mm	Inch	
grid   power vL 12-50	12V 1 power.bloc OPzS 50	51	50	37.0	81.6	15.0	33.1	272	10.71	205	8.07	383	15.08	A
grid   power vL 12-100	12V 2 power.bloc OPzS 100	102	101	48.0	105.8	13.0	28.7	272	10.71	205	8.07	383	15.08	A
grid   power vL 12-150	12V 3 power.bloc OPzS 150	152	151	67.0	147.7	18.0	39.7	380	14.96	205	8.07	383	15.08	A
grid   power vL 6-200	6V 4 power.bloc OPzS 200	203	202	47.0	103.6	13.0	28.7	272	10.71	205	8.07	383	15.08	B
grid   power vL 6-250	6V 5 power.bloc OPzS 250	255	252	60.0	132.3	20.0	44.1	380	14.96	205	8.07	383	15.08	B
grid   power vL 6-300	6V 6 power.bloc OPzS 300	306	302	67.0	147.7	18.0	39.7	380	14.96	205	8.07	383	15.08	B

$C_{10}$  and  $C_{8h}$  = Capacity at 10 h and 8 h discharge

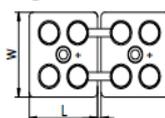
\* according to DIN 40737-3 data to be understood as maximum values

Fig. A Series OPzS



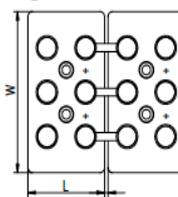
grid | power vL 2-215 -  
grid | power vL 2-690

Fig. B Series OPzS



grid | power vL 2-805 -  
grid | power vL 2-1610

Fig. C Series OPzS

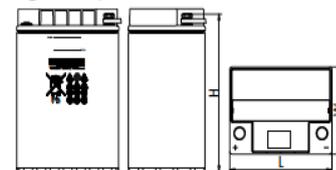


grid | power vL 2-1880 -  
grid | power vL 2-2150



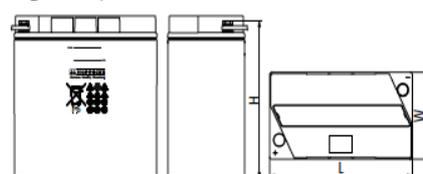
360° exposed lead for clamp access.  
Valid only for the 2V cell.

Fig. A Series power.bloc OPzS



grid | power vL 12-50 -  
grid | power vL 12-150

Fig. B Series power.bloc OPzS



grid | power vL 6-200 -  
grid | power vL 6-300

Design life: up to 20 years

Optimal environmental compatibility - closed loop for recovery of materials in an accredited recycling system

Design life: up to 18 years

Optimal environmental compatibility - closed loop for recovery of materials in an accredited recycling system

## 11.1.5 Inversor para los paneles fotovoltaicos

### SUNNY TRIPOWER CORE1 STP 50-40



#### Económico

- Equipo de fácil montaje e instalación
- Sin necesidad de utilizar fusibles de CC
- Seccionador de CC integrado

#### Integración completa

- Acceso Wi-Fi integrado con cualquier dispositivo móvil
- 12 entradas de string directas reducen el esfuerzo de trabajo y material
- Protección contra sobretensión CA/CC (opcional)

#### Instalación rápida

- Rápida conexión a la red con una configuración y una puesta en marcha sencillas del inversor
- Acceso óptimo a las zonas de conexión

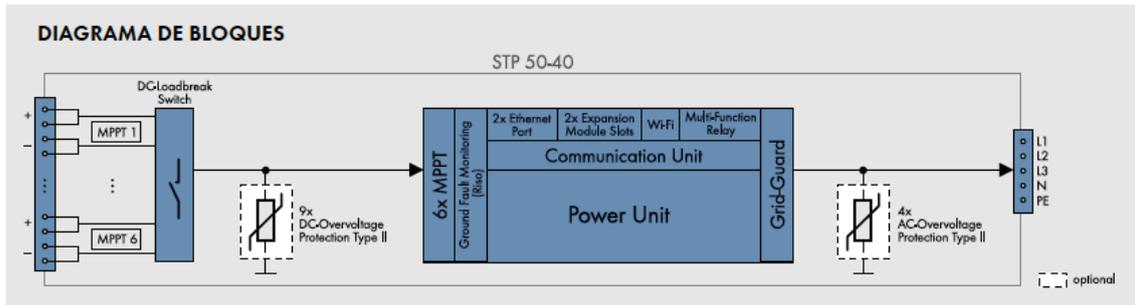
#### Máximo rendimiento

- Sobredimensionado de hasta el 150 % del generador fotovoltaico
- 6 seguidores del MPP independientes garantizan una generación de energía óptima, también en la sombra

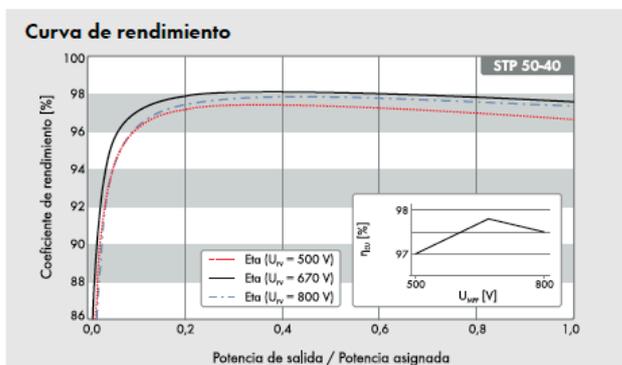
## SUNNY TRIPOWER CORE1

### Stands on its own

El Sunny Tripower CORE1 es el primer inversor de string de montaje independiente del mundo para sistemas descentralizados sobre tejados y espacios abiertos, así como en plazas de aparcamiento cubiertas. El CORE1 es la tercera generación de la familia de productos de éxito Sunny Tripower y revoluciona el mundo de los inversores comerciales con su concepto innovador. Los ingenieros de SMA buscaban combinar un diseño único con un método de instalación innovador para incrementar así claramente la velocidad de instalación y obtener un retorno de la inversión óptimo para todos los grupos destinatarios. Desde la entrega hasta la instalación, pasando por el funcionamiento, el Sunny Tripower CORE1 permite ahorrar grandes costes logísticos, de mano de obra, material y servicio técnico. Desde este momento, las instalaciones fotovoltaicas comerciales pueden convertirse en realidad de forma más rápida y sencilla que antes.



