

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA



**Dimensionamiento de una minicentral fotovoltaica con seguimiento solar
para proveer energía eléctrica en un centro poblado de Mórrope**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO**

AUTOR

Luis Enrique Guzman Zeña

ASESOR

Hugo Walter Mundaca Guerra

<https://orcid.org/0000-0002-8210-9581>

Chiclayo, 2025

**Dimensionamiento de una minicentral fotovoltaica con seguimiento
solar para proveer energía eléctrica en un centro poblado de
Mórrope**

PRESENTADA POR
Luis Enrique Guzman Zeña

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO

APROBADA POR

Ivan Dante Sipion Muñoz
PRESIDENTE

Luis Alberto Gonzales Bazan
SECRETARIO

Hugo Walter Mundaca Guerra
VOCAL

Dedicatoria

A mi madre por darme siempre su apoyo y amor incondicional, la razón de mi vida a la cual le dedico todos mis logros, a mi hermano por acompañarme y darme alegrías en momentos complicados.

A mis abuelos por inculcarme valores que llevaré conmigo siempre.

A mi familia por brindarme su apoyo y palabras de aliento para seguir adelante.

A mis amigos por los momentos y anécdotas vividas en el transcurso de la universidad.

TESIS FINAL

INFORME DE ORIGINALIDAD

22%

INDICE DE SIMILITUD

21%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	6%
2	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	3%
3	docplayer.es Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
5	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	1%
6	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	1%
7	repositorio.unac.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	repositorio.unj.edu.pe Fuente de Internet	1%
9	silo.tips Fuente de Internet	1%

1library.co

Índice

Resumen	12
Abstract	13
Capítulo I.....	14
I. Introducción	14
1.1. Justificación e importancia de la investigación	14
1.2. Objetivos.....	15
1.2.1. Objetivo General	15
1.2.2. Objetivos Específicos	15
Capítulo II	16
II. Marco teórico	16
2.1. Antecedentes de la investigación	16
2.2. Radiación solar	20
2.2.1. Horas sol pico (H.S.P):.....	20
2.2.2. Energía solar fotovoltaica.....	21
2.3. Elementos básicos de un sistema fotovoltaico	22
2.3.1. Paneles fotovoltaicos.....	22
2.3.2. Baterías.....	22
2.3.3. Regulador	23
2.3.4. Inversor.....	23
2.3.5. Sistema solar fotovoltaico	24
2.4. Sistema de Seguimiento Solar	24
2.5. Selección de paneles fotovoltaicos	25
2.5.1. Orientación de los paneles.....	25
2.5.2. Cálculo del número de paneles.....	26

2.5.3.	Cantidad mínima de inversor eléctrico.....	26
2.5.4.	Cantidad de paneles en serie	27
2.5.5.	Cantidad de paneles en paralelo	27
2.5.6.	Soportes metálicos para paneles fotovoltaicos.....	27
2.5.7.	Selección de cable del sistema fotovoltaico	28
2.6.	Hipótesis	28
2.7.	Operacionalización de variables	30
2.7.1.	Variable dependiente.....	30
2.7.2.	Variable independiente.....	30
Capítulo III	32
III. Metodología	32
3.1.	Enfoque y diseño de la investigación	32
3.1.1.	Esquema de investigación	32
3.2.	Sujetos de la investigación	33
3.3.	Métodos y procedimientos.....	34
3.4.	Técnicas e instrumentos.....	35
Capítulo IV	36
IV. Desarrollo y resultados.....		36
4.1.	Diagnóstico de la situación energética del centro poblado 9 de setiembre	36
4.2.	Cálculo de la irradiación solar y demanda energética en el centro poblado 9 de setiembre - Mórrope	39
4.2.1.	Estudio de la radiación en el centro poblado 9 de setiembre	39
4.2.2.	Cálculo de la demanda energética.....	48
4.3.	Selección de los componentes del sistema fotovoltaico con seguimiento solar... 51	
4.4.	Presupuesto de implementar el sistema fotovoltaico con seguimiento solar propuesto 60	
4.5.	Costo de la energía del sistema fotovoltaico para el centro poblado.....	63

V. Discusión	67
VI. Conclusiones	68
VII. Recomendaciones	69
VIII. REFERENCIAS	70
IX. Anexos	74

Lista de Tablas

Tabla 1: Matriz de Consistencia.....	29
Tabla 2: Operacionalización de las variables para el desarrollo de la investigación	31
Tabla 3. Relación de técnicas e instrumentos	35
Tabla 4: Información del Centro Poblado 9 de setiembre – Mórrope.....	36
Tabla 5: Información de coordenadas UTM del centro poblado 09 de setiembre	36
Tabla 6. Resumen de datos obtenidos del programa Meteonorm 8.2.	46
Tabla 7. Resumen de la información de radiación solar de las distintas fuentes.	48
Tabla 8: Población censada e índice de crecimiento poblacional promedio por año.....	48
Tabla 9: Energía eléctrica diaria consumida diaria por vivienda o abonado	50
Tabla 10: Energía eléctrica diaria consumida por local comunal	50
Tabla 11: Energía eléctrica diaria consumida por Iglesia local	50
Tabla 12: Proyección de energía eléctrica diaria consumida en centro poblado 09 de setiembre	50
Tabla 13. Coeficientes y sus valores para el cálculo del rendimiento de un sistema fotovoltaico	51
Tabla 14. Coeficiente de autonomía de acuerdo al tipo de clima	52
Tabla 15. Energía diaria generada por minicentral fotovoltaica	53
Tabla 16. Análisis comparativo entre distintas baterías solares.....	56
Tabla 17. Costo para equipos, insumos y materiales de la minicentral fotovoltaica	61
Tabla 18. Costo de instalación, montaje y pruebas	61
Tabla 19. Costo parte civil de montaje.....	62
Tabla 20. Costo total para la minicentral fotovoltaica	62
Tabla 21. Tasas de descuento para diferentes países.	65
Tabla 22. Resumen de información para calcular LCOE.....	66

Lista de Figuras

Fig. 1: Espectro electromagnético de la radiación solar. [8]	20
Fig. 2: Representación de horas sol pico. [8]	21
Fig. 3: Efecto fotovoltaico. [9]	21
Fig. 4: Tipos de paneles fotovoltaicos. [11]	22
Fig. 5: Baterías solares. [12].....	22
Fig. 6: Controladores solares. [13]	23
Fig. 7: Inversores solares. [14]	23
Fig. 8: Ejemplo de un sistema solar fotovoltaico. [15]	24
Fig. 9: Equipamiento de un sistema fotovoltaico en un hogar. [16]	24
Fig. 10: Seguimiento solar. [18].....	25
Fig. 11: Orientación de los Paneles Fotovoltaicos para el hemisferio sur del planeta tierra. [21]	26
Fig. 12: Ángulo Azimutal y Angulo de Inclinación. [22]	26
Fig. 13: Esquema para el dimensionamiento de la minicentral fotovoltaica con seguimiento solar.	33
Fig. 14: Información geográfica del centro poblado 9 de setiembre - Mórrope. [23].....	37
Fig. 15: Información geográfica del centro poblado 9 de setiembre – Mórrope (Obtenida de Google Earth Pro).....	38
Fig. 16: Ubicación de la zona en Global Solar Atlas. [24].....	40
Fig. 17: Perfiles horarios promedio de la potencia fotovoltaica. [24].....	41
Fig. 18: Ubicación de la zona en SOLARGIS. [25].....	43
Fig. 19: Información de la ubicación del centro poblado 09 setiembre - Mórrope.....	44
Fig. 20: Información de radiación solar en centro poblado 09 de setiembre. (Fuente: Meteonorm 8.2).....	44
Fig. 21: Datos de radiación solar en centro poblado 09 de setiembre. (Fuente: Meteonorm 8.2).	45

Fig. 22: Radiación global diaria en centro poblado 09 de setiembre. (Fuente: Meteonorm 8.2).	45
Fig. 23: Energía Solar incidente diaria en el departamento de Lambayeque. [26]	47
Fig. 24: Esquema de configuración para la minicentral fotovoltaica.....	59

Lista de Anexos

Anexo 1: Ficha técnica panel fotovoltaico EVO6 Pro 700 Wp.....	74
Anexo 2: Datos del controlador Must Solar MPPT PC18-10015F	76
Anexo 3: Datos técnicos del inversor Huawei SUN2000-36KTL-M3	80
Anexo 4: Datos técnicos de batería TENSITE de 300 Ah.....	82
Anexo 5: Datos técnicos del cable INDECO NHX-90 450/750 V	85
Anexo 6: Cálculo de caída de tensión	88
Anexo 7: Plano de red eléctrica secundaria y caída de tensión.....	90

Resumen

La falta de suministro eléctrico en un determinado lugar trae como consecuencia un retraso tecnológico. Originando que la localidad no tenga un adecuado crecimiento económico, social, ambiental y tecnológico, es decir, en todos los aspectos. Debido a ello, es necesario buscar soluciones que permitan brindar dicho servicio a lugares donde sea necesario, y así mejorar la calidad de vida de sus habitantes. Por lo tanto, el objetivo general fue dimensionar una minicentral fotovoltaica con seguimiento solar para proveer de energía eléctrica a un centro poblado de la localidad de Mórrope. Para lo cual, se recopiló información del centro poblado 09 de setiembre ubicado en Mórrope, provincia y departamento de Lambayeque, teniendo una población de 180 habitantes y 125 viviendas, y actualmente no cuenta con suministro de energía eléctrica por parte de la concesionaria. De los datos recopilados por Global Solar Atlas, SOLARGIS, Meteonorm 8.2 y Atlas Solar del Perú, se obtuvo una radiación solar de 3,650 kWh/m², siendo el más bajo de todos. Respecto a la demanda energética, se obtuvo un consumo de energía promedio diario de 88,089 kWh/día y una potencia necesaria de 27,6948 kW para cubrir los requerimientos de la población del centro poblado. La minicentral fotovoltaica se conforma por 48 paneles solares de 700 Wp cada uno, 6 controladores de 100 A cada uno, un inversor solar de 30 kW trifásico, con un total de 128 baterías de 300 Ah cada una, cable NHX-90 de 25 mm² y de 95 mm² y con 2 sistemas de seguimiento solar de 55 a 80 m². La inversión total para la minicentral fotovoltaica es de S/. 441 463,65 incluyendo IGV. El costo nivelado (LCOE) para la energía fotovoltaica generada es de S/. 1,7402 por kWh, un valor elevado, y que se debe al costo de utilizar un banco de baterías, que representan más del 40% del costo total.

Palabras clave: Minicentral fotovoltaica, radiación solar, demanda energética.

Abstract

The lack of electricity supply in a certain place result in a technological delay. Causing the town to not have adequate economic, social, environmental and technological growth, that is, in all aspects. Due to this, it is necessary to look for solutions that allow this service to be provided to places where it is necessary, and thus improve the quality of life of its inhabitants. Therefore, the general objective was to size a mini photovoltaic power plant with solar tracking to provide electrical energy to a population center in the town of Mórrope. For this purpose, information was collected from the 09 de Septiembre town center located in Mórrope, province and department of Lambayeque, having a population of 180 inhabitants and 125 homes, and currently does not have electricity supply from the concessionaire. From the data collected by Global Solar Atlas, SOLARGIS, Meteonorm 8.2 and Atlas Solar del Perú, a solar radiation of 3,650 kWh/m² was obtained, being the lowest of all. Regarding energy demand, an average daily energy consumption of 88,089 kWh/day and a necessary power of 27.6948 kW was obtained to cover the requirements of the population of the town center. The mini photovoltaic power plant is made up of 48 solar panels of 700 Wp each, 6 controllers of 100 A each, a 30 kW three-phase solar inverter, with a total of 128 batteries of 300 Ah each, NHX-90 cable of 25 mm² and 95 mm² and with 2 solar tracking systems from 55 to 80 m². The total investment for the mini photovoltaic plant is S/. 441,463.65 including VAT. The levelized cost (LCOE) for the photovoltaic energy generated is S/. 1.7402 per kWh, a high value, and which is due to the cost of using a battery bank, which represents more than 40% of the total cost.

Keywords: Mini photovoltaic power plant, solar radiation, energy demand.

CAPÍTULO I

I. Introducción

Cada día se obtienen registros de niveles de contaminación cada vez más graves en el medio ambiente. Esto se da primeramente a la emisión de energía que parten de combustibles fósiles, que produce gran magnitud de CO₂, degrada la particularidad del aire esencial para el ser humano y provoca daños irreversibles en la capa de ozono. Esto fomenta a optar por distintas fuentes de energía y también distintos sistemas de generación eléctrica, que se basan principalmente en emplear energías renovables. Por medio de Japón, mediante firma del Protocolo de Kioto, se promueve la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero a través de un beneficio por tonelada de CO₂ que no es emitida. [1]

Perú es un país excepcional, por motivo que existe radiación solar directa en todo su territorio, la misma que hoy en día no se está aprovechando de manera relevante a pesar de la existencia de normativas a emplear de energías renovables enfocados en la electrificación rural. Especialmente en la costa del Perú, la radiación es elevada con respecto a los kWh/día, logrando ser óptimo para utilizarse en sistemas de bombeo de agua, iluminación, micro climatización, calentamiento de agua, entre otros; y es considerable con el medio ambiente, por consiguiente, su uso es favorable y perdurable. [2]

Es costoso el proceso de generar electricidad, además de ser un proceso que en determinado punto agota progresivamente los recursos naturales existentes, ahora la inclinación de las empresas que generan energía eléctrica es buscar alternativas que permitan obtener el recurso de una forma más limpia, sin ser muy costosa y además de cuidar los distintos recursos que están en riesgo de terminarse. [3]

Un número creciente de países está reconociendo la gran capacidad de la energía solar para el resguardo del clima, el desarrollo de redes domésticas de suministro de energía autosuficientes y la estabilidad a largo plazo en cuanto al costo de la energía. También es de gran importancia el efecto positivo de la fotovoltaica en el desarrollo local y generación de empleo en la fabricación, venta y montaje de sistemas fotovoltaicos. [4]

1.1. Justificación e importancia de la investigación

La actual investigación viene a ser importante ya que se realizó el dimensionamiento de

un sistema fotovoltaico con seguimiento solar para abastecer de electricidad a un centro poblado de la localidad de Mórrope, siendo un punto de partida para investigaciones futuras. Cabe indicar que se justifica en el ámbito social, ya que beneficia a los pobladores del centro poblado 9 de setiembre ubicado en la localidad de Mórrope, mejorando su calidad de vida y aumentando las oportunidades para desarrollarse en todos los aspectos. Además, es significativa porque se emplea un tipo de energía renovable para generar energía eléctrica de forma sustentable y sin emisiones de gases efecto invernadero, adicionalmente de obtener una mejor eficiencia al agregar un sistema de seguimiento solar. Y finalmente, viene a ser relevante e importante porque se reducirán las emisiones de contaminantes como el Dióxido de Carbono (CO₂) y de la capa de ozono, brindando un mejor panorama a las futuras generaciones.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Dimensionar una minicentral fotovoltaica con seguimiento solar para proveer de energía eléctrica a un centro poblado de la localidad de Mórrope.

1.2.2. Objetivos Específicos

1. Diagnosticar la situación energética del centro poblado 9 de setiembre en Mórrope.
2. Calcular la irradiación solar sobre el centro poblado y su demanda energética.
3. Seleccionar los componentes para el sistema fotovoltaico con seguimiento solar para aprovechar al máximo el potencial.
4. Determinar el presupuesto de implementar el sistema fotovoltaico con seguimiento solar propuesto (generación, almacenamiento y distribución).
5. Definir el costo de la energía del sistema fotovoltaico para el centro poblado, estimando sus costos fijos y costos variables (operación, mantenimiento).

CAPÍTULO II

II. Marco teórico

2.1. Antecedentes de la investigación

Internacional

Proyecto 1: “Análisis de variantes de sistemas fotovoltaicos con seguimiento solar en las condiciones de Cuba”

Autor: López Valdés, José Carlos

Año: 2017

Origen: Cuba

Resumen:

En esta investigación se propuso el objetivo general de elaborar un estudio para realizar una evaluación técnica económica sobre la factibilidad de emplear sistemas fotovoltaicos con seguidor solar dependiendo de las condiciones de Cuba. Para ello se tuvo en cuenta la irradiación del sol y producción en el parque fotovoltaico del Frigorífico ubicado en Villa Clara. De los resultados, se logró demostrar que la producción de energía de un panel fotovoltaico con seguidor solar se mejoró en un 35% en comparación con paneles tradicionales y fijos, pero dicha tecnología es mucho más costosa y es necesario que en Cuba se implementen políticas que permitan su desarrollo. Las condiciones de energía solar o irradiación en Cuba, permiten que se instalen parques fotovoltaicos de estructuras fijas en vez de parques fotovoltaicos con seguimiento solar, ya que la TIR y VAN son superiores y el tiempo de recuperación de la inversión es inferior, además de que el costo de cada kWh producido es ligeramente más bajo en las plantas de estructuras fijas. [5]

Nacional

Proyecto 2: “Optimización del sistema solar fotovoltaico para la generación de energía eléctrica en viviendas aisladas altoandinas”

Autor: Clemente De La Cruz, Wuilber

Año: 2014

Origen: Huancayo – Perú

Resumen:

Esta tesis empleó un tipo tecnológico ya que se han internacionalizado los conceptos científicos considerando un acontecimiento real, donde se enmarcó a una línea de investigación ya determinada por el Ministerio de Energía y Minas y de la Escuela de Postgrado de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional del Centro del Perú, respecto a desarrollar las energías del tipo renovable en el interior del país y de la región. El objetivo propuesto fue optimizar la estructura del sistema fotovoltaico en función a la radiación solar, la selección de los elementos, donde se evaluó de forma fundamental el azimut, elevación y ubicación del controlador de carga con relación al módulo de generación de forma correcta, para poder producir electricidad para las viviendas aisladas pertenecientes a las comunidades de los distritos de Yanacancha en la provincia de Concepción y José de Quero de la provincia de Chupaca, ubicados en el departamento de Junín. Se utilizó el método sistémico, teniendo en consideración los elementos de forma interrelacionada y con un nivel experimental, empleando un diseño factorial de 2^3 , donde se controlaron tres variables, siendo el azimut del panel, la elevación y la ubicación del controlador de carga, que tuvieron dos niveles, lo que permitió obtener ocho combinaciones o tratamientos. De los resultados, se tuvo una generación de energía eléctrica, lo cual dio un resultado promedio que oscila entre 40.37 Wh y 48.55 Wh, para el resultado se utilizó el programa SPSS y el estadígrafo T de student para evaluar la eficiencia. [2]

Local

Proyecto 3: “Diseño de un sistema de generación fotovoltaico con seguidor lumínico independiente a su ubicación”.