Datos técnicos	Sunny Tripower CORE1	Datos técnicos	Sunny Tripower CORE1
<b>Entrada (CC)</b>		<b>Rendimiento</b>	
Potencia máx. del generador fotovoltaico	75000 Wp STC	Rendimiento máx./europ. Rendimiento	98,1 % / 97,8 %
Tensión de entrada máx.	1000 V	<b>Datos generales</b>	
Rango de tensión del seguidor del MPP/tensión asignada de entrada	De 500 V a 800 V / 670 V	Dimensiones (ancho x alto x fondo)	621 mm/733 mm/569 mm (24.4 in/28.8 in/22.4 in)
Tensión de entrada mín./de inicio	150 V/188 V	Peso	84 kg (185 lb)
Corriente máx. de entrada/por seguidor del MPP	120 A/20 A	Rango de temperatura de funcionamiento	De -25 °C a +60 °C (de -13 °F a +140 °F)
Corriente del cortocircuito máx. por seguidor del MPP/por entrada de string	30A/30A	Emisión sonora (típica)	< 65 dB(A)
Número de entradas de seguidores del MPP independientes/Strings por entrada de seguidores del MPP	6/2	Autoconsumo (nocturno)	4,8 W
<b>Salida (CA)</b>		Topología/Principio de refrigeración	Sin transformador/OptiCool
Potencia asignada (a 230 V, 50 Hz)	50000 W	Tipo de protección (según IEC 60529)	IP65
Potencia máx. aparente de CA	50000 VA	Clase climática (según IEC 60721-3-4)	4K4H
Tensión nominal de CA	220 V / 380 V 230 V / 400 V 240 V / 415 V	Valor máximo permitido para la humedad relativa (sin condensación)	100 %
Rango de tensión de CA	De 202 V a 305 V	<b>Equipamiento/Función/Accesorios</b>	
Frecuencia de red de CA/Rango	50 Hz/De 44 Hz a 55 Hz 60 Hz/De 54 Hz a 65 Hz	Conexión de CC/CA	SUNCLIX/Borne roscado
Frecuencia asignada de red/Tensión asignada de red	50 Hz/230 V	Patas	●
Corriente de salida máx./Corriente de salida de medición	72,5 A/72,5 A	Indicador led (estado/error/comunicación)	●
Fases de inyección/Conexión de CA	3 / 3-[N]-PE	Pantalla de cristal líquido (LCD)	○
Factor de potencia a potencia asignada/Factor de desfase ajustable	1/De 0 inductivo a 0 capacitivo	Interfaz: Ethernet/WLAN/RS485	● [2 entradas] / ● / ○
THD	< 3 %	Interfaz de datos: SMA Modbus/SunSpec Modbus/Speedwire, Webconnect	● / ● / ●
<b>Dispositivos de protección</b>		Relé multifunción/Ranuras para módulos de ampliación	● / ● [2 entradas]
Dispositivo de desconexión en la entrada	●	OptiTrac Global Peak/Integrated Plant Control/Q on Demand 24/7	● / ● / ●
Vigilante de aislamiento/Monitorización de red	● / ●	Compatible con redes aisladas/con SMA Fuel Save Controller	● / ●
Protección contra polarización inversa de CC/Resistencia al cortocircuito de CA/con separación galvánica	● / ● / -	Garantía: 5/10/15/20 años	● / ○ / ○ / ○
Unidad de seguimiento de la corriente residual sensible a la corriente universal	●	<b>Certificados y autorizaciones (otros a petición)</b>	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 0972-1, FEA 2016, PPC, RD 1699/413, RD 661/2007, Res. n.º 7/2013, SI4777, TOR D4, TR 3.2.2, UTE C15-712-1, VDE 0126-1-1, VDE-AR-N 4105, VFR 2014, P.O.12.3, NTCO-NTCVS, GC 8.9H, PR20, DEWA
Clase de protección (según IEC 62109-1)/Categoría de sobretensión (según IEC 62109-1)	I/CA: III; CC: II	* No válido para todos los apéndices nacionales de la norma EN 50438	
Descargador de sobretensión de CC/CA (tipo 2, tipo 1/2)	○	● Equipamiento de serie ○ Opcional - No disponible	
		Datos en condiciones nominales. Versión: 01/2019	
		<b>Modelo comercial</b>	STP 50-40

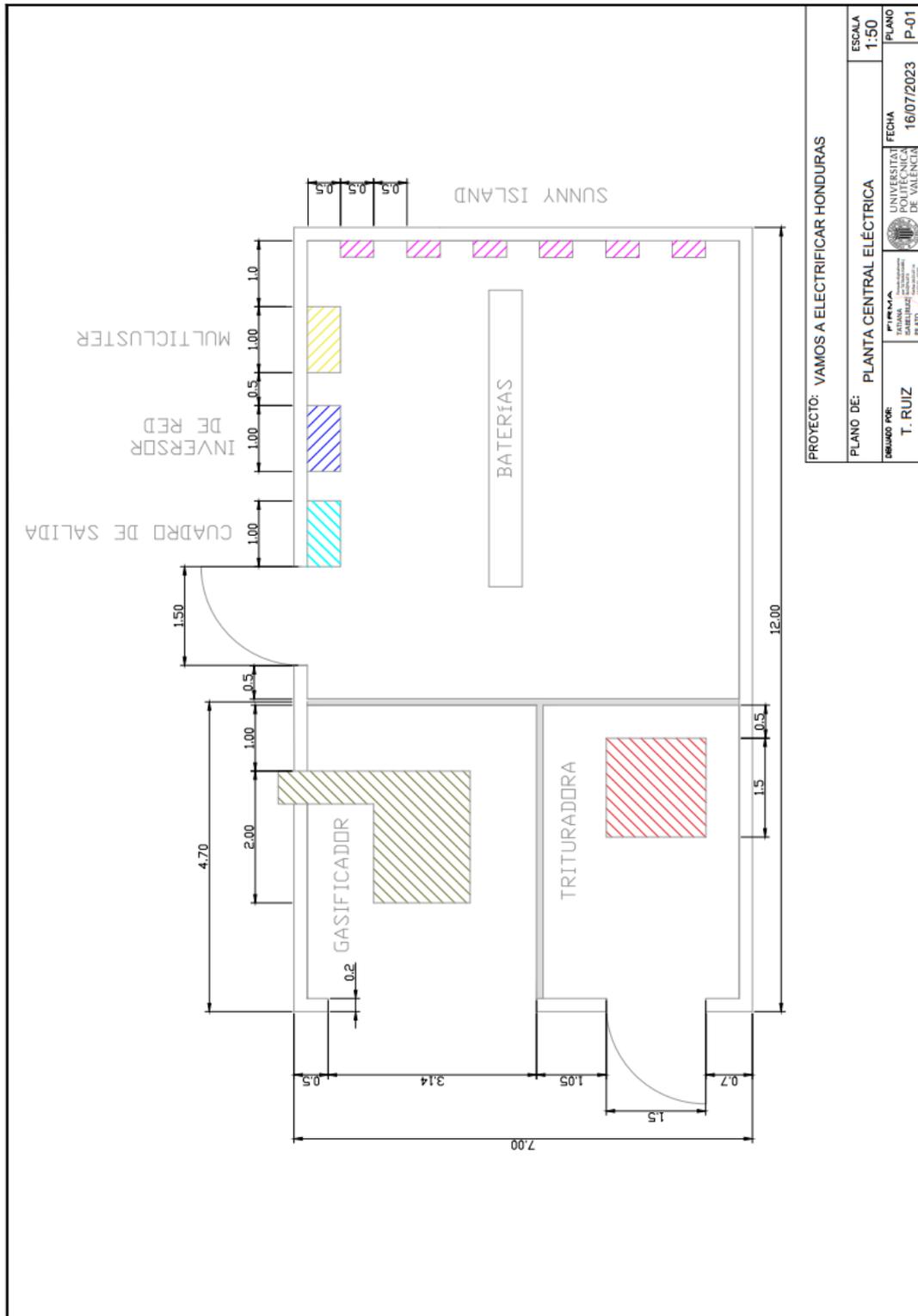


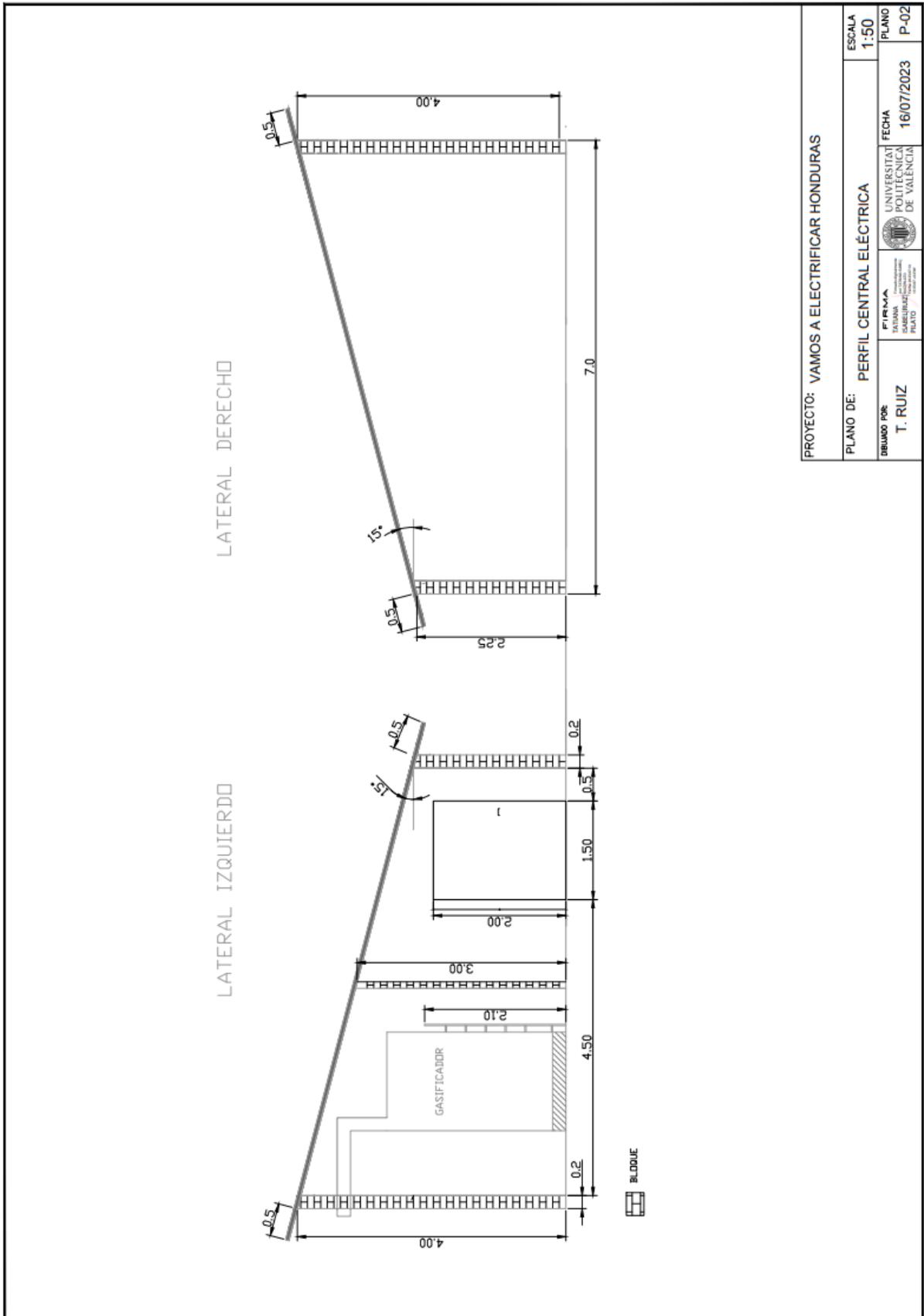
### Accesorios

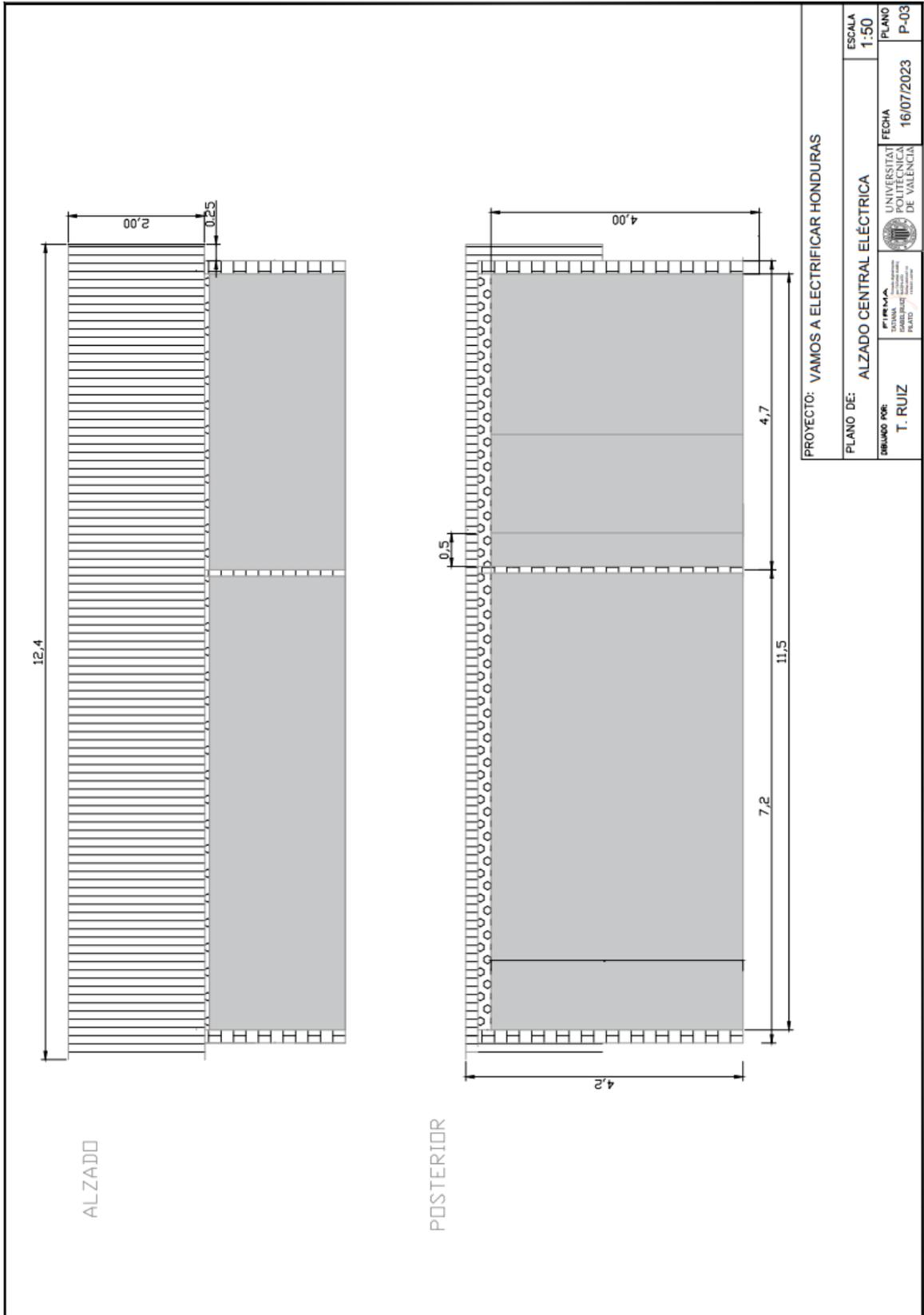
	SMA Sensor Module MD.SEN-40		SMA IO-Module MD.IO-40
	SMA Módulo RS485 MD.485-40		Universal Mounting System UMS_KIT-10
	AC Surge Protection Module Kit type 2, type 1/2 AC_SPD_Kit1-10, AC_SPD_KIT2_T1T2		DC Surge Protection Module Kit type 2, type 1/2 DC_SPD_Kit4-10, DC_SPD_KIT5_T1T2