Autor: Pérez Salas, Diego Jesús

Año: 2019

Origen: Chiclayo – Perú

Resumen:

En esta investigación se propuso como objetivo diseñar un sistema de producción fotovoltaico con seguimiento lumínico independiente de su ubicación. El lugar escogido fue el centro poblado Cucufana, por estar alejado del suministro eléctrico de la concesionaria encargada, y que tuvo una población de 26 viviendas y por estar dispersa debido a su densidad poblacional baja. Dicha localidad se ubica en Mórrope, en el departamento de Lambayeque, presentando un promedio de radiación solar de 5.59 kWh/m², lo cual demuestra condiciones adecuadas para aprovechar el recurso solar disponible. Empleando normativa vigente para un sector típico 5 que es una zona rural con densidad media poblacional, determinando una calificación eléctrica correcta para la zona mencionada y por lo tanto, una máxima demanda para cada vivienda que les permita una mejora en la calidad de vida de sus habitantes y para futuras generaciones. Para el logro de los objetivos planteados, se realizó un diagnóstico energético del centro poblado, para posteriormente determinar los requerimientos energéticos necesarios para la población y con información obtenida de la NASA se logró dimensionar correctamente el equipamiento del sistema de producción, para luego realizar un bosquejo en SolidWorks de la estructura metálica del sistema de seguimiento solar, empleando un lenguaje de programación C++. Al final se elaboró un análisis de su viabilidad con el material necesario y mano de obra para su implementación y construcción, proporcionados en un presupuesto referencial. El sistema de seguimiento lumínico tuvo la capacidad de aumentar la generación de energía eléctrica en 21%, aunque el costo de inversión aumentó en un 32%, demostrando que dichas mejoras con el costo adicional son de gran beneficio para la población o abonado final. [6]

Proyecto 4: “Dimensionamiento de un sistema de generación fotovoltaico aislado para suministrar energía eléctrica a la localidad de Cruz de Pañala – Mórrope – Lambayeque”

Autor: Chapoñan Cuzo, Alex Joel

Año: 2018

Origen: Lambayeque – Perú

Resumen:

En la investigación se propuso el objetivo de dimensionar un sistema de producción fotovoltaica aislada, seleccionando los paneles solares, baterías, reguladores, inversores, entre otros; para un total de 38 abonados con un uso doméstico, con una iglesia, un local para la comuna y un colegio; todo ello para la localidad de Cruz de Pañala, que se ubica en el distrito de Mórrope, provincia y departamento de Lambayeque. Los datos de la radiación solar media se obtuvieron con información brindada por la institución de la NASA y con el Atlas del SENAMHI, tomando el nivel más bajo de radiación solar, siendo de 4.01 kWh/m²/día, con la finalidad de no presentar problemas en el sistema fotovoltaico de producción eléctrica para la localidad mencionada. La mini central o sistema fotovoltaico estuvo conformado de 60 paneles solares de 185 Wp cada uno, 3 reguladores de carga, 48 baterías para el sistema de acumulación y 3 inversores. Donde la potencia instalada del sistema de acumulación de energía fue de 11.10 kWp. Para el sistema de bombeo, se implementó un total de 9 paneles solares de 190 Wp cada uno, un controlador, una bomba sumergible Lorentz PS1800. El sistema de distribución eléctrica fue diseñado para baja tensión en 220 V. El costo o presupuesto de implementar el sistema fotovoltaico de generación y distribución, incluyendo el sistema de bombeo fue de S/. 470 029.95. [7]

2.2. Radiación solar

Por medio de reacciones nucleares de unión, que se producen en su interior o núcleo, el sol logra producir energía. Esa energía generada se denomina radiación solar, que es transferida en forma de radiación electromagnética y llega a la atmósfera terrestre en un grupo de espectro electromagnético o radiaciones con distancias de onda que son aproximadamente desde 0,15 hasta 4 micrómetros, de manera como se representa en la Figura 1. El espectro puede llegar desde 0,40 hasta 0,78 micrómetros y conforma el espectro visible que se denomina generalmente luz, lo demás del espectro que no se puede ver lo conforman las radiaciones con distancias de onda inferiores a 0,4 μm las cuales se denominan radiaciones ultravioletas (UV) y con distancias de onda superiores a 0,78 μm las cuales se denominan radiaciones infrarrojas (IR). [8]

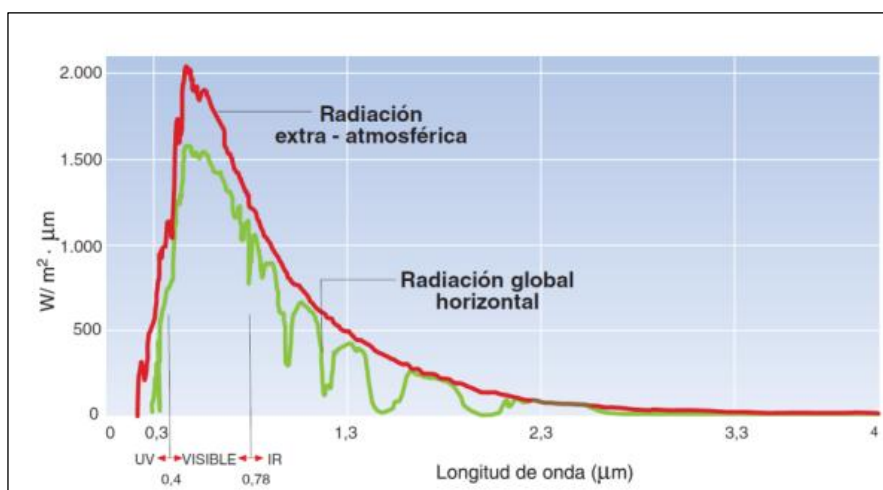


Fig. 1: Espectro electromagnético de la radiación solar. [8]

2.2.1. Horas sol pico (H.S.P):

Son aquellas horas que se establece como la cantidad de horas al día con una irradiación supuesta de 1000 que lleguen a sumar la misma radiación total que la real de ese determinado día. Se logra percatar que la irradiación se puede expresar en kWh/m², es numéricamente parecido a las H.S.P. Esta definición es fundamental, debido que acoplado con un factor de pérdidas nos da a conocer un aproximado de la potencia que se produce por los paneles fotovoltaicos. En la siguiente figura 2 se muestra cómo se distribuye la radiación en el transcurso del día y la representación de horas de sol pico. [8]

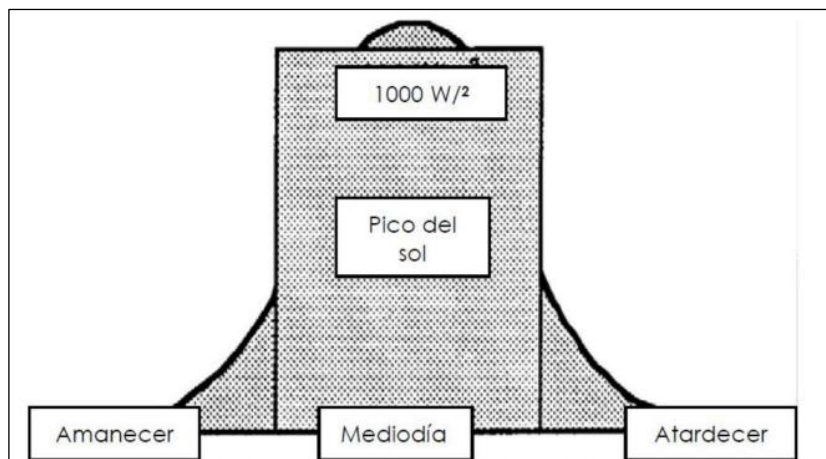


Fig. 2: Representación de horas sol pico. [8]

2.2.2. Energía solar fotovoltaica

Se define a la radiación emitida por el Sol, como la energía que se puede capturar y transformar en electricidad empleando el proceso fotovoltaico o llamado fotoeléctrico. La energía promedio que genera la luz solar en la tierra es superior a 0.5 kW/m^2 , más que suficiente para diversas aplicaciones y para prevenir contaminación o desechos. El proceso de generación de electricidad mediante una celda fotovoltaica se puede apreciar en la Fig. 3. [9]

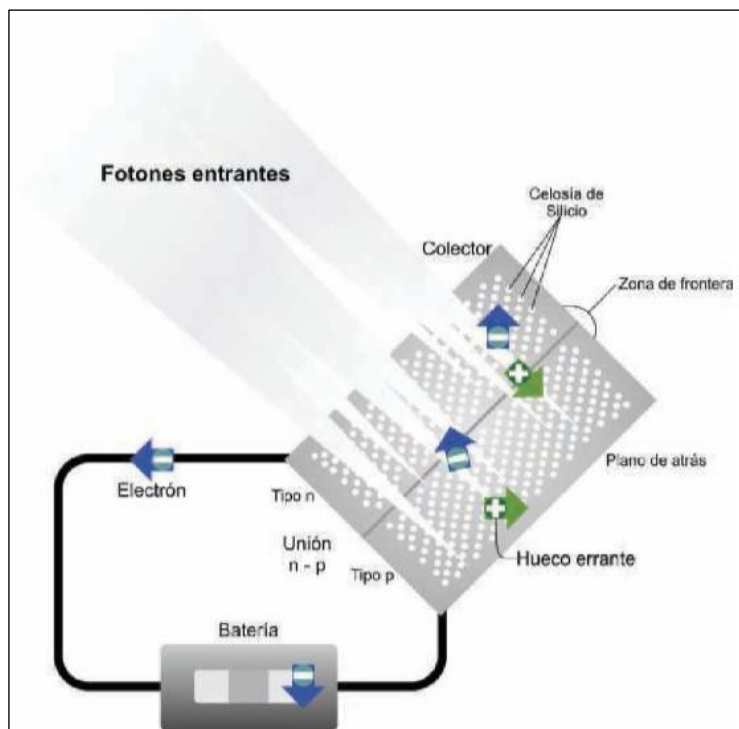


Fig. 3: Efecto fotovoltaico. [9]

2.3. Elementos básicos de un sistema fotovoltaico

2.3.1. Paneles fotovoltaicos

Se encargan de recibir la energía solar y posteriormente convertirla en energía eléctrica. Hay distintos tipos de paneles solares como los monocristalino y policristalino, también es conveniente que siempre se fije en las curvas I-V que entrega cada fabricante; la intensificación de temperatura logra aumentar levemente la corriente y, por consiguiente, reducir la tensión de salida en el módulo. [10]

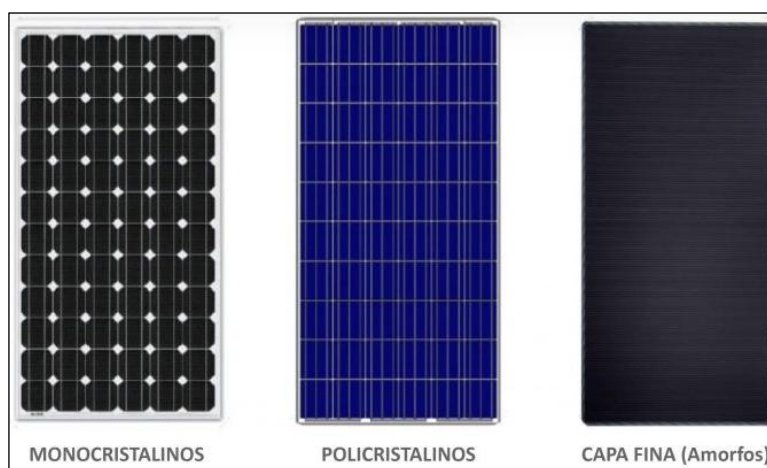


Fig. 4: Tipos de paneles fotovoltaicos. [11]

2.3.2. Baterías

Se hacen cargo del almacenar energía eléctrica la cual produce el sistema de generación fotovoltaica, lo que más se recomienda para estas determinadas instalaciones son las AGM, abrumadas de plomo ácido y las estables de plomo ácido, con vasos de 2 a 6V cada uno, que se disponen en paralelo o en serie para complementar los 12, 24 o 48 Vcc conveniente según sea el caso. [10]



Fig. 5: Baterías solares. [12]

2.3.3. Regulador

Este es lo primordial del sistema, estabiliza las corrientes de energía que provienen del banco de baterías. Un regulador se podría asimilar al igual que un interruptor, cerrado y también conectado en serie entre la batería y los paneles para el transcurso de carga y descubierto cuando la batería está completamente cargada; además evita descargas desmedidas de las baterías. [10]



Fig. 6: Controladores solares. [13]

2.3.4. Inversor

Componente que transforma la corriente directa a corriente alterna, en el momento de dimensionar el inversor, se tomará en consideración la potencia que requiere la suma total de las cargas AC en un momento, de esta manera se podrá elegir un inversor con una potencia de un 20% mayor a la demandada para las cargas invariable y un 35% mayor si hay motores. [10]



Fig. 7: Inversores solares. [14]

2.3.5. Sistema solar fotovoltaico

Sistema encargado de llevar la energía eléctrica generada en los paneles fotovoltaicos hacia el controlador/regulador para poder guardar/almacenar la energía empleando un conjunto de baterías, para posteriormente convertirla en un inversor a un tipo de energía utilizable para los equipos eléctricos del hogar o a utilizar, puede ser en corriente alterna o corriente continua [15].

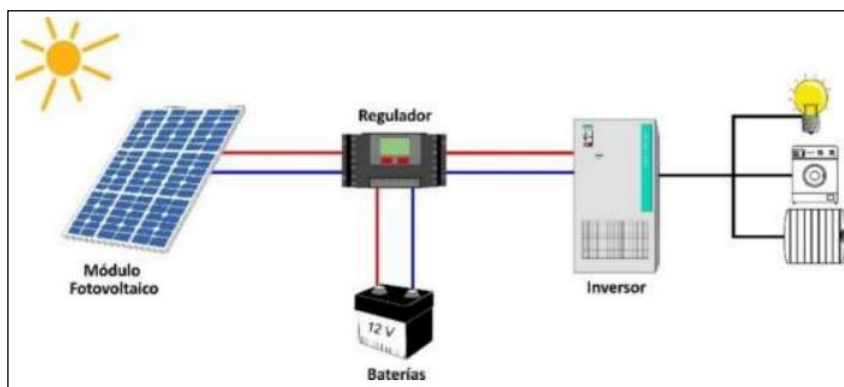


Fig. 8: Ejemplo de un sistema solar fotovoltaico. [15]

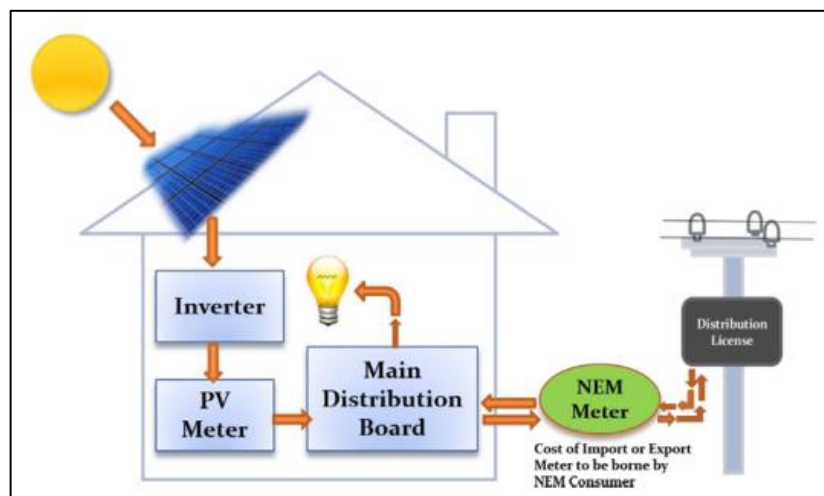


Fig. 9: Equipamiento de un sistema fotovoltaico en un hogar. [16]

2.4. Sistema de Seguimiento Solar

La primera propiedad que debe reunir un sistema para aprovechar la energía del sol, es la de recaudar la máxima potencia de energía que se recibe una determinada localidad. Dicha condición solicita que el área recolectora sea, permanentemente perpendicular a la radiación del sol, por consiguiente, una recolección óptima solo se puede obtener si la superficie está capacitada de un movimiento de seguimiento hacia el sol. [17]

Existe una solución práctica y estática que puede resultar más que adecuada para aplicaciones determinadas. De forma natural, la energía recolectada no es la máxima que se puede conseguir, pero puede convertirse en un valor admisible si se da al recolector una inclinación específica, la cual depende de la latitud del lugar. Emplear un recolector con seguimiento solar, la energía general que se recibe en un día claro puede ser mayor que 30% que el recolector estático. Un crecimiento de esa magnitud completaría la energía requerida. Por consiguiente, es un sistema que continúa la trayectoria del sol para obtener el rendimiento máximo de la radiación solar que repercute sobre una superficie o algún punto específico. Un sistema de seguimiento solar puede aprovechar la radiación directa además de la radiación difusa. [17]

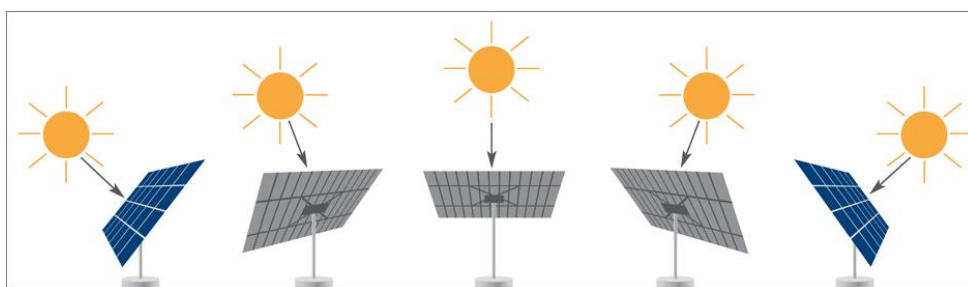


Fig. 10: Seguimiento solar. [18]

Para obtener el máximo rendimiento en los paneles solares fotovoltaicos, depende del ángulo de inclinación con respecto al plano horizontal, muy independiente de las condiciones ambientales. Para lo cual, la luz solar debe coincidir en un ángulo pronunciado para lograr extraer la potencia máxima en dichos paneles fotovoltaicos. Por ende, dichos ángulos de inclinación óptimos deben ser modificados mensualmente y de acuerdo a la estación. [19]

2.5. Selección de paneles fotovoltaicos

2.5.1. Orientación de los paneles

Al tener una buena orientación de los paneles se logra captar una cantidad superior de radiación solar aprovechable. La orientación se puede definir mediante el ángulo azimut (Z), este es un ángulo que estructura la proyección del plano horizontal usual al meridiano del lugar y la superficie del módulo, como se observa en la Fig. 11. Estos paneles fotovoltaicos tienen un diseño de forma que logren captar la mayor cantidad de radiación solar, además para el hemisferio sur del planeta tierra, debería ir todo el tiempo orientado hacia el norte, esto se puede apreciar en la Fig. 12. [20]

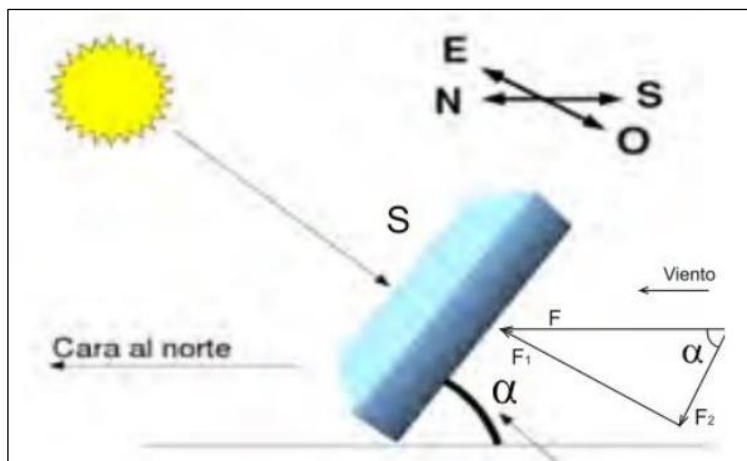


Fig. 11: Orientación de los Paneles Fotovoltaicos para el hemisferio sur del planeta tierra. [21]



Fig. 12: Ángulo Azimutal y Ángulo de Inclinación. [22]

2.5.2. Cálculo del número de paneles

De acuerdo con [9], se emplea la fórmula siguiente para estimar el número de paneles solares del sistema fotovoltaico:

$$\frac{E_{elec}}{H_S} \leq N_{mf} P_{pico} \leq 1,2 \frac{E_{elec}}{H_S}$$

Donde:

N_{mf} = Cantidad mínima de paneles solares.

E_{elec} = Energía consumida promedio por día (Wh/día).

H_S = Cantidad de horas solares de la región estudiada.

P_{pico} = Potencia que puede generar el panel fotovoltaico seleccionado.

2.5.3. Cantidad mínima de inversor eléctrico.

De acuerdo con la cantidad de paneles que se obtienen en el apartado anterior y la cantidad de potencia pico de este, se puede obtener la potencia general [9]:

$$\text{Cant. min. de inversores} = \frac{\text{Potencia pico general (Wp)}}{\text{Potencia del inversor (W)}}$$

2.5.4. Cantidad de paneles en serie

Para determinar el número de los paneles en serie [9], se emplea la siguiente fórmula:

$$N_{Smf} = \frac{V_T}{V_{mf}}$$

Donde:

N_{Smf} = Módulos fotovoltaicos que se conectan en serie

V_T = Voltaje con el que trabaja el sistema fotovoltaico: 48 V.

V_{mf} = Voltaje nominal del panel fotovoltaico seleccionado (V).

2.5.5. Cantidad de paneles en paralelo

Se puede obtener con la siguiente fórmula [9]:

$$N_{Pmf} = \frac{N_{mf}}{N_{Smf}}$$

Donde:

N_{Pmf} = Número de ramas conectadas en paralelo.

N_{mf} = Módulos fotovoltaicos.

N_{Smf} = Módulos fotovoltaicos que se conectan en serie.

2.5.6. Soportes metálicos para paneles fotovoltaicos

Para realizar el cálculo, se considera al mes con la máxima velocidad del viento, siendo el más crítico [9]. La presión que ejerce el aire se obtiene con ecuación:

$$P = \frac{W}{2g} * V^2$$

Donde:

P: presión kgf/m^2

W: 1.2475 aire a 10°C

G: 9.81 m/s^2

V: Velocidad de viento

Posteriormente, se calcula la fuerza que llega a ejercer el aire con respecto a los paneles fotovoltaicos, los cuales contienen el soporte metálico.

$$F = P \left(\frac{kgf^2}{m} \right) * (\text{ancho panel}(m) * \text{largo panel}(m) * \text{numero panel})$$

2.5.7. Selección de cable del sistema fotovoltaico

Se utiliza la fórmula siguiente para sistemas fotovoltaicos monofásicos:

$$S = \frac{2 * L * I * \gamma}{(VA - VB)} = \frac{2 * L * I}{56(VA - VB)}$$

Siendo:

L: Longitud del conductor.

I: Corriente que circula por el conductor.

Y: Resistividad de conductor.

2.6. Hipótesis

Se logra el suministro de energía eléctrica a la población del centro poblado 9 de setiembre ubicado en Mórrope con el dimensionamiento de una minicentral fotovoltaica con seguimiento solar.

En la Tabla 1 se puede apreciar la matriz de consistencia:

Tabla 1: Matriz de Consistencia

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	MARCO METODOLÓGICO
¿Con el dimensionamiento de una minicentral fotovoltaica con seguimiento solar se permitió abastecer de energía eléctrica al centro poblado 9 de setiembre, Mórrope?	<ul style="list-style-type: none"> - Dimensionar una minicentral fotovoltaica con seguimiento solar para proveer de energía eléctrica al centro poblado 9 de setiembre, Mórrope. 	<ul style="list-style-type: none"> - Se logra el suministro de energía eléctrica a la población del centro poblado 9 de setiembre ubicado en Mórrope con el dimensionamiento de una minicentral fotovoltaica con seguimiento solar. 	<p>Primera variable (independiente) Dimensionamiento de una minicentral fotovoltaica con seguimiento solar</p> <p>Segunda variable (dependiente) Energía eléctrica generada en el centro poblado 9 de setiembre</p>
<p>Problema específico 1</p> <p>¿Cuál es la situación energética actual del centro poblado 9 de setiembre en Mórrope?</p>	<p>Objetivo específico 1</p> <ul style="list-style-type: none"> - Diagnosticar la situación energética del centro poblado 9 de setiembre en Mórrope. 	<p>HIPOTESIS ESPECIFICA 1</p> <ul style="list-style-type: none"> - La situación energética actual del centro poblado 9 de setiembre en Mórrope permite realizar el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico con seguimiento solar. 	<p>ENFOQUE Cuantitativo</p> <p>Tipo de investigación: Aplicada, descriptiva y no experimental</p>
<p>Problema específico 2</p> <p>¿Cuál es la radiación solar que se genera y la demanda energética en el centro poblado 9 de setiembre en Mórrope?</p>	<p>Objetivo específico 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Calcular la irradiación solar que se produce y la demanda energética en el centro poblado 9 de setiembre en Mórrope. 	<p>HIPOTESIS ESPECIFICA 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - La irradiación solar producida y la demanda energética en el centro poblado 9 de setiembre en Mórrope son adecuadas para el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico con seguimiento solar. 	<p>INSTRUMENTOS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Registro de datos. - Software Meteonorm. - Página web de Global Solar Atlas. - Página web SOLARGIS. - Atlas Solar del Perú.
<p>Problema específico 3</p> <p>¿Qué equipamiento es necesario para el sistema fotovoltaico con seguimiento solar que permita aprovechar al máximo el potencial?</p>	<p>Objetivo específico 3</p> <ul style="list-style-type: none"> - Seleccionar los componentes para el sistema fotovoltaico con seguimiento solar para aprovechar al máximo el potencial. 	<p>HIPOTESIS ESPECIFICA 3</p> <ul style="list-style-type: none"> - Los componentes seleccionados para el sistema fotovoltaico con seguimiento solar para aprovechar el máximo potencial son los adecuados. 	<p>POBLACIÓN Se conforma de las 300 viviendas del centro poblado 9 de setiembre en Mórrope.</p> <p>MUESTRA Se conforma de las 300 viviendas del centro poblado 9 de setiembre en Mórrope.</p>
<p>Problema específico 4</p> <p>¿Cuál es el presupuesto de implementar el sistema fotovoltaico con seguimiento solar propuesto?</p>	<p>Objetivo específico 4</p> <ul style="list-style-type: none"> - Determinar el presupuesto de implementar el sistema fotovoltaico con seguimiento solar propuesto. 	<p>HPOTESIS ESPECIFICA 4</p> <ul style="list-style-type: none"> - El presupuesto de implementar el sistema fotovoltaico con seguimiento solar propuesto es correcto y relativamente elevado. 	

Fuente: Elaboración propia.

2.7. Operacionalización de variables

2.7.1. Variable dependiente

Energía eléctrica generada en el centro poblado 9 de setiembre.

2.7.2. Variable independiente

Dimensionamiento de una minicentral fotovoltaica con seguimiento solar.

En la Tabla 2 mostrada a continuación se detallan estas variables.

Tabla 2: Operacionalización de las variables para el desarrollo de la investigación

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidades
Variable independiente Diseño de una minicentral fotovoltaica con seguimiento solar	Un sistema fotovoltaico es aquel encargado de llevar la energía eléctrica generada en los paneles solares hacia el regulador para poder guardar la electricidad en las baterías, para posteriormente convertirla en un inversor a un tipo de energía utilizable para los equipos eléctricos del hogar o a utilizar, puede ser en corriente alterna o corriente continua, y el sistema de seguimiento solar permite mejorar el rendimiento. [15]	Para el dimensionamiento de la minicentral fotovoltaica con seguimiento solar se obtiene la irradiación solar disponible en el centro poblado 9 de setiembre en Mórrope, con la cual se determina la cantidad de paneles fotovoltaicos, inversores, controladores, baterías y demás accesorios.	Características de la minicentral fotovoltaica	<ul style="list-style-type: none"> - Radiación solar - Días de autonomía - Consumo de corriente - Caída de tensión 	<ul style="list-style-type: none"> - kWh/m² - Días - Ah - V
			Presupuesto	<ul style="list-style-type: none"> - Costo de materiales - Costo de insumos - Costo de accesorios - Costo de mano de obra - Costo de operación - Costo mantenimiento 	<ul style="list-style-type: none"> - S/. - S/. - S/. - S/. - S/.
Variable dependiente Generar energía eléctrica en el centro poblado 9 de setiembre de Mórrope	La generación eléctrica se logra obtener de forma directa de los rayos del sol al utilizar un panel solar, quienes convierten a electricidad con la ayuda de un inversor de corriente. [2]	Se calcula de los equipos utilizados en cada vivienda del centro poblado 9 de setiembre, además de considerar una iglesia, un local comunal, alumbrado público. La potencia total permite dimensionar la minicentral fotovoltaica con seguimiento solar.	Generación de energía eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> - Número de abonados - Potencia eléctrica - Demanda energética - Voltaje - Corriente 	<ul style="list-style-type: none"> - Abonado - kW - kWh - V - A

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO III

III. Metodología

3.1. Enfoque y diseño de la investigación

Enfoque de investigación

Se empleó un enfoque de investigación cuantitativo, ya que se midieron cada uno de los indicadores de las dimensiones pertenecientes a las variables empleadas para el dimensionamiento de la minicentral fotovoltaica con seguimiento solar.

Diseño de investigación

No experimental

Se empleó un diseño de investigación no experimental, ya que no se alteraron o adulteraron los datos de radiación solar obtenidos de los distintos instrumentos de recolección de datos, sino que se utilizó el menor valor de todos al momento del dimensionamiento de la minicentral fotovoltaica con seguimiento solar.

Descriptiva

Se empleó un diseño de investigación descriptiva ya que se buscó detallar el funcionamiento de la minicentral fotovoltaica y de sus componentes para posteriormente poder realizar el presupuesto que conllevaría implementarla.

En lo que respecta al diseño, se tuvo lo siguiente:

3.1.1. Esquema de investigación

Para poder seguir una secuencia correcta para el dimensionamiento de la minicentral fotovoltaica con seguimiento solar, se empleó el siguiente esquema:

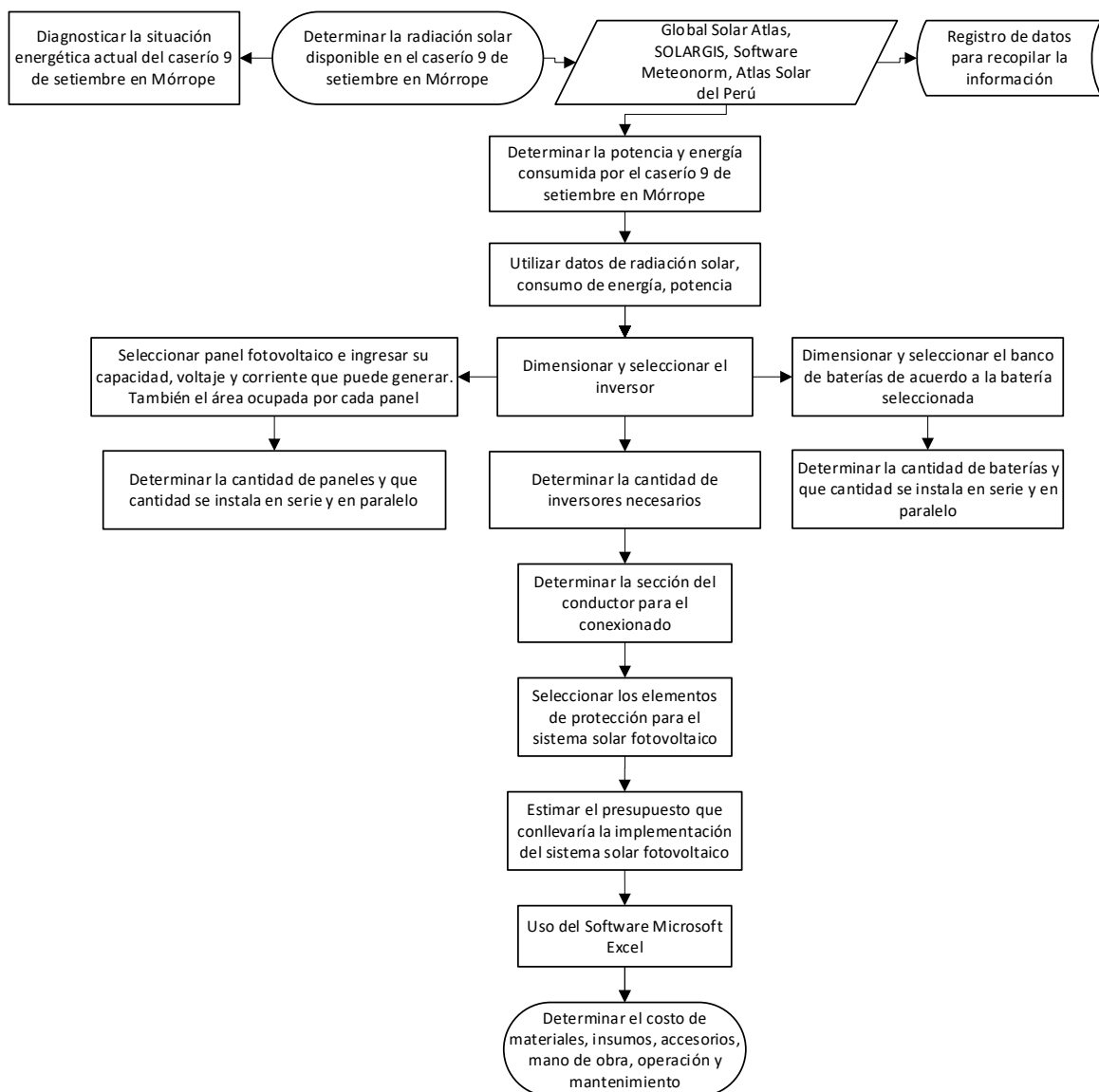


Fig. 13: Esquema para el dimensionamiento de la minicentral fotovoltaica con seguimiento solar.

3.2. Sujetos de la investigación

La población de estudio estuvo compuesta por las 125 viviendas del centro poblado 9 de setiembre en Mórrope.

La muestra de estudio es igual a la población, ya que se empleó a las 125 viviendas del centro poblado 9 de setiembre.

3.3. Métodos y procedimientos

Métodos

Observación directa

Dicho método sirvió para poder obtener información sobre el nivel de radiación solar en el centro poblado 9 de setiembre en Mórrope, de forma aproximada se puede observar que tan potente es la radiación solar en dicho lugar.

Análisis documental

Sirvió para obtener datos e información de distintas fuentes bibliográficas actuales, tanto de libros, revistas indexadas y repositorios de universidades de prestigio, sobre el dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos con seguimiento solar y poder realizar los cálculos de forma correcta.

Procedimiento

Los procedimientos a utilizar para poder dimensionar la minicentral fotovoltaica son:

- Se diagnosticó la situación energética actual del centro poblado 9 de setiembre en Mórrope para poder determinar los requerimientos energéticos necesarios para poder suministrarle energía por medio de un sistema fotovoltaico aislado.
- Se determinó la radiación solar disponible en el lugar especificado para la minicentral fotovoltaica, para lo cual es necesario emplear los instrumentos como el software Meteonorm 8.2, Global Solar Atlas, SOLARGIS y el Atlas Solar del Perú por medio del registro de datos.
- Seguidamente, se calculó la potencia y energía requerida empleando el registro de datos para determinar los electrodomésticos, equipos y sistema de iluminación interior y exterior para las viviendas y locales pertenecientes al centro poblado 9 de setiembre en Mórrope.
- Para el cálculo se empleó la metodología utilizada por el autor López & Fonthal (2019), donde suministra todo sobre el dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos, y si es necesario emplear otras bibliografías se verá al momento de elaborar el desarrollo de tesis.
- Se empieza con los cálculos para la minicentral fotovoltaica con seguimiento solar, donde se usa primero la potencia y energía consumida por el centro poblado 9 de

setiembre en Mórrope.

- Posteriormente, se determinó el número de paneles fotovoltaicos, luego se calculó el número de paneles en serie y en paralelo. Para lo cual, se seleccionó el módulo fotovoltaico, el cual depende de la potencia, eficiencia y su costo.
- Se determinó el área a ocupar por el sistema fotovoltaico.
- Luego, se dimensionó el inversor, el cableado, elementos de protección, entre otros componentes del sistema fotovoltaico.
- Se dimensionó el banco de baterías, que cantidad son necesarias, la capacidad, cuantas se conectan en serie y paralelo. Se calcula cuando se ha seleccionado la batería adecuada.
- Se calculó el presupuesto que conlleva implementar la minicentral fotovoltaica con seguimiento solar.

3.4. Técnicas e instrumentos

De acuerdo con la metodología empleada, en la Tabla 3 se resume la información:

Tabla 3. Relación de técnicas e instrumentos

Técnica	Instrumentos
Observación directa	Ficha de observación, fotos.
Análisis documental	Ficha bibliográfica, ficha de registro de datos.

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV

IV. Desarrollo y resultados

4.1. Diagnóstico de la situación energética del centro poblado 9 de setiembre

El estudio del proyecto se realizó en el centro poblado 9 de setiembre ubicado en Mórrope. Para los datos de la localidad se ingresó a la página del gobierno del Perú, se ubicó la opción de consultar mapas en “Infraestructura de datos espaciales del Perú”, dentro se pudo visualizar el mapa del “Instituto Nacional de Estadística e Informática”. Como se observa en la Fig. 14, se seleccionó la ubicación para obtener datos del centro poblado.

En la Tabla 4 se resume los datos recopilados por el INEI, respecto al área de estudio.

Tabla 4: Información del Centro Poblado 9 de setiembre – Mórrope

Descripción	Total
Departamento	Lambayeque
Provincia	Lambayeque
Distrito	Mórrope
Centro Poblado	09 de setiembre
Categoría	pp.jj. – aa.hh.
Código de ubigeo y centro poblado	1403060098
Longitud	-79,9765007660
Latitud	-6,60105059500
Altitud	25,073
Población	180
Vivienda	125
Agua por red pública	no
Energía eléctrica en la vivienda	no
Desagüe por red pública	no
Vía de mayor uso	carretera asfaltada
Transporte de mayor uso	Automóvil

Fuente: [23]

Tabla 5: Información de coordenadas UTM del centro poblado 09 de setiembre

Zona	17 M
Coordenada Este	613174.15 m E
Coordenada Norte	9270207.45 m S

Fuente: Google maps.



Fig. 14: Información geográfica del centro poblado 9 de setiembre - Mórrope. [23]



Fig. 15: Información geográfica del centro poblado 9 de setiembre – Mórrope (Obtenida de Google Earth Pro).

De acuerdo con la información obtenida del centro poblado 09 de setiembre se puede mencionar lo siguiente:

- No posee suministro de energía eléctrica, lo cual permite realizar la propuesta de la investigación.
- Posee una población de 180 habitantes y un número de viviendas de 125.
- No posee suministro de agua por red pública.
- No cuenta con suministro de desagüe por red pública.
- Se ubica en el distrito de Mórrope, departamento y provincia de Lambayeque.
- Sus vías de mayor uso son del tipo carretera asfaltada.
- El medio de transporte de mayor uso para poder acceder al centro poblado es el automóvil.

4.2. Cálculo de la irradiación solar y demanda energética en el centro poblado 9 de setiembre - Mórrope

4.2.1. Estudio de la radiación en el centro poblado 9 de setiembre

En este apartado se evaluó las condiciones climáticas para determinar si son óptimas para aprovechar la radiación solar, se utilizó diferentes fuentes para ubicar y determinar un valor promedio de la zona.