## 11.2 Planos:

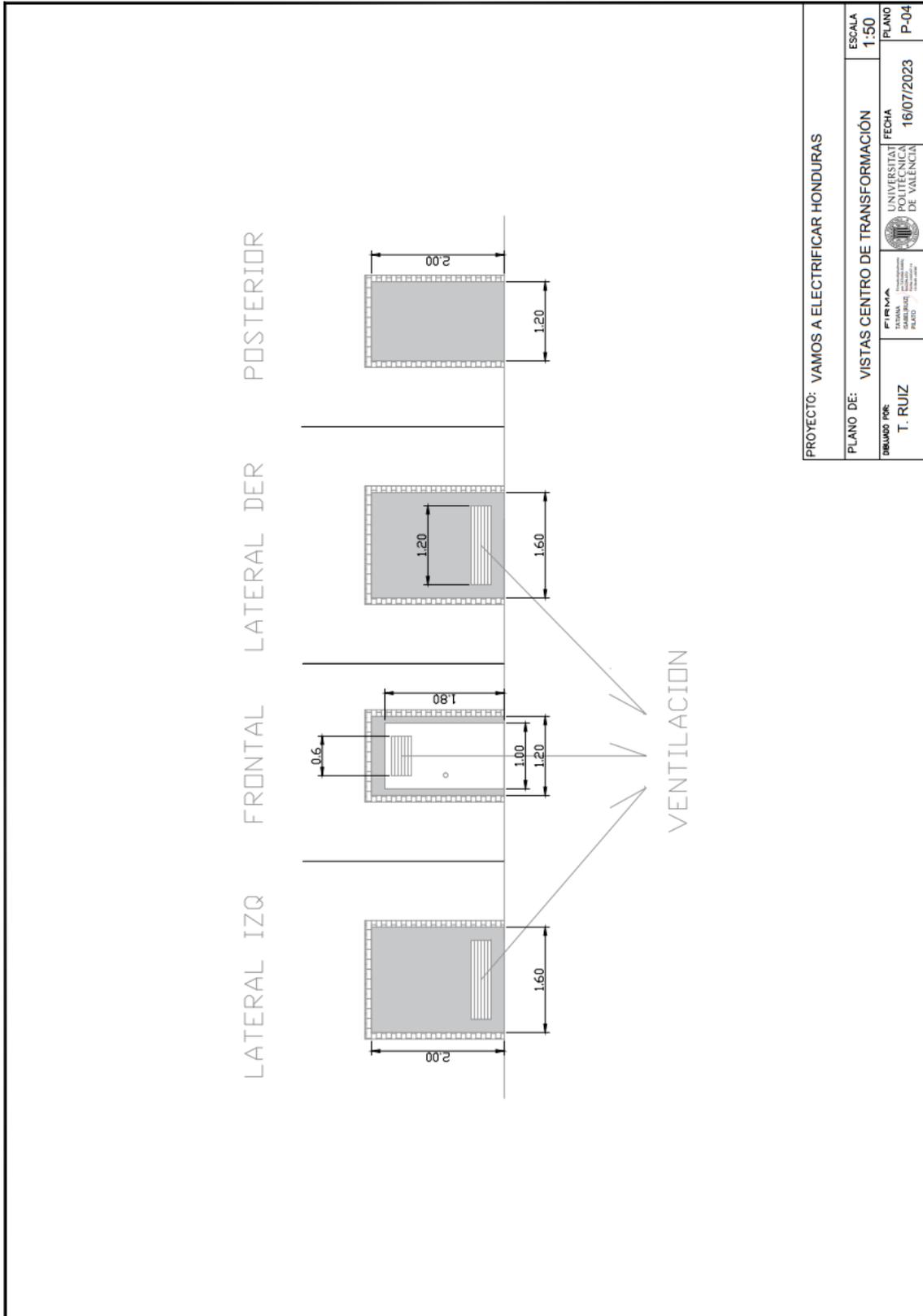
### 11.2.1 Central eléctrica



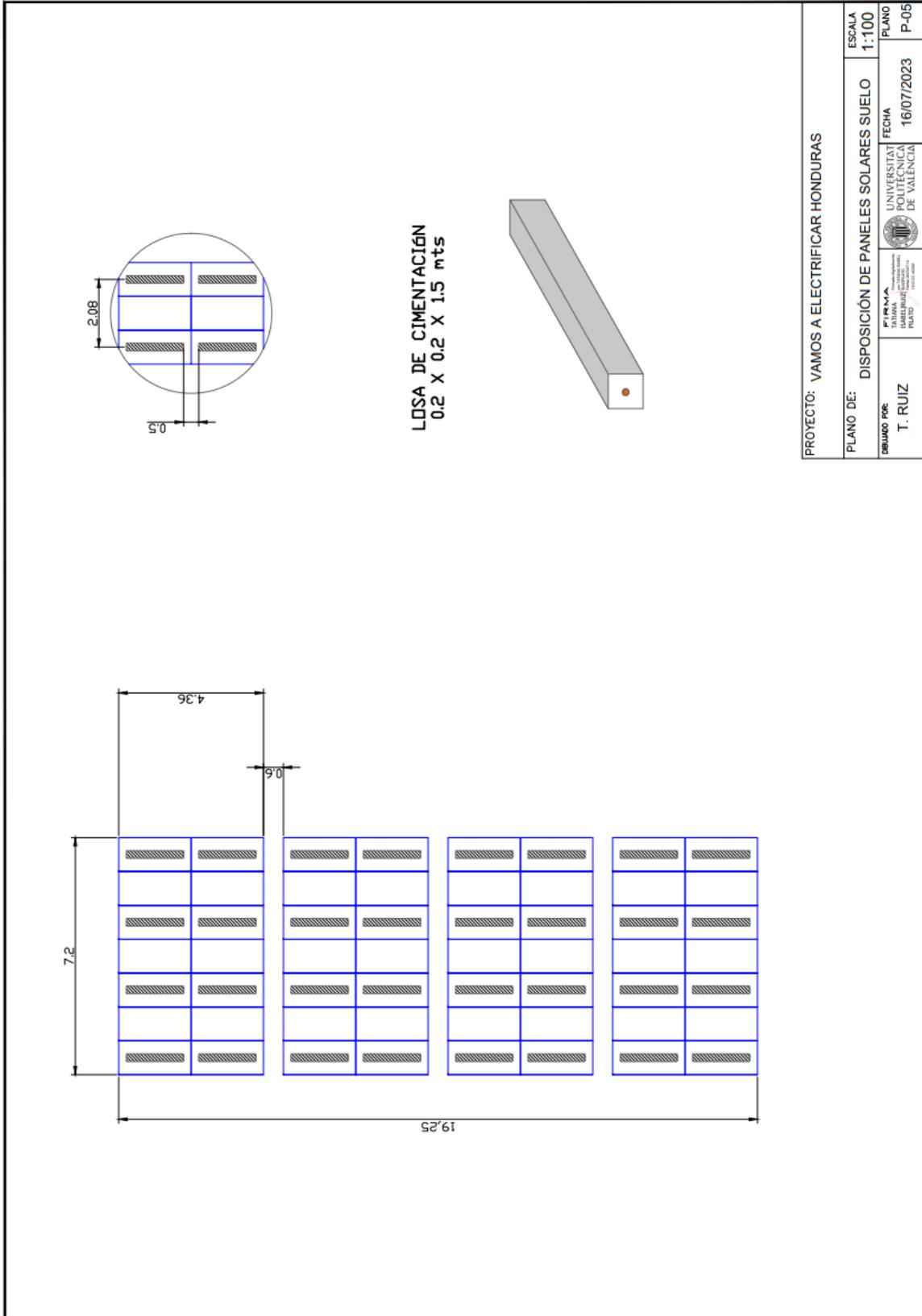


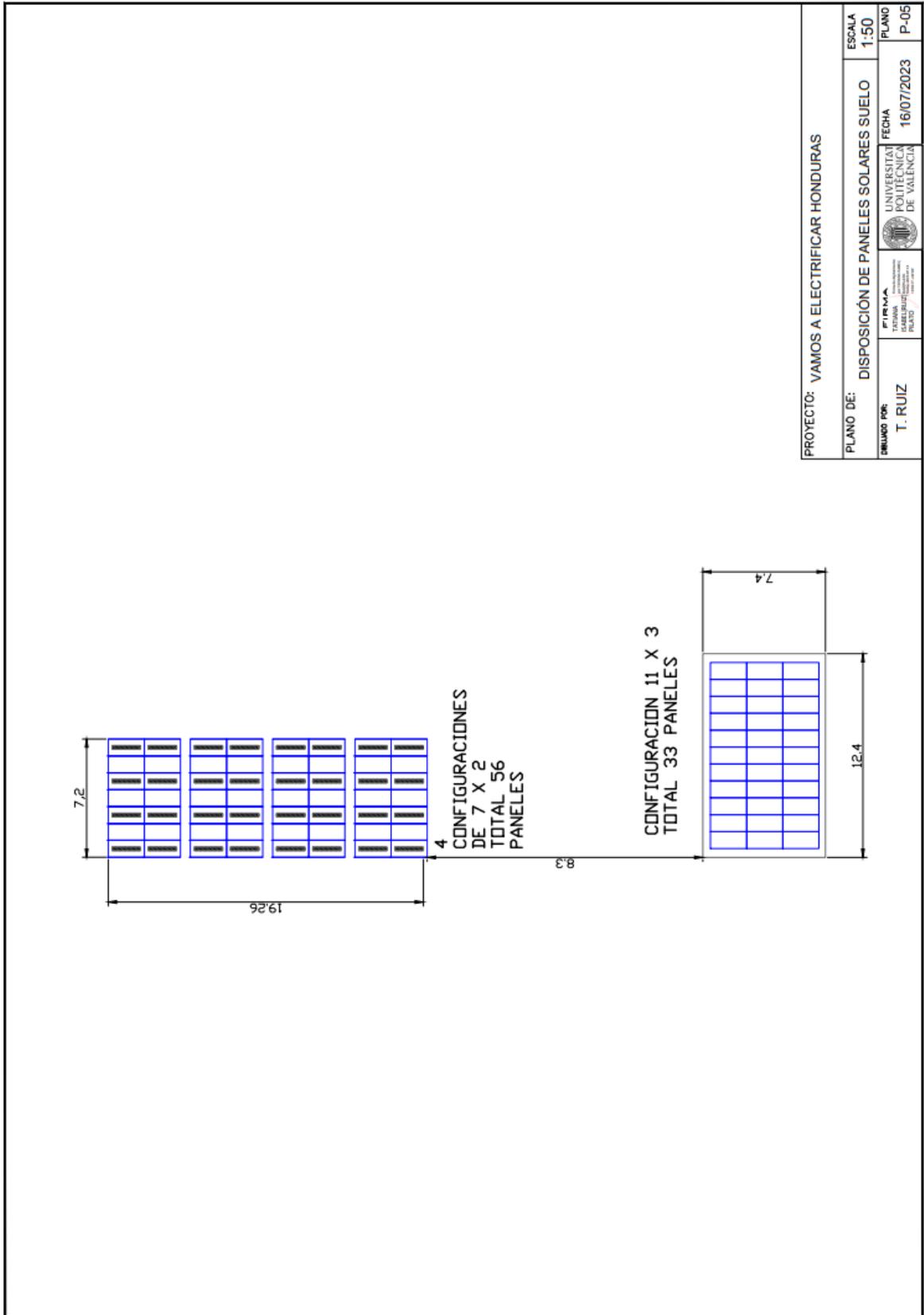