1. Global Solar Atlas

Esta página web proporciona información sobre el potencial de recursos solares y energía fotovoltaica de un área establecida. Entonces, se tomó la ubicación mediante coordenadas. Los datos de la radiación solar son:

- Potencia fotovoltaica específica (PV_{out}): 4.755 kWh/kWp.
- Irradiación normal directa (DNI): 4.678 kWh/m². día.
- Irradiación horizontal global (GHI): 5.852 kWh/m². día.
- Irradiación horizontal difusa (DFI): 2.392 kWh/m². día.
- Irradiación global inclinada en un ángulo óptimo (GTI_{opta}): 5.888 kWh/m². día.

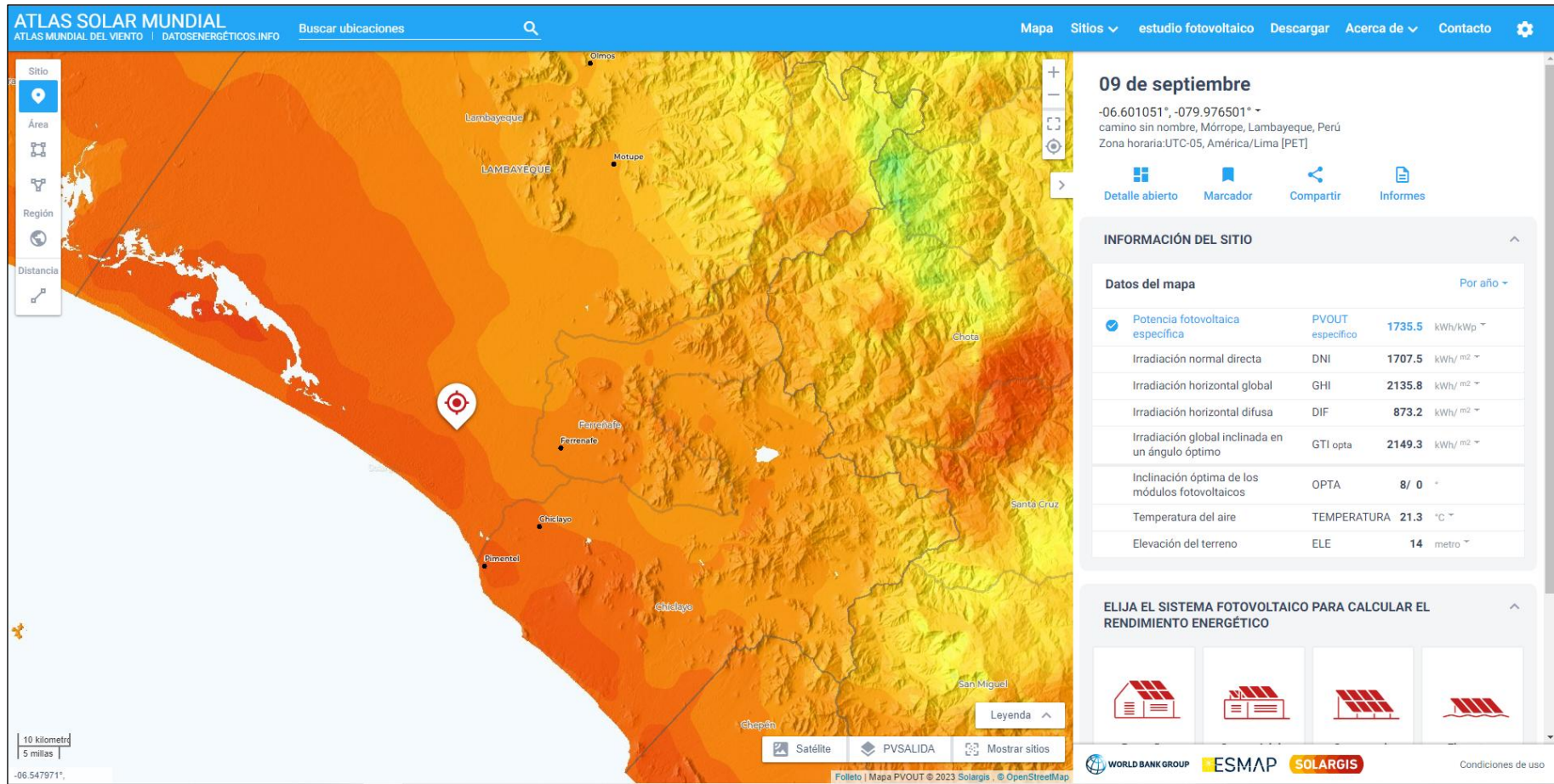


Fig. 16: Ubicación de la zona en Global Solar Atlas. [24]

Potencia total fotovoltaica producida [Wh]												
	Ene	Feb	Mar	Abr	Maye	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0 - 1												
1 - 2												
2 - 3												
3 - 4												
4 - 5												
5 - 6												
6 - 7	12	6	6	11	10	5	3	6	19	37	41	27
7 - 8	120	104	115	131	127	104	100	108	139	168	175	149
8 - 9	281	272	292	309	285	234	223	220	266	304	314	305
9 - 10	434	436	461	472	419	328	299	291	382	435	430	444
10 - 11	565	568	606	608	536	414	375	392	526	572	556	561
11 - 12	647	652	684	686	617	486	451	497	639	675	645	639
12 - 13	678	685	706	703	642	527	514	580	693	714	692	670
13 - 14	653	652	673	663	611	522	531	605	680	672	647	639
14 - 15	553	560	580	569	535	479	504	562	594	576	553	551
15 - 16	429	427	443	430	409	387	421	455	451	428	413	419
16 - 17	268	271	269	257	241	239	272	287	266	239	235	249
17 - 18	112	116	104	84	68	72	93	98	80	63	67	88
18 - 19	11	12	6	0				0				4
19 - 20												
20 - 21												
21 - 22												
22 - 23												
23 - 24												
Suma	4.761	4.760	4.946	4,924	4.500	3.798	3.787	4,100	4.735	4.881	4.768	4.744

Fig. 17: Perfiles horarios promedio de la potencia fotovoltaica. [24]

2. SOLARGIS

Esta página web de la misma manera proporciona información similar a la interfaz anterior, ya que en ella se puede ubicar la zona donde se quiera obtener datos sobre la irradiación solar. Los datos obtenidos se detallan seguidamente:

- ✓ Elevación o altitud: 14 m.
- ✓ ($PV_{out.csi}$): 4,72 kWh/kWp. día.
- ✓ Irradiación horizontal global (GHI): 5,844 kWh/m². día.
- ✓ Irradiación normal directa (DNI): 4,644 kWh/m². día
- ✓ Irradiación horizontal difusa (DIF): 2,408 kWh/m². día.
- ✓ Inclinación óptima de los módulos fotovoltaicos (GTI_{opta}): 5,884 kWh/m². día.

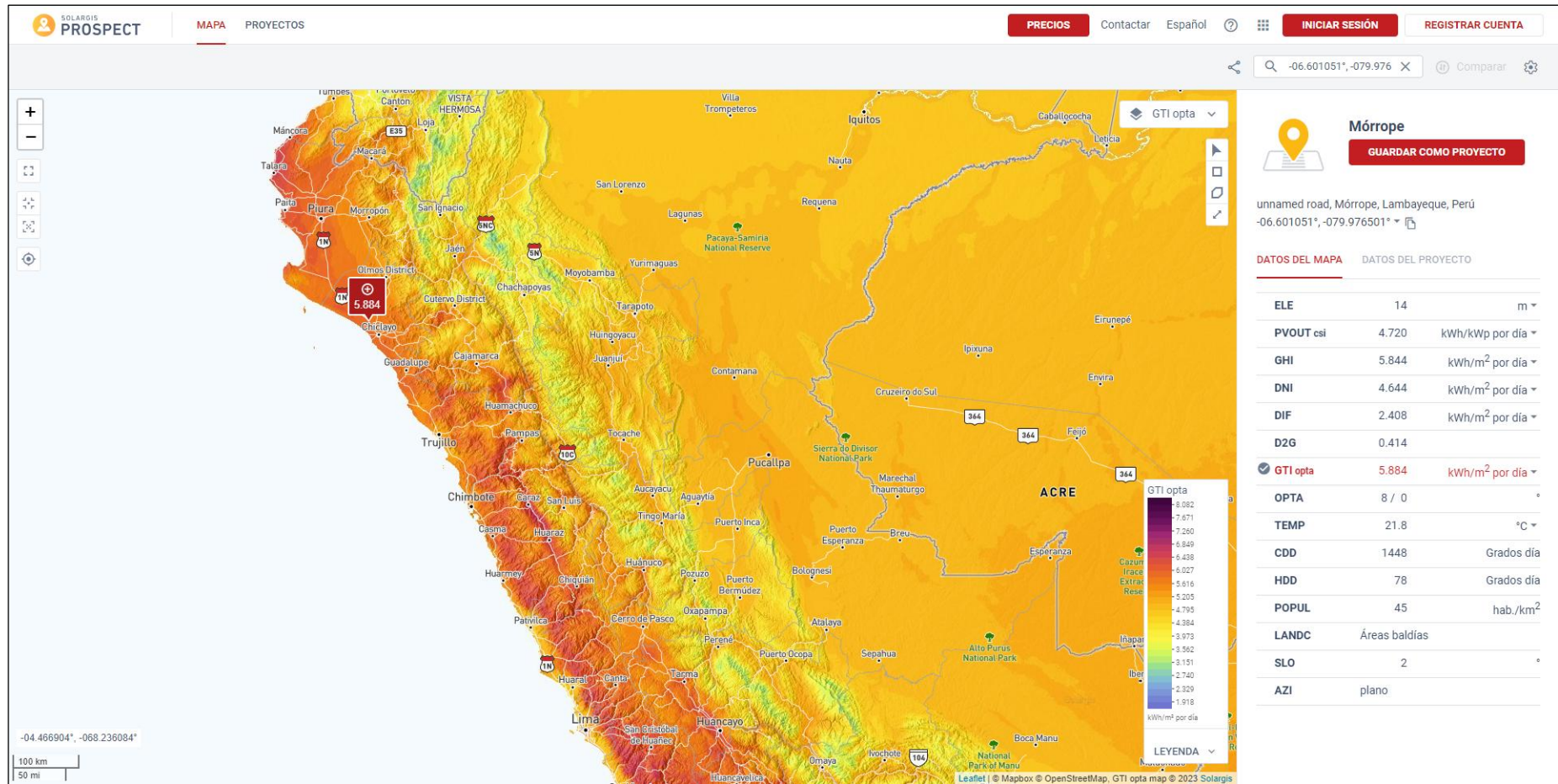


Fig. 18: Ubicación de la zona en SOLARGIS. [25]

3. Meteonorm 8.2

Dicho software es potente y se puede obtener prácticamente información de la radiación solar de cualquier parte del mundo. Para poder obtener la información del centro poblado en estudio, se ingresa los datos de longitud y latitud, los cuales se detallan seguidamente:

Longitud: -79,9765007660

Latitud: -6,60105059500

The screenshot shows the 'Información general' (General Information) section of the Meteonorm 8.2 software. The form is for a location named 'Caserío 09 de setiembre'. The 'Tipo' (Type) is set to 'Personalizado'. The coordinates are entered as -6.6011 for latitude and -79.9765 for longitude, with the datum set to WGS84. The altitude is 14 m a.s.l., the time zone is -5 UTC, and the time reference is -30 min. The situation is 'Situación abierta'. A map on the right shows the location in the Chiclayo region, near Túcume District and Ferreñaf. Below the form, it states 'Detalles: Esto es un sitio definido por el usuario.'

Fig. 19: Información de la ubicación del centro poblado 09 setiembre - Mórrope.

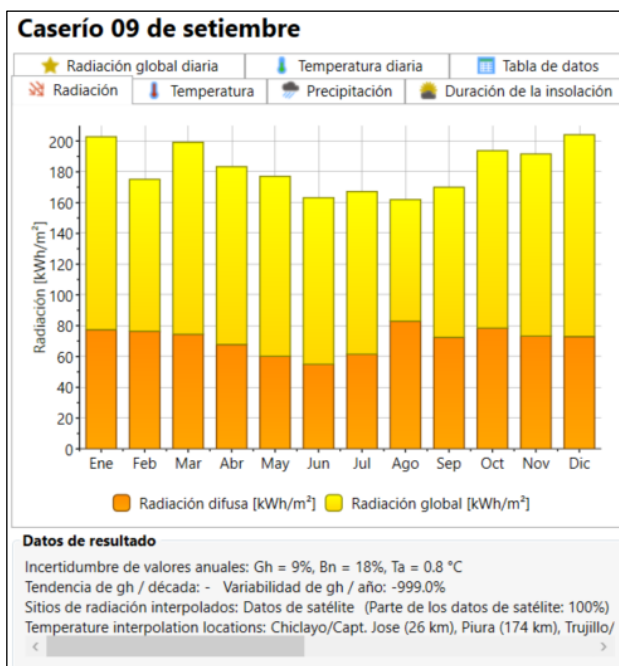


Fig. 20: Información de radiación solar en centro poblado 09 de setiembre. (Fuente: Meteonorm 8.2).

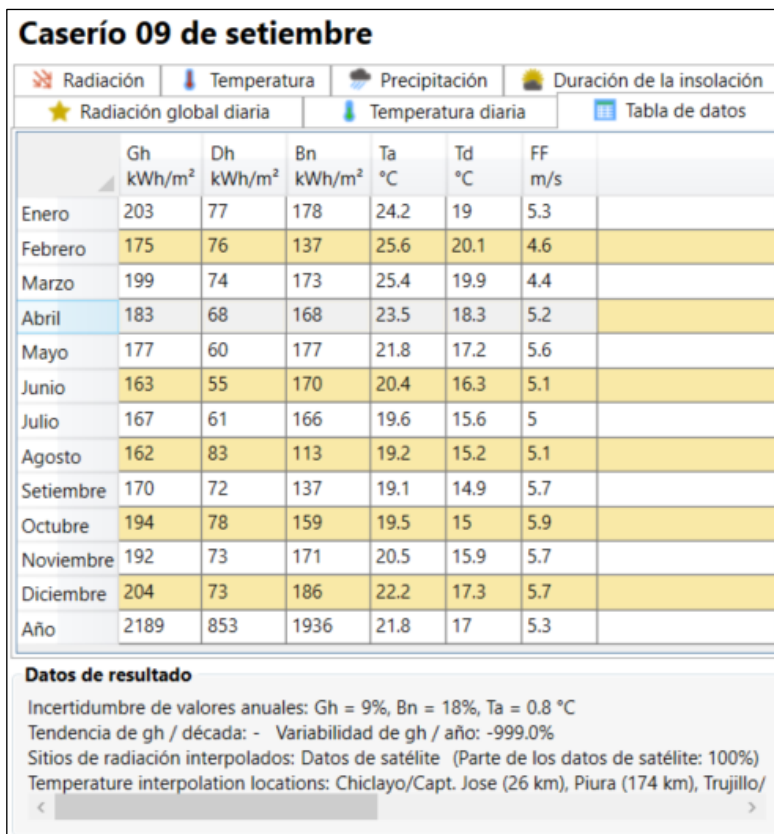


Fig. 21: Datos de radiación solar en centro poblado 09 de setiembre. (Fuente: Meteonorm 8.2).

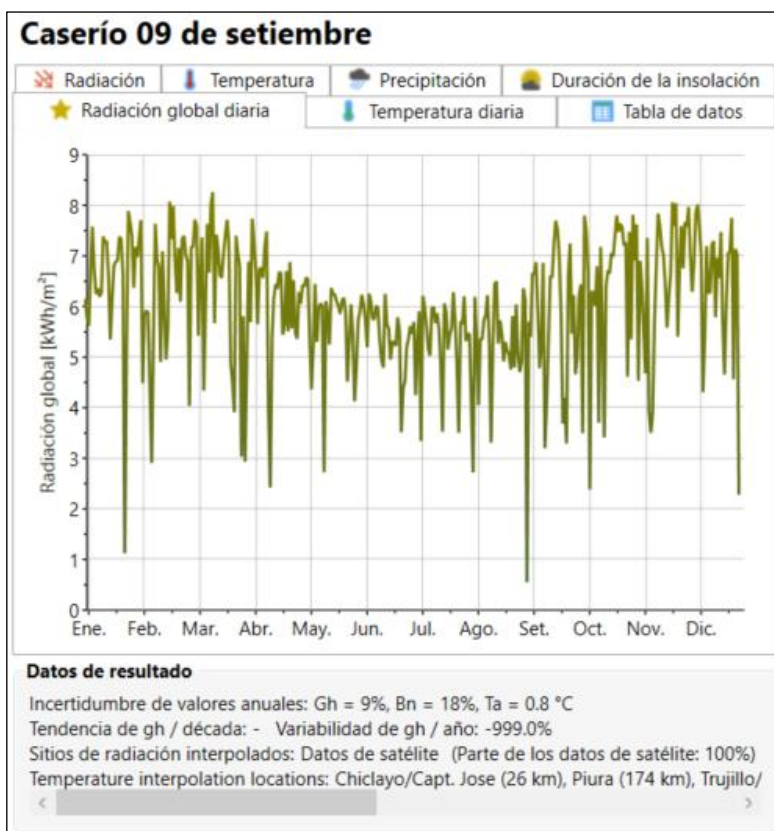


Fig. 22: Radiación global diaria en centro poblado 09 de setiembre. (Fuente: Meteonorm 8.2).

Tabla 6. Resumen de datos obtenidos del programa Meteonorm 8.2.

Mes	Días	Gh (kWh/m ² . mes)	Bn (kWh/m ² . mes)	Gh (kWh/m ² . día)	Bn (kWh/m ² . día)
Enero	31	203	178	6,55	5,74
Febrero	28	175	137	6,25	4,89
Marzo	31	199	173	6,42	5,58
Abril	30	183	168	6,10	5,60
Mayo	31	177	177	5,71	5,71
Junio	30	163	170	5,43	5,67
Julio	31	167	166	5,39	5,35
Agosto	31	162	113	5,23	3,65
Septiembre	30	170	137	5,67	4,57
Octubre	31	194	159	6,26	5,13
Noviembre	30	192	171	6,40	5,70
Diciembre	31	204	186	6,58	6,00
<i>Año</i>	<i>365</i>	<i>2189</i>	<i>1936</i>	<i>6,00</i>	<i>5,30</i>

Fuente: Meteonorm v8.2.

4. Atlas Solar del Perú

Se hizo uso del Atlas Solar del Perú, aunque por ser antiguo, posee excelentes referencias para tomar en cuenta al momento de estimar la radiación solar del centro poblado 09 de setiembre. La Fig. 23 muestra que el valor mínimo de radiación solar sucedió en el mes de mayo, obteniendo un valor en el rango de 5 000 a 5 500 Wh/m². Para lo cual, se empleó el más bajo de dichos valores, que fue de 5 000 Wh/m².