### 11.2.2 Centro de transformación



### 11.2.3 Distribución de los paneles fotovoltaicos

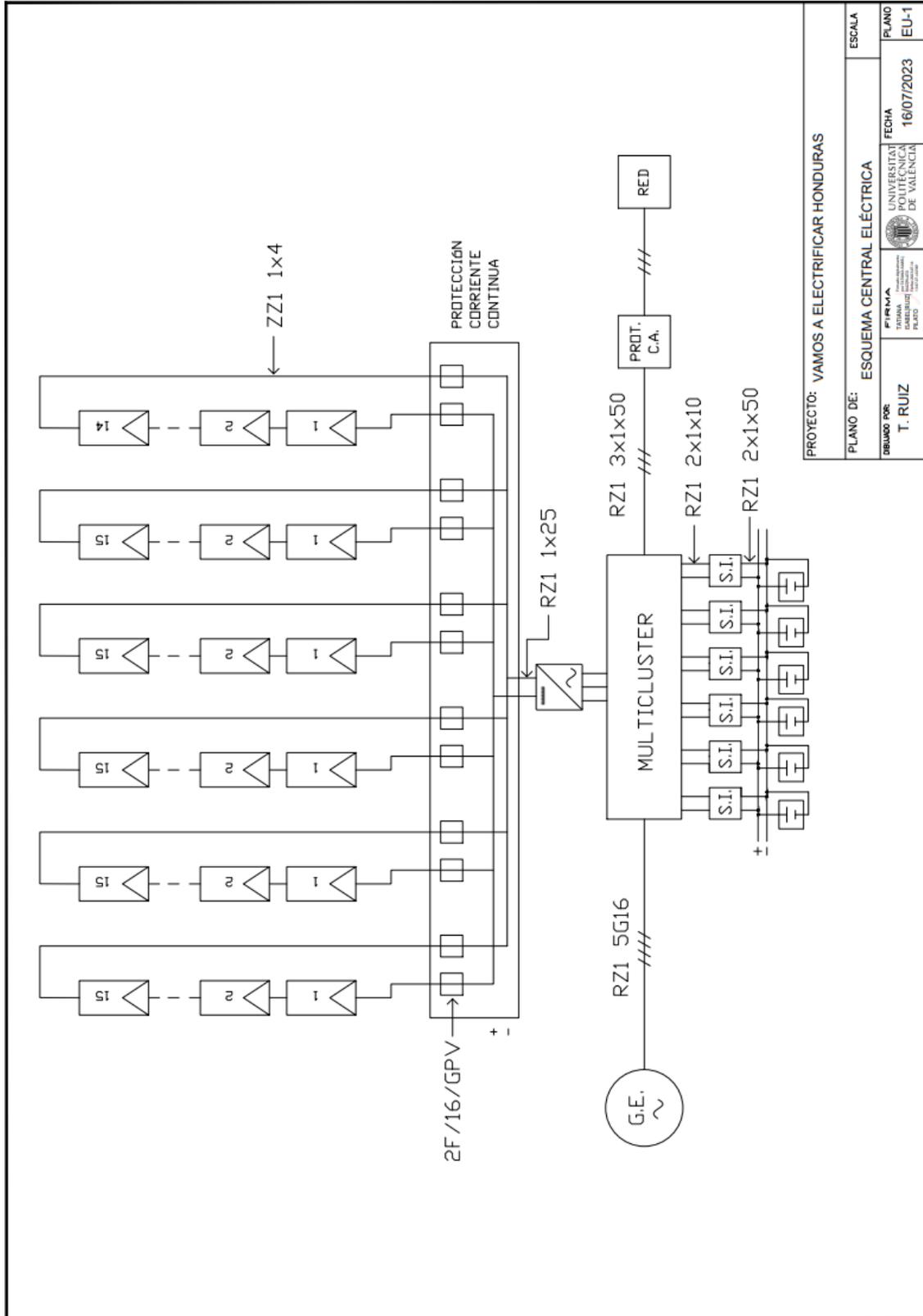


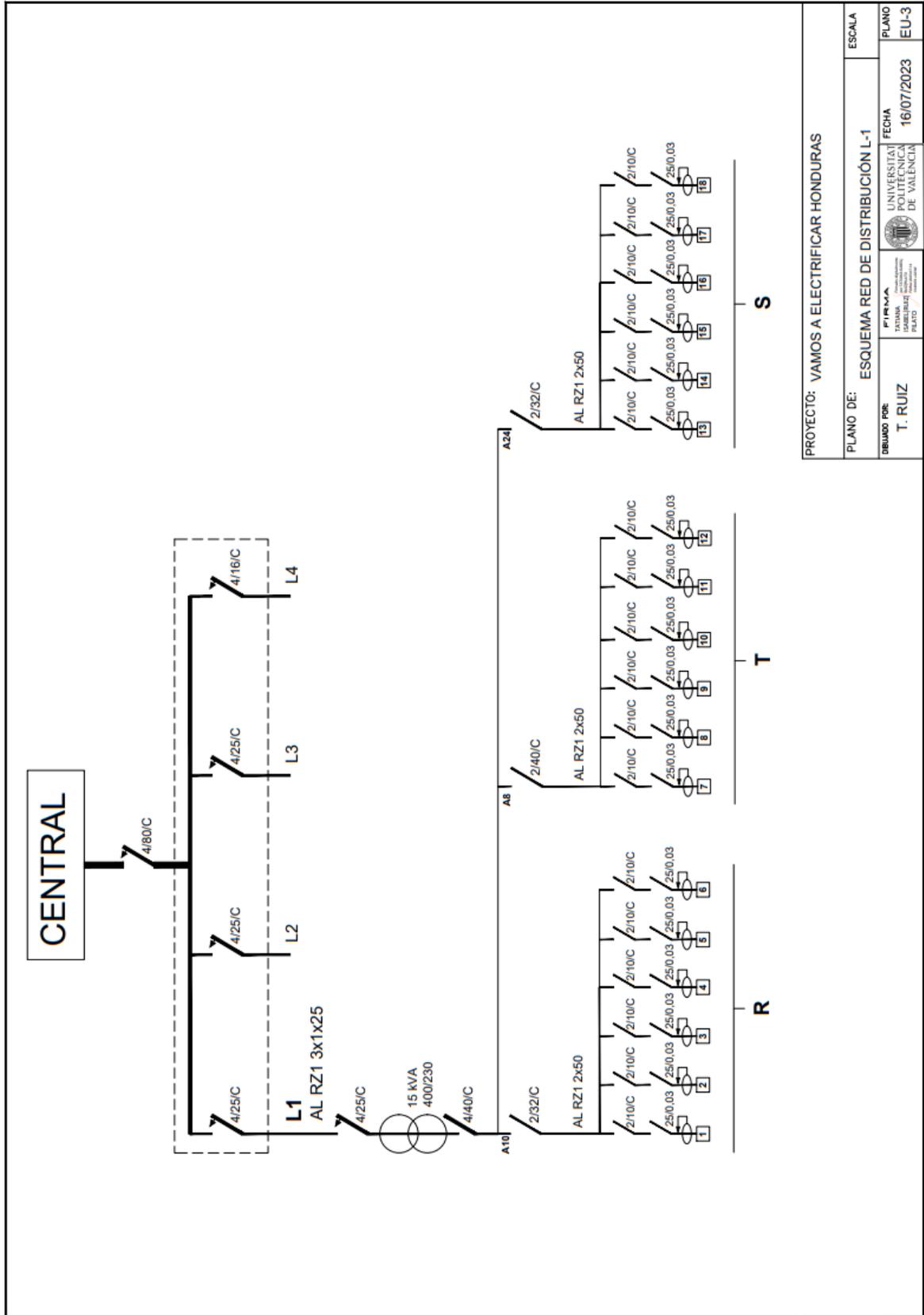


PROYECTO: VAMOS A ELECTRIFICAR HONDURAS

ESCALA	1:50
PLANO	P-05
PLANO DE:	DISPOSICIÓN DE PANELES SOLARES SUELO
ELABORADO POR:	T. RUIZ
FECHA	16/07/2023
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	