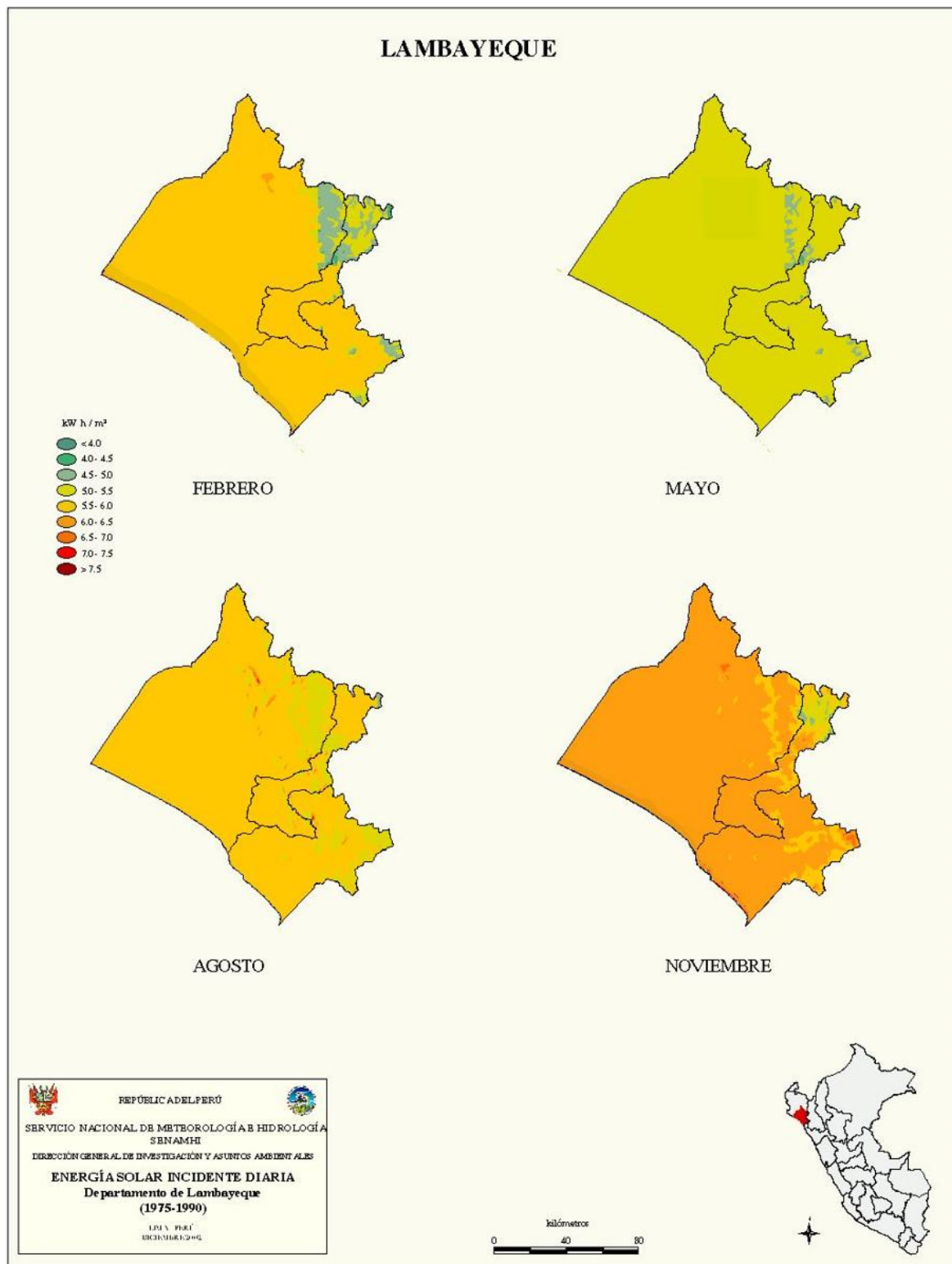


Fig. 23: Energía Solar incidente diaria en el departamento de Lambayeque. [26]

Selección de la radiación solar

De los datos que se obtuvieron de Global Solar Atlas, SOLARGIS, Meteonorm 8.2 y Atlas Solar del Perú, con relación a la ubicación donde se desarrolla el proyecto, se obtuvieron los datos a continuación:

Tabla 7. Resumen de la información de radiación solar de las distintas fuentes.

Descripción	Global Solar Atlas	SOLARGIS	Meteonorm 8.2	Atlas Solar del Perú
Radiación solar	5,582 kWh/m ²	5,844 kWh/m ²	3,650 kWh/m²	5,000 kWh/m ²

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 7 muestra la información resumida de todas las bases de datos empleadas para medir el nivel de radiación solar en el centro poblado 09 de setiembre, donde se seleccionó y utilizó el nivel más bajo de radiación solar, obtenido del software Meteonorm 8.2, con un valor de 3,650 kWh/m². día.

4.2.2. Cálculo de la demanda energética

En primer lugar, se debe conocer la población inicial del centro poblado 09 de setiembre, que es de 180 habitantes con un total de 120 viviendas. Entonces, se procede a pronosticar la población para 10 años de proyección del proyecto, para lo cual es necesario contar con la tasa de crecimiento poblacional, obtenida de los censos realizados en el ámbito nacional los años 1981, 1993, 2007 y 2017, donde dicha información se detalla en la Tabla 8 seguidamente:

Tabla 8: Población censada e índice de crecimiento poblacional promedio por año

Provincia	Población				Tasa de crecimiento promedio anual (%)		
	1981	1993	2007	2017	1981-1993	1993-2007	2007-2017
Lima	4 164 597	5 706 127	7 605 742	8 574 974	2,7	2,0	1,2
Arequipa	498 210	676 790	864 250	1 080 635	2,6	1,7	2,3
Prov. Const. del Callao	443 413	639 729	876 877	994 494	3,1	2,2	1,3
Trujillo	431 844	631 989	811 979	970 016	3,2	1,8	1,8
Chiclayo	446 008	617 881	757 452	799 675	2,8	1,4	0,5
Piura	413 688	544 907	665 991	799 321	2,3	1,4	1,8
Huancayo	321 549	437 391	466 346	545 615	2,6	0,4	1,6
Maynas	260 331	393 496	492 992	479 866	3,5	1,6	-0,3
Cusco	208 040	270 324	367 791	447 588	2,2	2,2	2,0
Santa	275 600	338 951	396 434	435 807	1,7	1,1	1,0
Ica	177 897	244 741	321 332	391 519	2,7	1,9	2,0
Coronel Portillo	138 541	248 449	333 890	384 168	5,0	2,1	1,4
Cajamarca	168 196	230 049	316 152	348 433	2,6	2,3	1,0
Sullana	194 549	234 562	287 680	311 454	1,6	1,4	0,8
San Román	102 988	168 534	240 776	307 417	4,2	2,5	2,5
Tacna	110 572	188 759	262 731	306 363	4,6	2,3	1,5
Lambayeque	158 089	210 537	259 274	300 170	2,4	1,5	1,5
Huánuco	137 859	223 339	270 233	293 397	4,1	1,3	0,8
Huamanga	128 813	163 197	221 469	282 194	2,0	2,2	2,5
Cañete	118 126	152 378	198 811	231 731	2,1	1,9	1,5

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática - Censos Nacionales de Población y Vivienda.

Fuente: [27]

De la Tabla 8 se obtiene el índice de crecimiento poblacional promedio anual Lambayeque, obteniéndose una tasa de 2,4% desde 1981 hasta 1993, una tasa de 1,5% desde 1993 hasta 2007 y una tasa de 1,5% desde 2007 hasta 2017. Para el desarrollo del presente proyecto y pronosticar la población para los 10 años siguientes se empleó una tasa constante de 1,5% ya que se mantiene constante durante un periodo de 24 años, lo cual demuestra que sería lógico mantenerla constante durante el tiempo indicado. Empleando la fórmula siguiente:

$$P_n = P_0(1 + i)^n$$

Donde:

P_0 : Población inicial (180 habitantes).

P_{20} : Población estimada después de 20 años.

i : Índice de crecimiento poblacional por año (1.50%).

n : Años de duración del proyecto (20 años).

Se sustituyen los datos en la fórmula descrita, se calculó la población para el año 20:

$$P_{20} = 180x(1 + 1,50\%)^{20} = 242,43 \approx 243 \text{ habitantes}$$

Considerando que el número de habitantes por cada vivienda se mantiene constante durante el tiempo de duración del proyecto, calculando un valor de 1,44 personas por hogar. Por lo tanto, la cantidad de hogares o viviendas al cabo de 20 años se proyecta con la fórmula:

$$NH = \frac{P_{20}}{NPH}$$

Donde:

NH: Número de hogares.

NPH: Número de personas por hogar = 1,44

Sustituyendo la información:

$$NH = \frac{243}{1,44} \approx 169 \text{ viviendas}$$

Demanda de Energía diaria (Wh/día)

Tabla 9: Energía eléctrica diaria consumida diaria por vivienda o abonado

Descripción	Potencia Unitaria (W)	Cantidad	Tiempo (h)	Energía diaria (Wh)	Potencia total (W)
Plafón LED (Sala)	12	2	5	120	24
Dicroico (Dormitorio)	9	1	3	27	9
Dicroico LED (Cocina)	12	2	4	96	24
Dicroico LED (Comedor)	12	2	3	72	24
Smart TV	100	1	3	300	100
Radio	20	1	3	60	20
Smartphone	15	2	2	60	30
Total				735	231

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10: Energía eléctrica diaria consumida por local comunal

Descripción	Potencia Unitaria (W)	Cantidad	Tiempo (h)	Energía diaria (Wh)	Potencia total (W)
Smart TV	100	1	2	200	100
Plafón LED (Local)	15	6	4	360	90
Radio	20	1	2	40	20
Smartphone	15	2	2	60	30
Total				660	240

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11: Energía eléctrica diaria consumida por Iglesia local

Descripción	Potencia Unitaria (W)	Cantidad	Tiempo (h)	Energía diaria (Wh)	Potencia total (W)
Plafón LED (Local)	15	9	4	540	135
Smart TV	100	1	3	300	100
Radio	20	1	3	60	20
Smartphone	15	2	2	60	30
Total				960	285

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12: Proyección de energía eléctrica diaria consumida en centro poblado 09 de setiembre

Carga	Cantidad	Energía Unitaria (Wh)	Potencia Unitaria (W)	Energía total (Wh)	Potencia total (W)
Abonados o viviendas	169	735	231	124 215	39 039
Local Comunal	1	660	240	660	240
Iglesia local	1	960	285	960	285
TOTAL				125 835	39 564

Fuente: Elaboración propia

En consideración a la Tabla 12, se tiene un consumo en energía diaria promedio de 125 835 Wh/día (125,835 kWh/día), pero para efectos de cálculo, se empleó un factor de simultaneidad de 0,70; obteniéndose un valor de 88 085 Wh/día (88,085 kWh/día).

La potencia total es de 39,564 kW, valor que sirve para dimensionar la minicentral fotovoltaica con seguimiento solar, pero para efectos de cálculo, se empleó un factor de simultaneidad de 0,70; obteniéndose un valor de 27,6948 kW.

4.3. Selección de los componentes del sistema fotovoltaico con seguimiento solar

En primer lugar, se determinó el número teórico de horas equivalentes de potencia (HEP), utilizando la siguiente ecuación:

$$HEP = \frac{\text{Índice de radiación solar}}{1 \text{ kW/m}^2}$$

$$HEP = \frac{3,650 \text{ kWh/m}^2}{1 \text{ kW/m}^2} = 3,650 \text{ h}$$

Seguidamente, se determinó el rendimiento o eficiencia global del sistema fotovoltaico, de acuerdo con [28] y [29], se resumen en la Tabla 13.

Tabla 13. Coeficientes y sus valores para el cálculo del rendimiento de un sistema fotovoltaico

Coeficiente	Descripción
k_b	0.05 = Acumuladores nuevos, sin descargas intensas 0.10 = Acumuladores viejos, descargas intensas
k_r	0.10 = Controlador de carga eficiente 0.15 = Controlador de carga antiguo, poco eficiente
k_a	0.002 = Baterías de baja autodescarga, sin mantenimiento 0.005 = Baterías estacionarias de energía solar 0.012 = Baterías de alta autodescarga
k_i	0.00 = No hay inversor en la instalación 0.05 = Rendimiento del inversor de 95% 0.10 = Rendimiento del inversor de 90% 0.15 = Rendimiento del inversor de 85% 0.20 = Rendimiento del inversor menor a 85%
k_v	0.10 = Si no se han tenido en cuenta pérdidas en cableado y equipos 0.05 = Si ya se han considerado pérdidas en cableado y equipos
N	Número de días de autonomía en la instalación
P_d	Profundidad de descarga diaria de la batería (80%, Alonso Lorenzo (2015))

Fuente: [29].

Se empleó la siguiente ecuación:

$$R = (1 - k_b - k_r - k_i - k_v) \times \left(1 - \frac{k_a \times N}{P_d}\right)$$

El factor k_b es de 0,005 porque se utilizó un acumular nuevo, el factor k_r es de 0,10 porque se hizo uso de un controlador con carga eficiente, el factor k_i es de 0,05 porque el rendimiento indicado en el inversor es mayor de 95%, el factor k_a es de 0,005 por emplearse baterías estacionarias para energía fotovoltaica y el factor k_v es de 0,05 porque se tuvo en cuenta las pérdidas de los equipos al momento de realizar los cálculos.

El factor N indica la autonomía del sistema fotovoltaico, que de acuerdo con [30] debe

ser de 3 días, ya que la localidad en estudio posee un clima variado.

Tabla 14. Coeficiente de autonomía de acuerdo al tipo de clima

Clima Local	Días de autonomía
Muy Nuboso	4
Variado	3
Soleado	2

Fuente: [30]

El factor P_d indica la profundidad máxima de descarga de las baterías seleccionadas, la cual es superior al 80%, de acuerdo con [31], debe ser de 0,8.

Por lo tanto, reemplazando todos los datos, se obtuvo:

$$R = (1 - 0,05 - 0,10 - 0,05 - 0,05) \times \left(1 - \frac{0,005 \times 3}{0,8}\right) = 0,73594$$

Entonces, el consumo de energía corregido es:

$$E_{total} = 88,085 \frac{kWh}{día} \times 1 día = 88,085 kWh$$

$$E_{corregido} = \frac{E_{total}}{R}$$

$$E_{corregido} = \frac{88,085 kWh}{0,73594} = 119,690 kWh$$

Cálculo de la cantidad de paneles solares

Para poder calcular la cantidad de paneles solares, primero se hizo un análisis comparativo de sus eficiencias y precios, de donde se logró determinar que la mejor opción es el panel fotovoltaico EVO6 Pro de 700 Wp, donde su ficha técnica se puede observar en el Anexo 1.

De acuerdo con [9] la fórmula para calcular el número de paneles solares es:

$$N_{ps} = \frac{E_{corregida}}{W_{p.u.} \times H_{sp}}$$

$$N_{ps} = \frac{119,690 kWh}{700 W \times 3,65 h} = 46,85 \approx 48 \text{ paneles}$$

El área que ocupa la minicentral fotovoltaica es:

$$A_{panel} = 2,384 m \times 1,303 m = 3,1064 m^2$$

$$A_{total} = N_{ps} \times A_{panel}$$

$$A_{total} = 48 \times 3,1064 \text{ m}^2 = 149,1072 \text{ m}^2$$

Considerando que sea un área cuadrada, se tiene lo siguiente:

$$L = \sqrt{A_{total}} = \sqrt{149,1072 \text{ m}^2} = 12,211 \text{ m} \approx 13 \text{ m}$$

El área aproximada que ocupa la minicentral fotovoltaica es de 13 m de ancho por 13 m de largo, el área real se determina posteriormente luego de seleccionar los componentes faltantes y al elaborar los planos.

Minicentral fotovoltaica

La minicentral fotovoltaica está conformada de 48 paneles fotovoltaicos de 700 Wp, apreciando su ficha técnica en el Anexo 1.

Empleando las ecuaciones respectivas para calcular la cantidad de paneles en serie, considerando un voltaje de funcionamiento de 48 V, entonces se obtuvo lo siguiente:

$$N_{p.serie} = \frac{V_{trabajo}}{V_{panel}} = \frac{48 \text{ V}}{24 \text{ V}} = 2$$

La cantidad de paneles en paralelo es:

$$N_{p.paralelo} = \frac{N_{ps}}{N_{p.serie}} = \frac{48}{2} = 24$$

Entonces, la energía generada diariamente por la minicentral fotovoltaica es:

Tabla 15. Energía diaria generada por minicentral fotovoltaica

Nivel de radiación solar	Cantidad de paneles	Energía de minicentral fotovoltaica
3,650 kWh/m ² /día	48	122,640 kWh

Fuente: Elaboración propia.

Concluyendo que son necesarios 48 paneles de 700 Wp para satisfacer los requerimientos de energía del centro poblado, con una energía generada de 122,640 kWh, superior a los 119,690 kWh que se necesitan.

Selección del controlador

Teniendo en cuenta la fórmula siguiente y que la corriente de cortocircuito del panel seleccionado es de 17.43 A, se obtuvo:

$$I_c = 1.25 \times I_{panel \text{ ckt0}} \times N_{p.paralelo}$$

$$I_c = 1.25 \times 17.43 \text{ A} \times 24 = 522,90 \text{ A}$$

En el mercado se tienen controladores con una corriente máxima de 100 A, seleccionando un controlador Must Solar MPPT PC18-10015F, donde sus características y propiedades se aprecian en el Anexo 2, con dicha información, se obtuvo lo siguiente:

$$N_c = \frac{I_c}{I_{unitaria\ controlador}}$$

$$N_c = \frac{522,90\ A}{100\ A} = 5,229 \approx 6$$

Por lo tanto, son necesarios 6 controladores de 100 A cada uno, para cubrir los requerimientos de la minicentral fotovoltaica.

Selección del inversor

Seguidamente, empleando la máxima demanda del centro poblado que es:

$$MD_{mf} = 27,6948\ kW$$

$$W_{inversor} = \frac{MD_{mf}}{\eta_{inv}}$$

$$W_{inversor} = \frac{27,6948\ kW}{0,988} = 28,031\ kW$$

La cantidad de inversores es de:

$$N_{inv} = \frac{W_{inversor}}{P_{unitaria\ inversor}}$$

$$N_{inv} = \frac{28,031\ kW}{30\ kW} = 0,9344 \cong 1$$

Seleccionando un inversor Growatt MID 30 KTL3-X de 30 kW trifásico, sus características y propiedades técnicas se verifican en el Anexo 3.

Selección de baterías

Para dimensionar el banco de baterías, se hizo uso de la fórmula siguiente:

$$BB_{mf} = \frac{N_{autonomía} \times E_{corregida}}{PD_{max} \times V_{mf}}$$

Donde:

BB_{mf} : Capacidad del banco de baterías (Ah).

$N_{autonomía}$: Días de autonomía (3 días).

$E_{corregida}$: Energía necesaria para el centro poblado (119 690 Wh/día)

PD_{max} : Máxima profundidad de descarga (0,8) [31].

V_{mf} : Voltaje de trabajo de la minicentral fotovoltaica (48 V).

Reemplazando los datos en la ecuación anterior;

$$BB_{mf} = \frac{3 \text{ días} \times 119\,690 \text{ Wh/día}}{0,80 \times 48 \text{ V}}$$

$$BB_{mf} = 9\,351 \text{ Ah}$$

En el mercado existe la batería TENSITE, con una capacidad de 300 Ah – 12 V (Anexo 4). Siendo seleccionada debido a su capacidad, eficiencia y costo, sirviendo para el dimensionamiento del banco de baterías para la minicentral fotovoltaica.