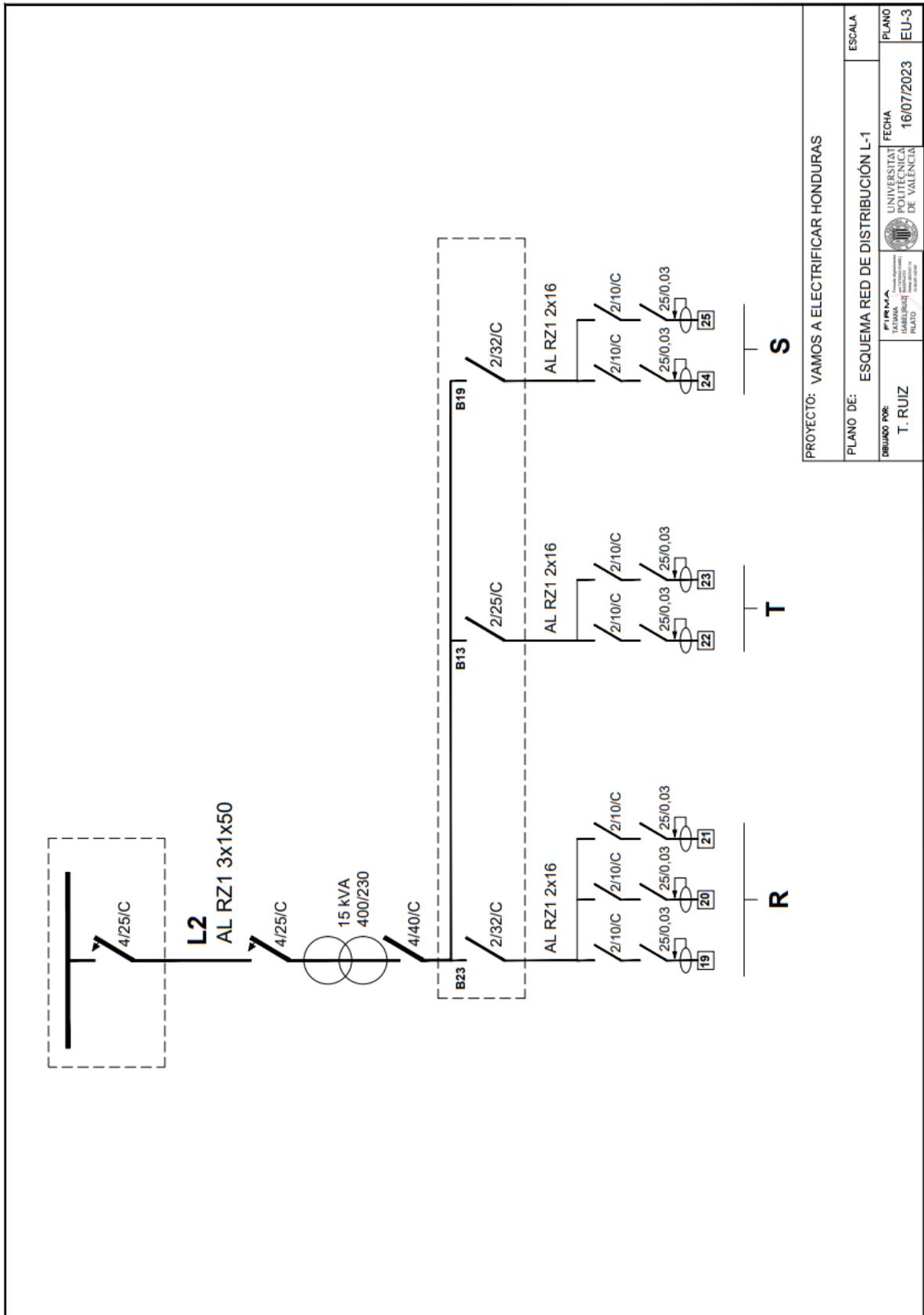
### 11.2.4 Esquemas unifilares



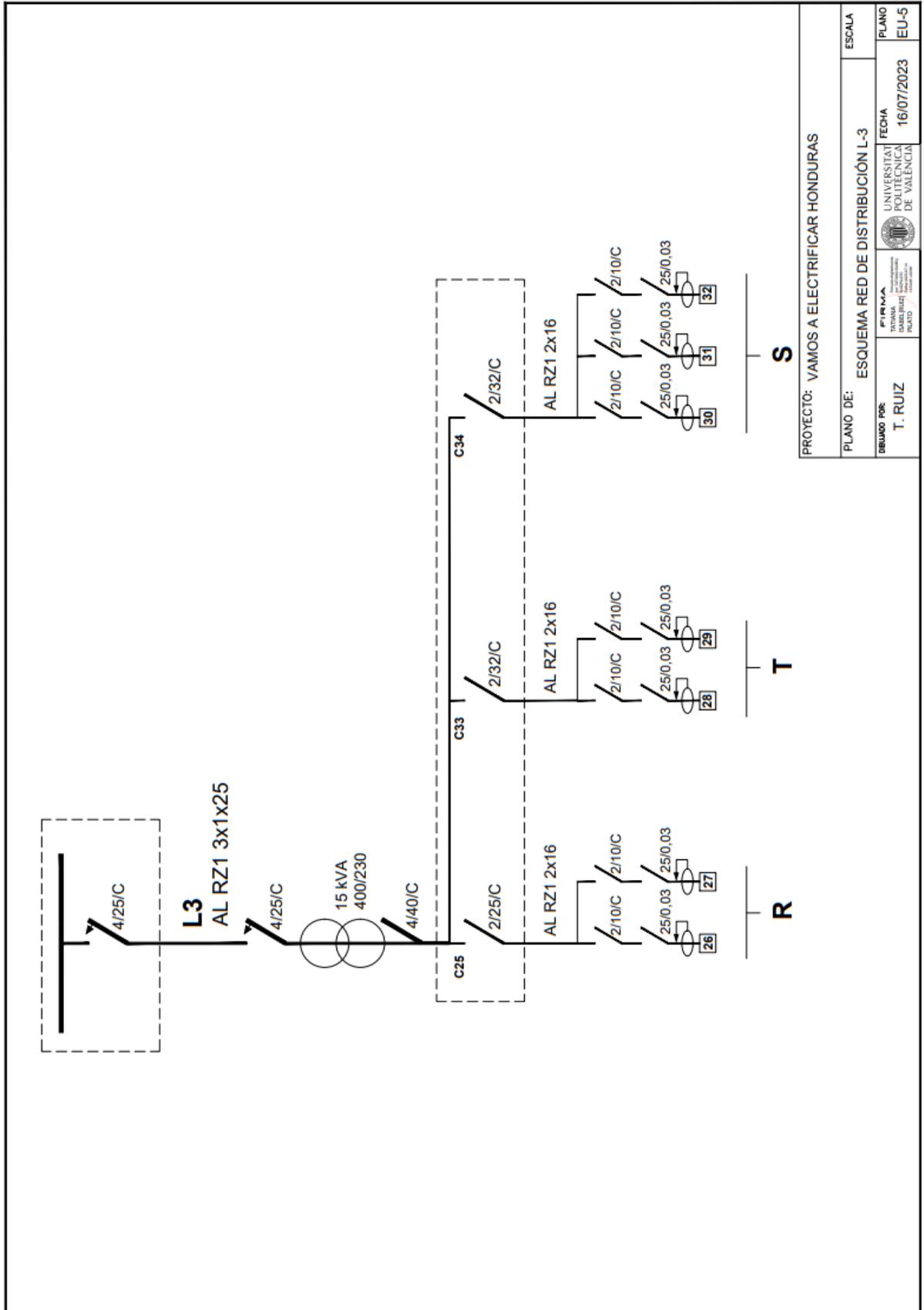


PROYECTO: VAMOS A ELECTRICIFICAR HONDURAS

PLANO DE:	ESQUEMA RED DE DISTRIBUCIÓN L-1	ESCALA
DIBUJADO POR:	T. RUIZ	FECHA
		16/07/2023
		UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
		PLANO
		EU-3