Por lo tanto, la cantidad de baterías en serie son:

$$N_{baterías \text{ serie}} = \frac{V_{mf}}{V_{unitario \text{ batería}}}$$

$$N_{baterías \text{ serie}} = \frac{48 \text{ V}}{12 \text{ V}} = 4$$

Y la cantidad de baterías en paralelo que son necesarias para la minicentral fotovoltaica:

$$N_{baterías \text{ paralelo}} = \frac{BB_{mf}}{C_{unitaria \text{ batería}}}$$

$$N_{baterías \text{ paralelo}} = \frac{9\,351 \text{ Ah}}{300 \text{ Ah}} = 31,17 \approx 32$$

Entonces, la cantidad de baterías necesarias para la minicentral fotovoltaica es de 128 unidades. La batería seleccionada es la adecuada y su ficha técnica se aprecia en el Anexo 4), poseyendo el precio más bajo con respecto a otras baterías, además de su elevada capacidad.

Tabla 16. Análisis comparativo entre distintas baterías solares

Marca	Capacidad (Ah)	Costo de la batería (S/.)	Tensión de batería (V)	Total de baterías	Costo Total (S/.)	Capacidad Total (Ah)
RITAR	200	2 006,50	12	188	388 502,00	9 400
RITAR	260	2 540,28	12	144	365 800,32	9 360
TENSITE	300	1 499,91	12	128	191 988,48	9 600
ROLLS	503	4 955,51	12	76	376 618,76	9 557

Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla 16 se confirma que seleccionar la batería TENSITE de 300 Ah, ayuda a mejorar considerablemente los costos, con un costo total de S/. 191 988,48, en comparación con las demás baterías, que su costo es elevado pasando de los S/. 350 000,00.

Selección de conductores eléctricos

Para poder seleccionar los conductores eléctricos, se utilizaron las ecuaciones descritas a continuación.

Para el tramo paneles fotovoltaicos – controladores, se calculó la corriente de la siguiente manera:

$$I_{pf-controlador} = 1,2 \times I_{panel\ ckto} \times N_{panel\ paralelo} \times controlador$$

$$I_{pf-controlador} = 1,2 \times 17,43\ A \times 4 = 83,66\ A$$

El cable NHX-90 con una sección de 16 mm² cumple con lo solicitado, soportando una ampacidad de 85 A instalado en ducto. Seguidamente, se corroboró por caída de tensión si la sección es la adecuada.

$$\Delta V_{pf-controlador} = \frac{2 \times I_{pf-controlador} \times L_{pf-controlador}}{56 \times S_{conductor}}$$

$$\Delta V_{pf-controlador} = \frac{2 \times 83,66\ A \times 6\ m}{56 \times 16\ mm^2}$$

$$\Delta V_{pf-controlador} = 1,12\ V$$

Convirtiendo en porcentaje, se obtuvo una caída de tensión de:

$$\Delta V_{pf-controlador} (\%) = \frac{\Delta V_{pf-controlador}}{V_{mf}} \times 100\% = \frac{1,12 \text{ V}}{48 \text{ V}} \times 100\%$$

$$\Delta V_{pf-controlador} (\%) = 2,333 \%$$

Por tanto, la sección de cable seleccionado es la adecuada, los datos técnicos del cable se pueden observar en el Anexo 5.

Para el tramo controlador – inversor:

Para la minicentral fotovoltaica es necesario emplear 2 inversores, por lo tanto, la carga se distribuye de forma equitativa para cada uno, teniendo lo siguiente:

$$MD_{mf} = 27,6948 \text{ kW}$$

$$P_{unitaria inversor} = \frac{MD_{mf}}{N_{inv}} = \frac{27,6948 \text{ kW}}{1} = 27,6948 \text{ kW}$$

Por lo que se obtuvo lo siguiente:

$$I_{controlador-inversor} = \frac{1,25 \times P_{unitaria inversor}}{V_{mf} \times \eta_{inversor}}$$

Donde:

$I_{controlador-inversor}$: Capacidad máxima de corriente entre controlador – inversor (A).

$P_{unitaria inversor}$: Carga unitaria de cada inversor para servicio constante (W).

V_{mf} : Voltaje de trabajo del inversor (V).

$\eta_{inversor}$: Eficiencia o rendimiento del inversor (0,95).

Sustituyendo los datos:

$$I_{controlador-inversor} = \frac{1,25 \times 27\,694,80 \text{ W}}{48 \text{ V} \times 0,988}$$

$$I_{controlador-inversor} = 700,78 \text{ A}$$

Para poder suplir la necesidad de corriente, se seleccionaron tres ternas de cable NHX-90 de 95 mm², que puede soportar hasta 726 A por ducto, pero se realizó la comprobación por caída de tensión, teniendo lo siguiente:

$$\Delta V_{controlador-inversor} = \frac{2 \times I_{controlador-inversor} \times L_{controlador-inversor}}{56 \times S_{cable}}$$

$$\Delta V_{\text{controlador-inversor}} = \frac{2 \times 700,78 \text{ A} \times 6 \text{ m}}{56 \times 285 \text{ mm}^2}$$

$$\Delta V_{\text{controlador-inversor}} = 0,527 \text{ V}$$

Convirtiendo en porcentaje la caída de tensión:

$$\Delta V_{\text{controlador-inversor}} (\%) = \frac{\Delta V_{\text{controlador-inversor}}}{V_{mf}} \times 100\% = \frac{0,527 \text{ V}}{48 \text{ V}} \times 100\%$$

$$\Delta V_{\text{controlador-inversor}} (\%) = 1,098 \%$$

Por tanto, se seleccionó 3 ternas de cable NHX-90 de 95 mm² para cumplir con la corriente solicitada y por caída de tensión.

Selección del seguidor solar

El seguidor solar seleccionado puede cubrir un área desde 55 a 80 m², y como los paneles necesitan en realidad 150 m², son necesarios 2 seguidores solares para poder maximizar el uso de la radiación solar disponible en el centro poblado 09 de setiembre.

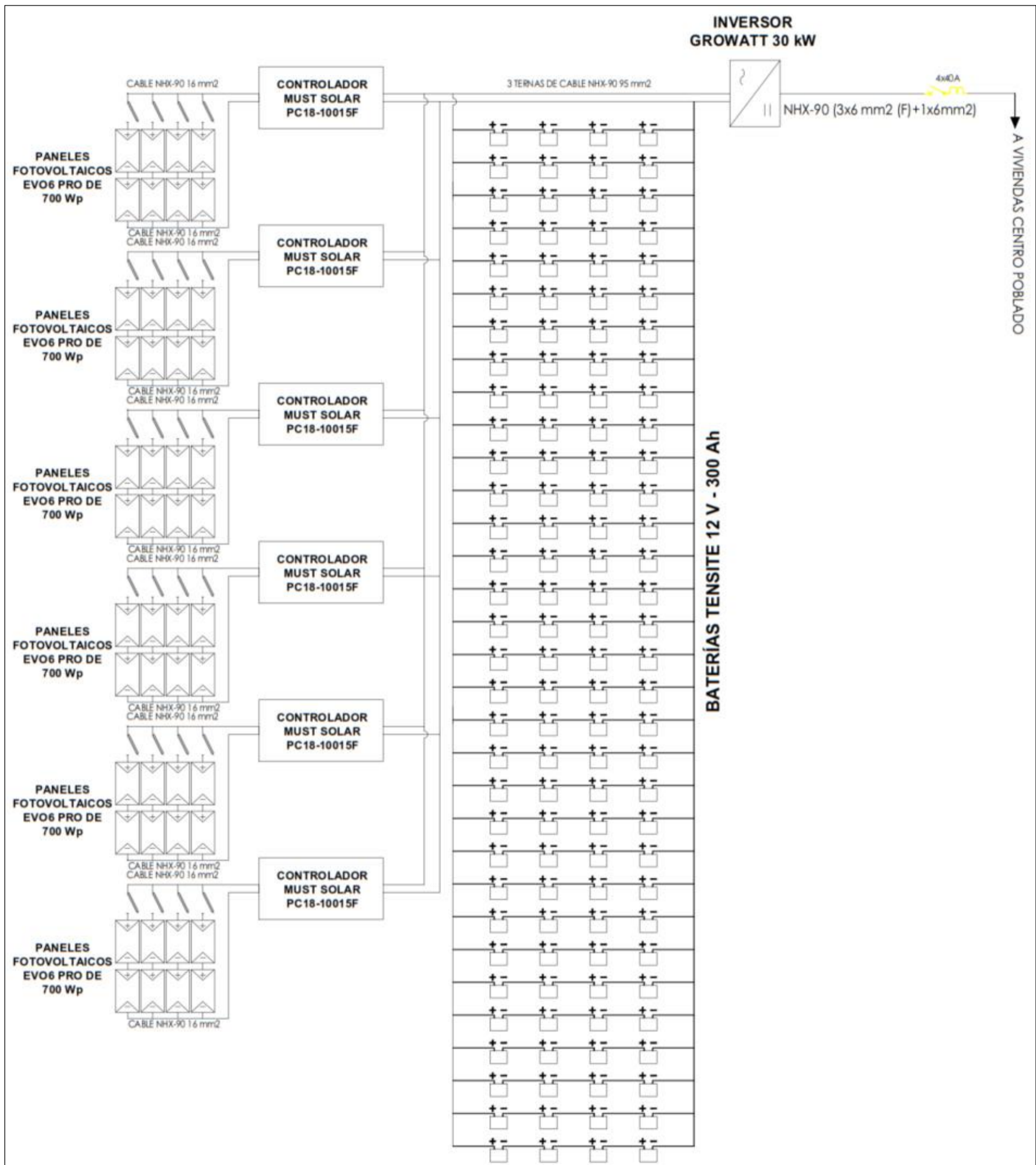


Fig. 24: Esquema de configuración para la minicentral fotovoltaica.

4.4. Presupuesto de implementar el sistema fotovoltaico con seguimiento solar propuesto

Seguidamente, se continua con el presupuesto de implementar la minicentral fotovoltaica, el cual se detalla a continuación:

En la Tabla 17 se detalla el costo para el equipamiento, insumos y materiales de la minicentral fotovoltaica, obteniendo un subtotal de S/. 314 921,74; que al incluir el IGV el monto asciende a la suma de S/. 371 607,65.

En la Tabla 18 se muestra el costo para la instalación, montaje y pruebas de la minicentral fotovoltaica, con un subtotal de S/. 39 000,00, que incluyendo el IGV asciende a la suma total de S/. 46 020,00.

En la Tabla 19 se muestra el costo de la parte civil de instalación de la minicentral fotovoltaica, con un subtotal de S/. 20 200,00, que incluyendo el IGV asciende a la suma total de S/. 23 836,00.

En la Tabla 20 se indica el costo total considerando ambos conceptos anteriormente mencionados, sumando la cantidad total de S/. 441 463,65.

Tabla 17. Costo para equipos, insumos y materiales de la minicentral fotovoltaica

Descripción	Cantidad	Unidad	Costo por unidad	Costo total
Panel fotovoltaico EVO6 Pro de 700 Wp	48	Und	S/. 873,94	S/. 41 949,12
Controlador Must Solar MPPT PC18-10015F de 100 A	6	Und	S/. 714,75	S/. 4 288,50
Inversor Growatt de 30 kW	1	Und	S/. 9 273,51	S/. 9 273,51
Batería Tensite 12V 300Ah	128	Und	S/. 1 271,11	S/. 162 702,08
Cable INDECO NHX-90 25 mm ²	90	m	S/. 13,41	S/. 1 206,90
Cable INDECO NHX-90 95 mm ²	100	m	S/. 79,09	S/. 7 909,00
Cable INDECO NHX-90 50 mm ²	25	m	S/. 25,21	S/. 630,25
Seguidor solar 2 ejes de 55 a 80 m ²	2	Und	S/. 40 981,19	S/. 81 962,38
Accesorios	1	Glb	S/. 5 000,00	S/. 5 000,00
Subtotal				S/. 314 921,74
IGV (18% Subtotal)				S/. 56 685,91
Costo estimado total para la minicentral fotovoltaica (incluye IGV)				S/. 371 607,65

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18. Costo de instalación, montaje y pruebas

Descripción	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo total
Instalación y montaje	1	Glb	S/. 35 000,00	S/. 35 000,00
Pruebas	1	Glb	S/. 4 000,00	S/. 4 000,00
Subtotal				S/. 39 000,00
IGV (18% Subtotal)				S/. 7 020,00
Costo total por instalación y pruebas (incluye IGV)				S/. 46 020,00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19 Costo de la parte civil para montaje

Descripción	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo total
Preliminares	1	Glb	S/. 3 600,00	S/. 3 600,00
Fundaciones	1	Glb	S/. 6 800,00	S/. 6 800,00
Base y caseta para montaje	1	Glb	S/. 7 500,00	S/. 7 500,00
Transporte	1	Glb	S/. 1 400,00	S/. 1 400,00
Limpieza final y desalojo	1	Glb	S/. 900,00	S/. 900,00
Subtotal				S/. 20 200,00
IGV (18% Subtotal)				S/. 3 636,00
Costo total por parte civil de montaje (incluye IGV)				S/. 23 836,00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20. Costo total para la minicentral fotovoltaica

Concepto	Costo total
Equipos, insumos y materiales (incluye IGV)	S/. 371 607,65
Instalación y pruebas (incluye IGV)	S/. 46 020,00
Parte civil para montaje (incluye IGV)	S/. 23 836,00
Costo total del sistema fotovoltaico	S/. 441 463,65

Fuente: Elaboración propia.

4.5. Costo de la energía del sistema fotovoltaico para el centro poblado

Considerando la fórmula para calcular el costo nivelado de la energía generada (LCOE), se obtuvo lo siguiente:

$$LCOE = \frac{I_t + \sum_{t=1}^n \frac{O\&M}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+r)^t}}$$

Donde:

I_t : Inversión inicial o año "0".

O&M: Gastos en operación y mantenimiento.

r: Tasa de descuento.

t: Vida útil del proyecto.

E_t : Energía eléctrica generada.

Entonces, de acuerdo con la información obtenida, se obtuvo lo siguiente:

$$I_t = S/. 441\,463,65$$

Los gastos de operación y mantenimiento representan alrededor del 2% de la inversión total, entonces:

$$O\&M = 2\% \times I_t$$

$$O\&M = 2\% \times S/. 441\,463,65 = S/. 8\,829,27$$

La tasa de descuento para proyectos de inversión se considera en 9%, de acuerdo con la Tabla , la cual se consideró para el análisis económico del proyecto, entonces se tuvo:

$$r = 9\%$$

La vida útil del proyecto se consideró en 20 años, de acuerdo con la Ley de Concesiones Eléctricas del Perú, donde indica en el Artículo 21°, que el tiempo para una concesión eléctrica es indefinido, es por ello que se ha considerado una vida útil de 20 años.

$$t = 20 \text{ años}$$

La energía generada se mantiene constante durante la vida útil del proyecto, siendo de:

$$E_t = 365 \frac{\text{días}}{\text{año}} \times 119,690 \frac{\text{kWh}}{\text{día}} = 43\,686,85 \frac{\text{kWh}}{\text{año}}$$

El banco de baterías, de acuerdo a la temperatura de la localidad, tiene una vida útil de 10 años, por lo que, al término del proyecto, se debe efectuar un cambio de las baterías en el año 10. Por lo tanto:

$$C_{b,\text{año } 10} = S/. 162\,702,08$$

Cabe precisar, que el costo solo de las baterías, debiendo considerar el costo de mano de obra, es decir, de efectuar el cambio, que viene a ser algo del 2.5% del total, entonces:

$$C_{t,b,\text{año } 10} = 1.025 \times S/. 162\,702,08 = S/. 166\,769,63$$

Por lo tanto, resumiendo la información en la Tabla .

Entonces, reemplazando los datos en la fórmula del LCOE, se obtuvo lo siguiente:

$$LCOE = \frac{S/. 441\,463,65 + S/. 85,781.05 + S/. 166\,769,63}{398\,797,41 \text{ kWh}}$$

$$LCOE = S/. 1,7402/ \text{kWh}$$

85,781.05

Esto quiere decir que se gastan S/. 1,6566 por cada kWh generado en la minicentral fotovoltaica para la localidad mencionada. Siendo alto, y esto se debe al costo de las baterías y al cambio que se realiza al cabo de 10 años. Y para que el proyecto sea rentable, se debe vender por encima de dicho costo de generación.

Tabla 21. Tasas de descuento para diferentes países.

Institución o país	Tasa	Base conceptual o teórica
Organismos multilaterales		
Banco Mundial	10%-12%	Tasa administrativa convencional
Banco Interamericano de Desarrollo	10%-12%	Tasa administrativa convencional/ costo de oportunidad del capital
Banco Asiático de Desarrollo	10%-12%	Tasa administrativa convencional
<i>Países desarrollados</i>		
Alemania	3%	Basada en la tasa federal de refinanciamiento
Canadá	10%	Costo de oportunidad social del capital
España	6% para transporte 4% para agua	Tasa social de preferencia intertemporal
Estados Unidos, Oficina de Administración y Presupuesto	7%	Costo de oportunidad social del capital
Estados Unidos, Oficina de Presupuesto del Congreso y Oficina General de Contabilidad	Tasa de mercado de deuda del Tesoro	Tasa social de preferencia intertemporal
Estados Unidos, Agencia de Protección Ambiental	Tasa intergeneracional de descuento: 2%-3%, sujeta a análisis de sensibilidad	Tasa social de preferencia intertemporal
Francia	4%	Tasa social de preferencia intertemporal
Noruega	3,5%	Tasa de crédito gubernamental en términos reales
Reino Unido	3,5% Para proyectos superiores a 30 años tasas diferenciadas menores	Tasa social de preferencia intertemporal
Países en desarrollo		
China	8% para proyectos de corto y mediano plazo; menor que 8% para proyectos de largo plazo	Promedio ponderado de la tasa social de preferencia intertemporal y la tasa basada en el costo de oportunidad social del capital (método de Harberger)
India	12%	Costo de oportunidad social del capital
Pakistán	12%	Costo de oportunidad social del capital
<i>Países de América Latina</i>		
Chile	6%	Promedio ponderado de la tasa social de preferencia intertemporal y la tasa basada en el costo de oportunidad social del capital (método de Harberger)
Colombia	12%	Equivale a la rentabilidad mínima esperada por el inversionista
México	10% antes de 2014: 12%	Promedio ponderado de la tasa social de preferencia intertemporal y la tasa basada en el costo de oportunidad social del capital (método de Harberger)
Perú	9% antes de 2012: 10%	Promedio ponderado de la tasa social de preferencia intertemporal y la tasa basada en el costo de oportunidad social del capital (método de Harberger)

Fuente: J. Campos, T. Serebrisky y A. Suárez-Alemán, *Tasa de descuento social y evaluación de proyectos: algunas reflexiones prácticas para América Latina y el Caribe*, Banco Interamericano de Desarrollo (BID), 2016; J. Zhuang y otros, "Theory and practice in the choice of social discount rate for cost-benefit analysis: a survey", *ERD Working Paper*, N° 94, Banco Asiático de Desarrollo, 2007; E. Aldunate y R. Martner, "Política fiscal y protección social", *Revista de la CEPAL*, N° 90 (LC/G.2323-P), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2006; Chile: Sistema Nacional de Inversiones (SNI) del Ministerio de Desarrollo Social; Colombia: Sistema Nacional de Inversión Pública del Departamento Nacional de Planeación; México: Sistema de Inversión Pública (SIP) de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público; Perú: Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP) de la Dirección General de Inversión Pública del Ministerio de Economía y Finanzas.

Fuente: [32]

Tabla 22. Resumen de información para calcular LCOE

Año	Inversión	O&M	O&M corregido	Energía generada (kWh)	Energía generada corregido (kWh)
0	S/441,463.65				
1		S/8,829.27	S/8,139.61	43686.85	40079.68
2		S/8,829.27	S/7,506.90	43686.85	36770.35
3		S/8,829.27	S/6,926.42	43686.85	33734.26
4		S/8,829.27	S/6,393.88	43686.85	30948.87
5		S/8,829.27	S/5,905.31	43686.85	28393.45
6		S/8,829.27	S/5,457.07	43686.85	26049.04
7		S/8,829.27	S/5,045.85	43686.85	23898.2
8		S/8,829.27	S/4,668.58	43686.85	21924.96
9		S/8,829.27	S/4,322.47	43686.85	20114.64
10	S/166,769.63	S/8,829.27	S/4,004.93	43686.85	18453.8
11		S/8,829.27	S/3,713.61	43686.85	16930.09
12		S/8,829.27	S/3,446.34	43686.85	15532.19
13		S/8,829.27	S/3,201.14	43686.85	14249.72
14		S/8,829.27	S/2,976.19	43686.85	13073.14
15		S/8,829.27	S/2,769.81	43686.85	11993.7
16		S/8,829.27	S/2,580.48	43686.85	11003.4
17		S/8,829.27	S/2,406.77	43686.85	10094.86
18		S/8,829.27	S/2,247.41	43686.85	9261.34
19		S/8,829.27	S/2,101.21	43686.85	8496.64
20		S/8,829.27	S/1,967.07	43686.85	7795.08
			S/85,781.05		398797.41

Fuente: Elaboración propia.

V. Discusión

El centro poblado 09 de setiembre no posee un sistema eléctrico de suministro por la red, por lo que brinda las facilidades para realizar el proyecto de una minicentral fotovoltaica además de una buena radiación solar para poder ser aprovechada para generar energía eléctrica, esto en consideración con la información recopilada de las diferentes fuentes de datos. La cantidad de paneles calculados es correcta para poder suministrar la energía la energía necesaria, además de los componentes restantes como 6 controladores, un inversor, 128 baterías, cableado NHX de calidad y el sistema de seguimiento solar que permite mejorar la eficiencia del sistema.

El costo de implementar la minicentral fotovoltaica es relativamente elevado, y esto se debe al uso del banco de baterías, que es de S/. 162 702,08 sin IGV, aumentando a S/. 191 988,45 con IGV, representando el 45,97% del costo total. Y esto, se refleja al momento de calcular el costo nivelado (LCOE) que fue de S/. 1,7402 por kWh generado.

VI. Conclusiones

1. El centro poblado 09 de setiembre se ubica en el distrito de Mórrope, provincia y departamento de Lambayeque. Cuenta con 180 habitantes y 125 viviendas. Actualmente no cuenta con suministro de energía eléctrica por la red, ni suministro de agua por red pública, ni suministro de desagüe por la red pública.
2. De acuerdo con información recopilada de Global Solar Atlas, SOLARGIS, Meteonorm 8.2 y Atlas Solar del Perú, se obtuvo una radiación solar de 3,650 kWh/m², siendo el más bajo de todos. Respecto a la demanda energética, se obtuvo un consumo de energía promedio diario de 88,085 kWh/día y una potencia necesaria de 27,6948 kW para cubrir los requerimientos de la población del centro poblado 09 de setiembre.
3. La minicentral fotovoltaica está conformada por 48 paneles solares de 700 Wp cada uno, 6 controladores de 100 A cada uno, un inversor solar de 30 kW trifásico, con un total de 128 baterías de 300 Ah cada una, cable NHX-90 de 25 mm² y de 95 mm² y con 2 sistemas de seguimiento solar de 55 a 80 m².
4. El costo para la minicentral fotovoltaica considerando equipos, insumos y materiales es de S/. 371 607,65 incluido IGV; por instalación, montaje y pruebas es de S/. 46 020,00 incluido IGV; por parte civil para montaje es de S/. 23 836,00 incluido IGV. Por lo tanto, el costo total considerando ambos conceptos asciende a la cantidad de S/. 441 463,65.
5. El costo nivelado (LCOE) para la energía fotovoltaica generada es de S/. 1,7402 por kWh, un valor elevado, y que se debe al costo de utilizar un banco de baterías, que representan más del 40% del costo total.

VII. Recomendaciones

1. Se recomienda ir a la localidad de estudio y tomar medidas de radiación con el instrumento correspondiente, para hacer un análisis comparativo con los datos recopilados de las fuentes de datos.
2. Considerar más fuentes de información para la radiación solar permitirá obtener una información más real para el diseño de un sistema fotovoltaica.
3. La tecnología avanza cada día y por ende, los paneles fotovoltaicos van desarrollándose con mayores capacidades y precios más accesibles, lo cual se debe tener en cuenta al momento de seleccionarlos.
4. Para el análisis de costos, se debe hacer una comparación entre los precios y eficiencias de los equipos para obtener el máximo rendimiento y un precio asequible.
5. Considerar a futuro la implementación de iluminación pública ya que representa un complemento para el centro poblado.

VIII. REFERENCIAS

- [1] E. C. Reyes Angeles, «Propuesta de uso de energía solar para el suministro de energía eléctrica y mejora de la eficiencia energética en la Universidad ESAN,» Repositorio de la Universidad ESAN, Lima - Perú, 2019.
- [2] W. Clemente De La Cruz, «Optimización del sistema solar fotovoltaico para la generación de energía eléctrica en viviendas aisladas altoandinas,» Repositorio de la Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo - Perú, 2014.
- [3] H. Ramos López y R. Luna Puente, «Diseño de un sistema fotovoltaico integrado a la red para el área de estacionamiento de la Universidad Tecnológica de Salamanca,» Repositorio del Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S. C., Chihuahua - México, 2014.
- [4] E. Collado Fernández, «Energía Solar Fotovoltaica, Competitividad y Evaluación Económica, Comparativa y Modelos,» Repositorio de la Universidad Nacional de Educación a Distancia, España, 2009.
- [5] J. C. López Valdés, «Análisis de variantes de sistemas fotovoltaicos con seguimiento solar en las condiciones de Cuba,» Repositorio de la Universidad Central Marta Abreu de las Villas, Santa Clara, 2017.
- [6] D. J. Pérez Salas, «Diseño de un sistema de generación fotovoltaico con seguidor lumínico independiente a su ubicación,» Repositorio de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo - Perú, 2019.
- [7] A. J. Chapoñan Cuzo, «Dimensionamiento de un sistema de generación fotovoltaico aislado para suministrar energía eléctrica a la localidad de Cruz de Pañala - Mórrope - Lambayeque,» Repositorio de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque - Perú, 2018.
- [8] F. D. Díaz Agurto, «Dimensionamiento de una minicentral solar fotovoltaica aislada para el suministro de energía eléctrica al centro poblado Guarrago ubicado en el distrito de Sókota, provincia de Cutervo, departamento de Cajamarca,» Repositorio de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque - Perú, 2018.

- [9] Y. López Castrillón y F. Fonthal Rico, de *El efecto Fotovoltaico y la celda solar*, Colombia, AlfaOmega, 2019.
- [10] A. S. Bernal Zarria y D. A. Maquilón Caicedo, «Diseño y análisis de costos de una mini-central de generación eléctrica fotovoltaica autónoma para la finca agrícola Bonanza, situada en la provincia del Guayas,» Repositorio de la Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil - Ecuador, 2016.
- [11] Tritec Intervento, «Tipos de Paneles Fotovoltaicos,» Tritec Intervento, 2020. [En línea]. Available: <https://tritec-intervento.cl/tipos-de-paneles-fotovoltaicos/>. [Último acceso: 2 septiembre 2023].
- [12] Global Energy Solar S.A.C., «Baterías Solares,» Global Energy Solar S.A.C., 2023. [En línea]. Available: <https://www.globalenergy.solar/baterias-solares/>. [Último acceso: 2 septiembre 2023].
- [13] Ecofener, «¿Qué son los reguladores de carga solar y cómo elegir el adecuado para cada instalación?,» Ecofener, 16 octubre 2017. [En línea]. Available: <https://ecofener.com/blog/que-son-reguladores-carga-solar-instalacion/>. [Último acceso: 2 septiembre 2023].
- [14] EFC Solar, «Tipos de inversores para placas solares,» EFC Solar, 2023. [En línea]. Available: <https://www.efcsolar.com/energia-solar-fotovoltaica/tipos-de-inversores-para-placas-solares/>. [Último acceso: 2 septiembre 2023].
- [15] L. D. López Fernández y B. C. López Fernández, «Diseño eléctrico de un sistema fotovoltaico ON GRID para el completo de concientización y cuidado del mar, Yubarta,» Repositorio de la Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil - Ecuador, 2022.
- [16] M. Vaca, R. Walvekar, A. K. Rasheed and M. Khalid, "A review on Malaysia's solar energy pathway towards carbon-neutral Malaysia beyond Covid'19 pandemic," *Journal of Cleaner Production*, vol. 273, pp. 1-16, 2020.
- [17] R. Arreola Gómez, «Diseño, construcción y evaluación de un sistema de seguimiento solar autónomo de dos ejes para un panel fotovoltaico,» Repositorio de la Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas, Montecillo - México, 2014.

- [18] Deger Iberica, «Deger Iberica,» 2020. [En línea]. Available: <https://degeriberica.com/como-conseguimos-mayor-rendimiento/>. [Último acceso: 1 septiembre 2023].
- [19] M. Nfaoui and K. El-Hami, "Extracting the maximum energy from solar panels," *Energy Reports*, vol. 4, pp. 536-545, 2018.
- [20] M. A. Laveriano Hidalgo, «Diseño de una central fotovoltaica de 1 MWp conectado a la red eléctrica interna en media tensión para reducir la facturación eléctrica de la unidad minera Andalucita en Paita - Piura,» Repositorio de la Universidad Nacional del Callao, Callao - Lima - Perú, 2021.
- [21] H. A. Cornejo Lalupú, «Sistema solar fotovoltaico de conexión a red en el centro materno infantil de la Universidad de Piura,» Repositorio de la Universidad de Piura, Piura - Perú, 2013.
- [22] Sunfields Europe, «Orientación e Inclinación de las placas solares,» 2015. [En línea]. Available: <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/como-varia-la-captacion-de-energia-solar-en-superficies-inclinadas/>. [Último acceso: 2 septiembre 2023].
- [23] Instituto Nacional de Estadística e Informática, «Sistema de Consulta de Centros Poblados,» Sistema de Información Geográfica, 2023. [En línea]. Available: <http://sige.inei.gob.pe/test/atlas/>. [Último acceso: 2 septiembre 2023].
- [24] Global Solar Atlas, «Atlas Solar Mundial,» Global Solar Atlas, 2023. [En línea]. Available: <https://globalsolaratlas.info/map?c=-6.039163,-79.970169,11&s=-6.601051,-79.976501&m=site>. [Último acceso: 6 setiembre 2023].
- [25] SOLARGIS, «SOLARGIS PROSPECT,» SOLARGIS, 2023. [En línea]. Available: https://apps.solargis.com/prospect/map?show-registration=1&c=-8.151681,-76.530762,7&s=-6.601051,-79.976501&m=solargis-gti_opta&l=true. [Último acceso: 6 setiembre 2023].
- [26] DeltaVolt, «Radiación Solar por Departamento,» 2023. [En línea]. Available: <https://deltavolt.pe/atlas/atlassolar/radiacion-departamento/>. [Último acceso: 6 septiembre 2023].

- [27] INEI, «Perú: Crecimiento y distribución de la población, 2017,» Instituto Nacional de Estadística e Informática, Lima, 2018.
- [28] G. Sánchez García, «Dimensionamiento de un sistema híbrido con energía renovable para el caserío Victor Raúl en Jayanca, provincia y departamento de Lambayeque,» Repositorio de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, 2019.
- [29] J. A. Ladrón de Guevara, «Diseño y cálculo de una instalación fotovoltaica aislada,» Repositorio de la Universidad Politécnica de Madrid, 2018.
- [30] S. Eliseo, «Energía Solar,» 2022. [En línea]. Available: <https://eliseosebastian.com/autonomia-en-panel-solar-fotovoltaico/>. [Último acceso: 13 mayo 2023].
- [31] J. A. Alonso Lorenzo, «Conceptos sobre baterías solares,» 2015. [En línea]. Available: <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/equipos-fotovoltaicos-baterias-solares-parte-iii/#:~:text=2%20%E2%80%93%20Profundidad%20de%20descarga%3A,-La%20profundidad%20de&text=Descargas%20superficiales%3A%20son%20descargas%20de,80%25%20de%20la%20capacid.> [Último acceso: 14 junio 2023].

IX. Anexos

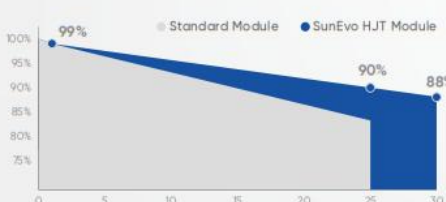
Anexo 1: Ficha técnica panel fotovoltaico EVO6 Pro 700 Wp

EVO6 Pro

680-700W


HJT Bifacial Half Cell Dual Glass Solar Module

Quality Guarantee
12-Year Warranty for Materials and Processing
30-Year Warranty for Extra Linear Power Output



Year	Standard Module (%)	SunEvo HJT Module (%)
0	99%	90%
25	90%	90%
30	88%	88%

* Please refer to SunEvo standard warranty for details



22.5%

Max. Efficiency

HJT

Heterojunction Tech.

SE6-66HBD

High Power up to 700W

HJT Bifacial cells based on 210mm silicon wafers,
High module efficiency with high density interconnect technology

High Energy Yield

Up to 25% additional power gain from back side,
Excellent low irradiation performance

High Reliability

Resistant to harsh environments such as salt, ammonia, sand,
high temperature and high humidity areas

High Customer Value

Lowest guaranteed first year and annual degradation,
Compatible with existing mainstream system components

Complete System and Product Certifications

IEC 61215, IEC 61730, UL 61730

ISO 9001: 2015: ISO Quality Management System

ISO 14001: 2015: ISO Environment Management System

ISO 45001: 2018: Occupational Health and Safety



EVO6 Pro SE6-66HBD

680-700W

Mechanical Data

Number of Cells	132 Cells (6x22)
Dimensions of Module L*W*H	2384 x 1303 x 35mm
Weight	38.2kg
Front Side Glass	High transparency solar glass 2.0mm
Back Side Glass	High transparency solar glass 2.0mm
Frame	Black/Silver, anodized aluminium alloy
Junction Box	IP68 Rated, 3 Diodes
Cable	4.0mm ² , Portrait: 350mm / Landscape: 1400mm
Wind/Snow Load	2400Pa/5400Pa*
Connector	MC Compatible
Bifaciality	80±5%

*Please check the installation manual for more details

Electrical Specification (STC*)

Maximum Power (Pmax/W)	680	685	690	695	700
Maximum Power Voltage (Vmp/V)	41.49	41.65	41.80	41.95	42.10
Maximum Power Current (Imp/A)	16.39	16.45	16.51	16.57	16.63
Open Circuit Voltage (Voc/V)	49.5	49.66	49.82	49.98	50.13
Short Circuit Current (Isc/A)	17.19	17.25	17.31	17.37	17.43
Module Efficiency (%)	21.9	22.1	22.2	22.4	22.5
Power Output Tolerance (W)			0~+5		

*Irradiance: 1000W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass 1.5

Electrical Specification (BSTC*)

Maximum Power (Pmax / W)	750	756	761	767	772
Maximum Power Voltage (Vmp / V)	41.49	41.65	41.80	41.95	42.10
Maximum Power Current (Imp / A)	18.08	18.16	18.21	18.29	18.34
Open Circuit Voltage (VOC / V)	49.50	49.66	49.82	49.98	50.13
Short Circuit Current (Isc / A)	18.96	19.04	19.09	19.17	19.22

* Front side irradiance 1000W/m², back side irradiance 135W/m², Ambient Temperature 25°C, Air Mass 1.5

Maximum Ratings

Operational Temperature	-40~+85°C
Maximum System Voltage	1500V DC
Max Series Fuse Rating	35A

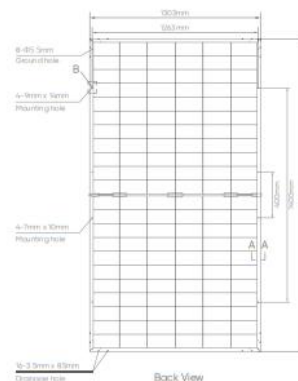
Temperature Ratings

NOCT (Nominal Operating Cell Temperature)	44±2°C
Temperature Coefficient of Isc	+0.04%/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.24%/°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.26%/°C

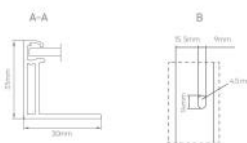
Packaging Configuration

Module per Box	31 pieces
Module per 40' Container	558 pieces

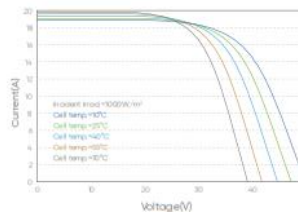
Module Dimension



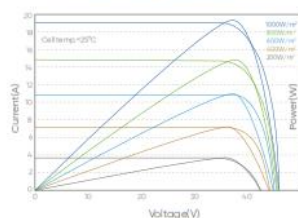
Back View



I-V Curve at Different Temperature (680W)



I-V/P-V Curve at Different Temperature (680W)



Anexo 2: Datos del controlador Must Solar MPPT PC18-10015F

PC1800F SERIES (60A/80A/100A)

MPPT Solar Charge Controller

Shenzhen Must Energy Technology Co.,Ltd.

Tel: +86 13682553172

Email: hpower@mustpower.com

Web: www.mustpower.com

MUST[®]

MUST®

PC1800F Series (60A/80A/100A)

MPPT Solar Charge Controller



INTRODUCTION

MPPT (Maximum Power Point Tracking) Solar Charge Controller offer an efficient, safe, multi-stage recharging process that prolongs battery life and assures peak performance from a solar array. Each Charge Controller allows customized battery recharging.

FEATURES

- LCD display , easy to operate on LCD screen
- Multi stage charging (3-stage charging , parallel charging and equalized charging function)
- BTS - Battery remote temperature sensor terminal
- Enable to charge Li-thium, Gel , lead-acid battery
- With RS485 & USB communication port
- Protection: PV array short circuit, PV reverse polarity, Battery reverse polarity, Over charging, Output short circuit



Max charging current
60A to 100A



Radiating mode
Fan cooling



Multi protection



Battery smart
charge design



Battery DC voltage
12V/24V/48V (Auto detection)
36V (Setting)



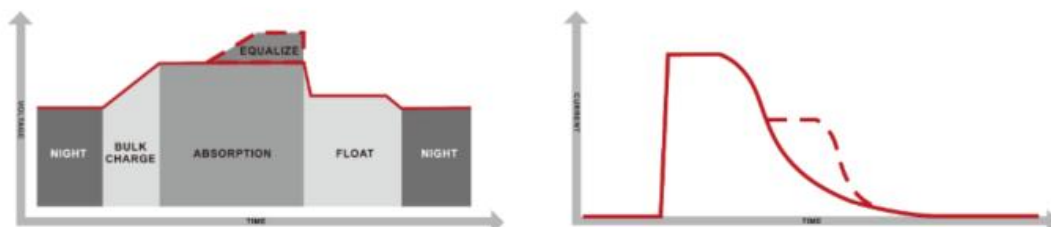
Peak conversion efficiency:98%
(MPPT Efficiency 99%)



Charging set points
Absorption stage
Float stage

MUST**PC1800F Series (60A/80A/100A)**
MPPT Solar Charge Controller**EQUALIZE STAGE CHARGING FUNCTION**

Equalization function reverses the buildup of negative chemical effects like stratification, a condition where acid concentration is greater at the bottom of the battery than at the top. Equalization also helps to remove sulfate crystals that might have built up on the plates.