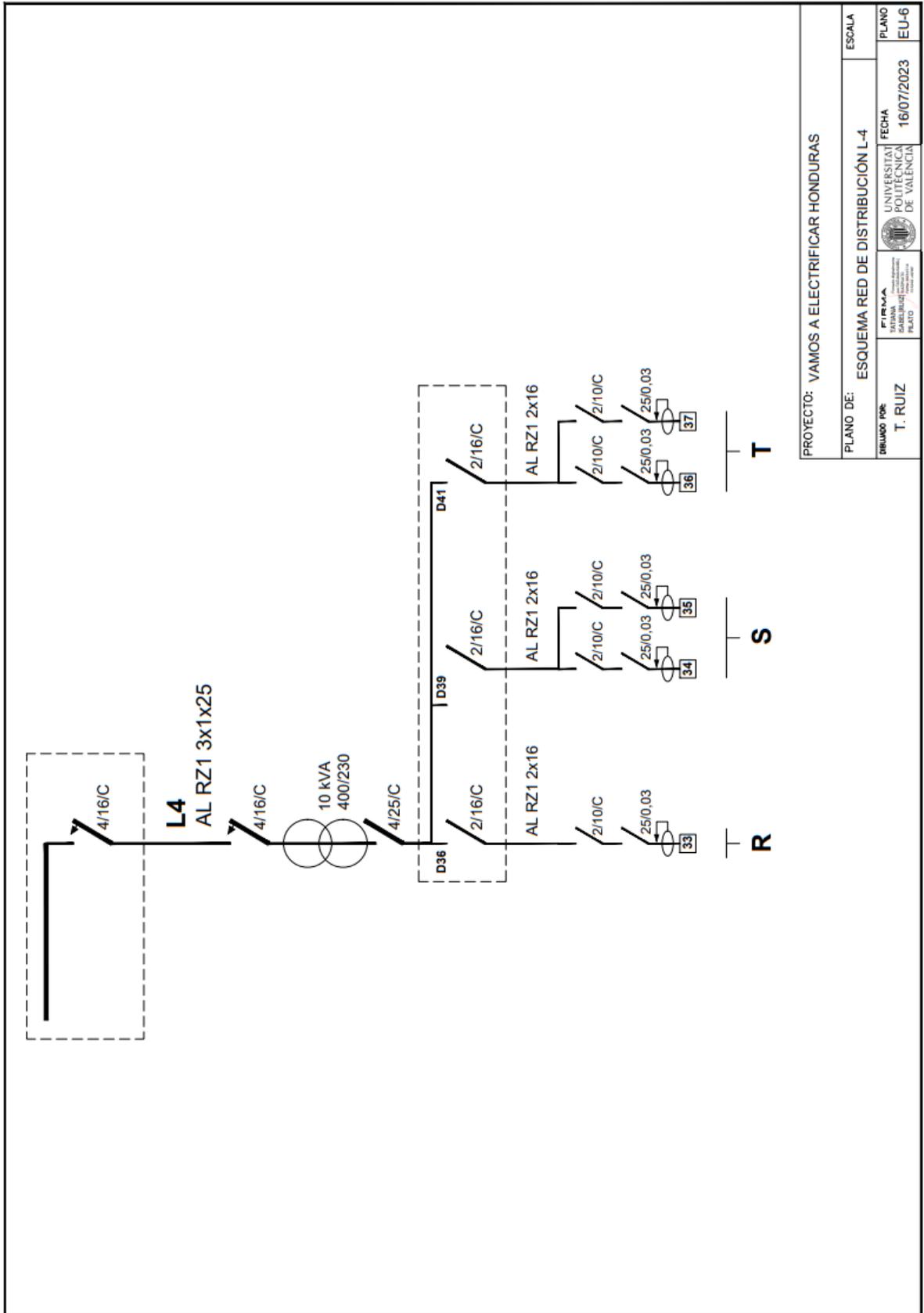


PROYECTO: VAMOS A ELECTRICAR HONDURAS		ESCALA
PLANO DE:	ESQUEMA RED DE DISTRIBUCIÓN L-1	
DIBUJADO POR:	T. RUIZ	FECHA
		16/07/2023
		PLANO
		EU-3



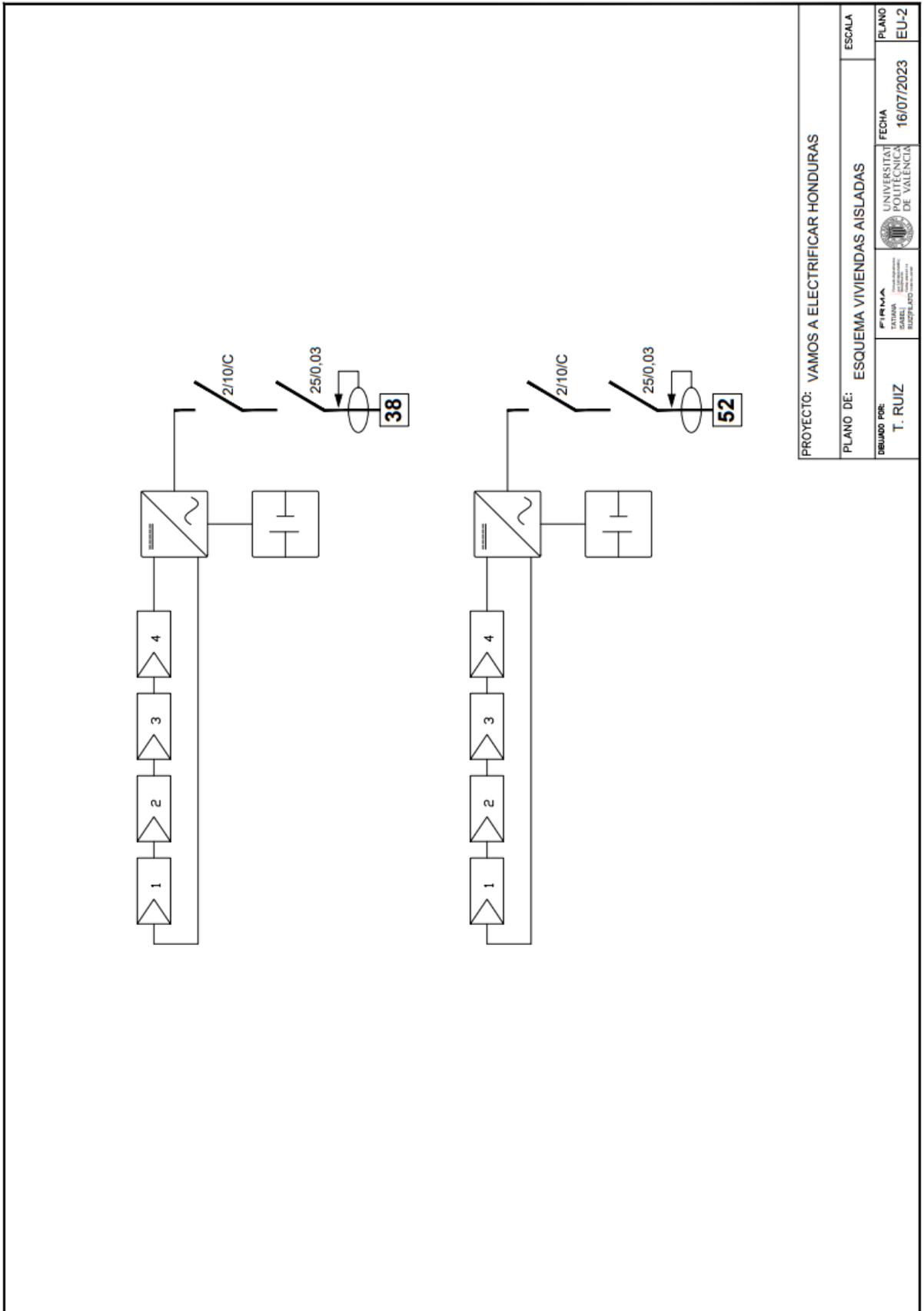
PROYECTO: VAMOS A ELECTRIFICAR HONDURAS

PLANO DE: ESQUEMA RED DE DISTRIBUCIÓN L-3		ESCALA
DBUJADO POR: T. RUIZ	FECHA: 16/07/2023	PLANO: EU-5
 FIRMA: UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA		



PROYECTO: VAMOS A ELECTRICIFICAR HONDURAS

ESCALA	
PLANO DE:	ESQUEMA RED DE DISTRIBUCIÓN L-4
DIBUJO POR:	T. RUIZ
FIRMA	UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
SITIO	UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
FECHA	16/07/2023
PLANO	EU-6



PROYECTO: VAMOS A ELECTRIFICAR HONDURAS		ESCALA
PLANO DE: ESQUEMA VIVIENDAS AISLADAS		PLANO
DEBIDO POR: T. RUIZ	FIRMA <small>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</small> T. RUIZ	FECHA 16/07/2023
		PLANO EU-2