**BATTERY REVERSE PROTECTION**

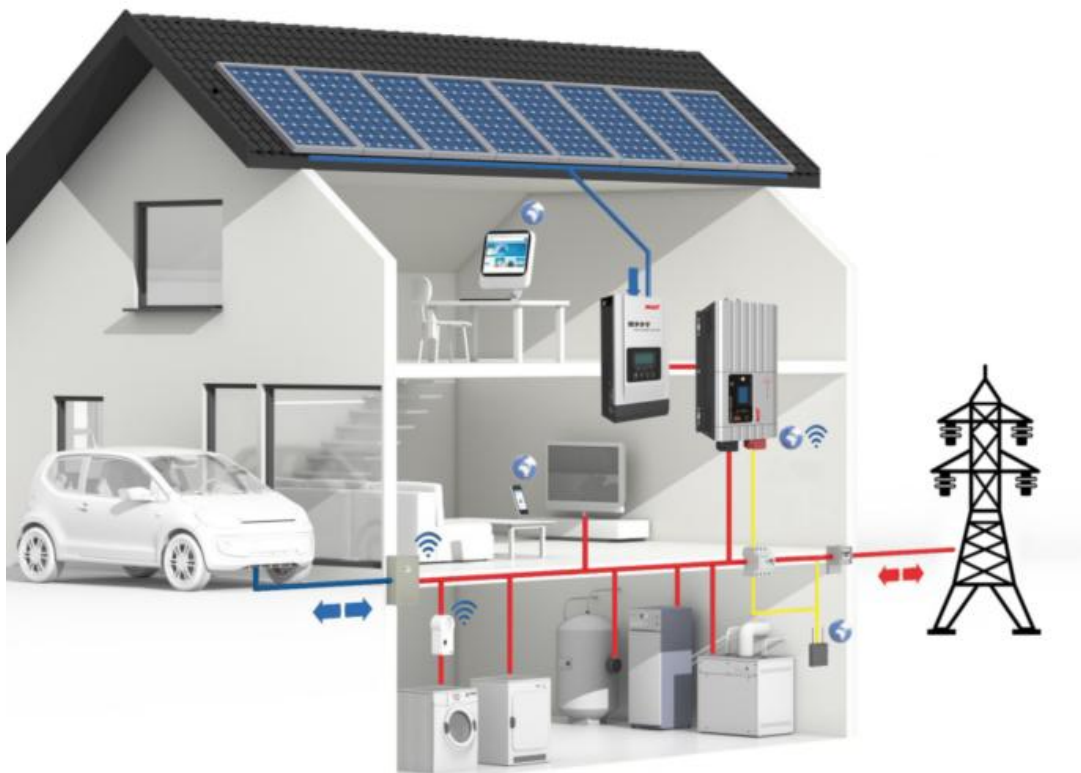
There's a battery reverse protection function in the board, then the controller will be perfectly protected even installer or user connect the battery in reverse pole accidentally

APPLICABLE PLACE

The solar charge controller is an automatic control device, it can be used in all solar power systems to control solar panel array to charge batteries.

Solar Inverter System Connection:

Power Inverter + Solar Charge Controller + Battery + Solar Panels + Grid + Application Loads



MUST®

PC1800F Series (60A/80A/100A) MPPT Solar Charge Controller



MODEL		PC18-6015F	PC18-8015F	PC18-10015F	
Nominal Battery System Voltage		12V/24V/48VDC (Auto detection); 36V (Setting)			
CONTROLLER INPUT	Battery Voltage	12V	24V	36V	48V
	Maximum Solar Input Voltage	100V			
	PV Array MPPT Voltage Range	15-95V	30-130V	45-130V	60-130V
	Maximum Input Power	12Volt-940W 24Volt-1880W 36Volt-2820W 48Volt-3760W	12Volt-1250W 24Volt-2500W 36Volt-3750W 48Volt-5000W	12Volt-1550W 24Volt-3100W 36Volt-4650W 48Volt-6200W	
BATTERY	Charging Set Points	Absorption Stage		Float Stage	
	Flooded Battery	14.2V/28.4V/42.6V/56.8V		13.7V/27.4V/41.1V/54.8V	
	AGM (Default)	14.4V/28.8V/43.2V/57.6V		13.7V/27.4V/41.1V/54.8V	
	Over-charging Voltage	15.5V/30.0V/45.0V/60.0V			
	Over-charging Comeback Voltage	14.5V/29.5V/44.5V/59.0V			
	Battery Defect Voltage	10.0V/17.0V/25.5V/34.0V			
	Temperature Compensation Coefficient	-5mv / °C /cell (25°C vef)			
	Peak Conversion Efficiency	98% (MPPT Efficiency 99%)			
Max Charging Current	60amps continuous @ 40°C ambient	80amps continuous @ 40°C ambient	100amps continuous @ 40°C ambient		
GENERAL SPECIFICATION	Radiating Mode	Fan cooling			
DISPLAY & PROTECTION	Protections	Solar high voltage disconnect Solar high voltage reconnect Battery high voltage disconnect Battery high voltage reconnect High temperature disconnect High temperature reconnect			
MECHANICAL SPECIFICATIONS	Mounting	Wall mount			
	Machine Dimension (W*H*D)	152*85*294 mm (per pcs)			175*82.9*257.1
	G.W (kg)	3kg/pcs			
	Package Dimension (W*H*D)	625*366*232 mm (4pcs / Carton)			/
	Gross Weight (kg)	14kg			
OTHER	Environmental Rating	Indoor			
	Operation Temperature Range	-10-55°C			
	Ambient Humidity	0-90% relative humidity (non-condensing)			
	Altitude	≤3000m			

Anexo 3: Datos técnicos del inversor Huawei SUN2000-36KTL-M3

MID 25~40KTL3-X

- The maximum efficiency is up to 98.8%
- AFCI function optional
- Self-consumption monitoring
- Touch key and OLED display
- Type II SPD on DC and AC side



Growatt

www.ginverter.com

P O W E R
- I N G
T O M O R R O W

preliminary




Datasheet	MID 25KTL3-X1	MID 30KTL3-X	MID 33KTL3-X	MID 36KTL3-X	MID 40KTL3-X
Input data (DC)					
Max. recommended PV power (for module STC)	37500W	45000W	49500W	54000W	60000W
Max. DC voltage	1100V				
Start Voltage	250V				
Normal Voltage	600V				
MPPT voltage range	200-1000V				
No. of MPPT trackers	3	3	3	4	4
No. of PV strings per MPPT tracker	2				
Max input current per MPPT tracker	26A				
Max. short-circuit current per MPPT tracker	32A				
Output data (AC)					
AC nominal power	25000W	30000W	33000W	36000W	40000W
Max. AC apparent power	27700VA	33300VA	36600VA	39600VA	44000VA
Nominal AC voltage (range*)	220V/380V, 230V/400V (340-440V)				
AC grid frequency (range*)	50/60 Hz (45-55Hz/55-65 Hz)				
Max. output current	40A	50.5A	55.5A	60.0A	66.6A
Adjustable power factor	0.8leading...0.8lagging				
THDI	<3%				
AC grid connection type	3W+ N+ PE				
Efficiency					
Max. efficiency	98.8%				
European efficiency	98.5%				
MPPT efficiency	99.9%				
Protection devices					
DC reverse polarity protection	Yes				
DC Switch	Yes				
AC/DC surge protection	Type II / Type II				
Insulation resistance monitoring	Yes				
AC short-circuit protection	Yes				
Ground fault monitoring	Yes				
Grid monitoring	Yes				
Anti-islanding protection	Yes				
Residual-current monitoring unit	Yes				
String monitoring	Yes				
AFCI protection	Optional				
General data					
Dimensions (W / H / D)	580/435/230mm				
Weight	29.5kg	29.5kg	29.5kg	30.5kg	30.5kg
Operating temperature range	- 25°C ... +60°C				
Nighttime power consumption	< 1W				
Topology	Transformerless				
Cooling	Smart air cooling				
Protection degree	IP66				
Relative humidity	0-100%				
Altitude	4000m				
DC connection	H4/MC4(Optional)				
AC connection	Cable gland+OT terminal				
Display	OLED+LED/WIFI+APP				
Interfaces: RS485 / USB / WIFI/ GPRS / RF/ LAN	Yes/Yes/Optional/Optional/Optional/Optional				
Warranty: 5 years / 10 years	Yes/Optional				
CE, VDE0126, Greece, EN50549, C10/C11, UTE C 15-712, EC62116, IEC61727, IEC 60068, IEC 61683, CEI0-21, CEI0-16, N4105, TOR Erzeuger, G98/G99, G100, AS/NZS 3100, AS4777, UNE217001, UNE206007, PO12.2, KSC8565					

* The AC voltage range and frequency range may vary depending on specific country grid standard.
All specifications are subject to change without notice.

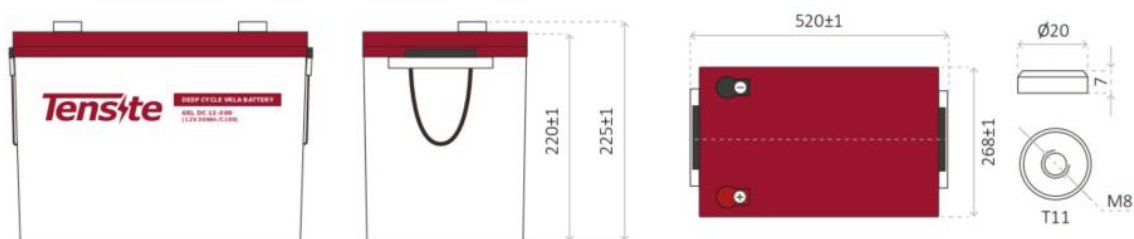
Anexo 4: Datos técnicos de batería TENSITE de 300 Ah



CARACTERÍSTICAS

-  Tamaño compacto ideal para cualquier tipo de uso.
-  Gran rendimiento debido a su ciclo de vida de descarga profunda.
-  Ideado para instalaciones fotovoltaicas.

DIMENSIONES



Tensite

GEL 12-300

BATERÍA DE GEL 12V 300 AH

BATERÍA SERIE GEL

Las baterías de la serie GEL están fabricadas con separadores especiales y gel de sílice que mantiene los electrolitos dentro de la batería. La tecnología de gel sílice ayuda a que las baterías duren más tiempo y funcionen mejor en diferentes temperaturas. La vida útil del ciclo de descarga puede durar un 50% más en comparación con las baterías normal.



APLICACIÓN

- Sistema de energía de emergencia
- Equipos de comunicación
- Sistemas de telecomunicaciones
- Fuente de energía ininterrumpida
- Herramientas eléctricas
- Equipo marino
- Equipo médico
- Sistema de energía solar y eólica

CARACTERÍSTICAS GENERALES

- Sellado de seguridad
- Tecnología antiderrames
- Alta densidad de potencia
- Excelente recuperación de descarga profunda
- Placas gruesas y materiales altamente activos
- Mayor vida útil y diseño de baja autodescarga

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

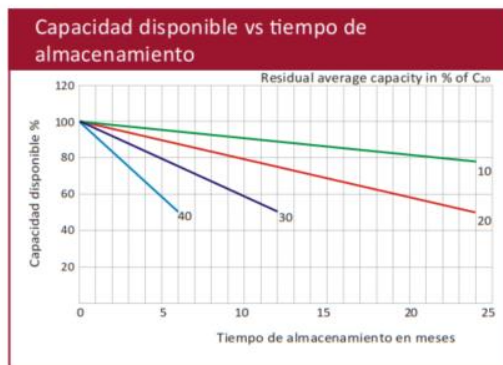
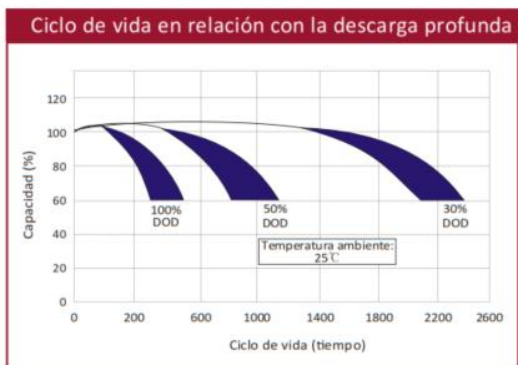
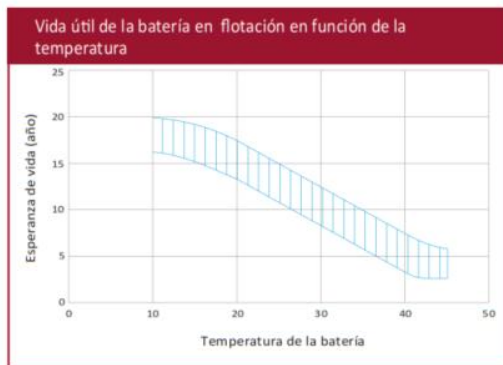
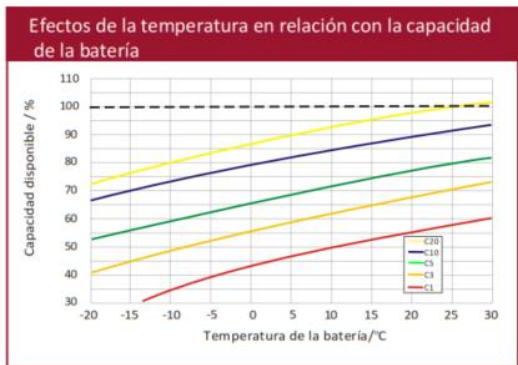
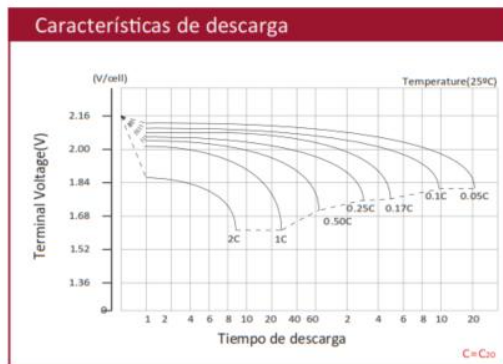
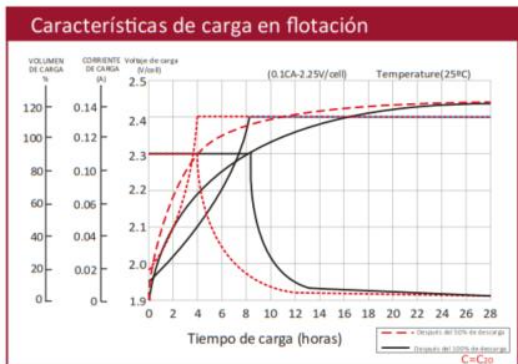
MODELO DE BATERÍA	Voltaje nominal		12V	
	Capacidad nominal (100 Hora)		300Ah	
	Células por batería		6	
DIMENSIONES	Longitud	Ancho	Altura	Altura total
	520 mm	268 mm	220 mm	225 mm
PESO APROXIMADO	67.0 kg ± 3%			
CAPACIDAD @ 25°C	10 Hroas(25.0A)	5 Horas (43.7A)	3 Horas (66.2A)	1 Hora(161.5A)
	250.0 Ah	218.7 Ah	198.7 Ah	161.5 Ah
CORRIENTE DE DESCARGA MÁX	2000 A (5 seg.)			
RESISTENCIA INTERNA	Cargado por completo Vat 25°C: Aprox. 2.0mΩ			
CAPACIDAD AFECTADA POR LA TEMPERATURA(10 HR)	40°C	25°C	0°C	
	103%	100%	86%	
MÉTODO DE CARGA @25°C	Rango de voltaje de carga (Bulk)		Rango de voltaje de flotación (Float)	
	14.1-14.4V (Corriente de carga inicial inferior a 27A)		13.50-13.80V	

TABLA DE DESCARGA DE BATERÍA

CORRIENTE CONSTANTE (AMP) Y POTENCIA CONSTANTE (WATT) TABLA DE DESCARGA A 25 °C

F.V / TIME	5 min	10 min	15 min	30 min	45 min	60 min	2 h	3 h	5 h	8 h	10 h	20 h
1.80	A	656.8	437.5	351.8	234.5	168.3	165.0	93.0	68.0	45.0	28.0	13.00
	W	1224.8	815.9	656.0	437.3	313.8	307.7	173.4	126.8	83.9	52.2	25.7
1.75	A	696.2	463.8	369.3	241.5	173.3	170.0	95.3	69.7	45.7	28.3	13.13
	W	1298.3	864.9	688.8	450.5	323.2	317.0	177.8	130.0	85.2	52.7	25.9
1.70	A	788.1	525.0	386.9	248.6	178.3	174.9	97.7	71.4	46.4	28.6	13.38
	W	1469.8	979.1	721.6	463.6	332.6	326.2	182.1	133.2	86.4	53.3	26.4
1.65	A	775.0	516.3	404.5	255.6	183.4	179.9	99.5	72.8	47.0	28.8	13.55
	W	1445.3	962.8	754.4	476.7	342.0	335.4	185.6	135.7	87.7	53.8	26.7
1.60	A	840.6	560.0	422.1	262.6	188.4	184.8	101.4	74.1	47.7	29.1	13.63
	W	1567.8	1044.4	787.2	489.8	351.4	344.7	189.1	138.2	89.0	54.3	26.8

CARACTERÍSTICAS DE LA BATERÍA



Anexo 5: Datos técnicos del cable INDECO NHX-90 450/750 V

FREETOX NHX-90 (LSOHX-90) 450/750 V; desde 16 mm²

Aplicación especial en aquellos ambientes poco ventilados y lugares de alta afluencia de público.

DESCRIPCIÓN

Aplicación:

Aplicación especial en aquellos ambientes poco ventilados en los cuales ante un incendio, las emisiones de gases tóxicos, corrosivos y la emisión de humos oscuros, pone en peligro la vida y destruye equipos eléctricos y electrónicos, como, por ejemplo, edificios residenciales, oficinas, plantas industriales, cines, teatros, discotecas, hospitales, aeropuertos, estaciones subterráneas, etc. En general en todas las instalaciones que requieran mayor capacidad de corriente al cable NH-80. No recomendado para instalaciones a la intemperie.

Construcción:

Conductor: Cobre blando, clase 2.

Aislamiento: Compuesto termoestable libre de halógenos.

Principales características:

No propaga el incendio, baja emisión de humos densos y libre de halógenos.

Sección:

Desde 16 mm² hasta 300 mm².

Marcación:

FREETOX NHX-90(LSOHX-90) 450/750 V Sección

Embalaje:

En carretes de madera no retornables.

Color:

Negro o Amarillo/Verde (Cond. tierra).

Normas nacionales

NTP-IEC 60228: Conductores para cables aislados.

NTP 370.252: Cables aislados con compuesto termoplástico y termoestable para tensiones hasta e inclusive 450/750 V.

UL 2556: Métodos de ensayo para alambre y cable.

Normas internacionales aplicables



NORMA

Internacional IEC 60227-2; IEC 60228; IEC 60332-1; IEC 60332-3-24 Cat.C; IEC 60684-2; IEC 60754-1; IEC 60754-2; IEC 60811-1-1; IEC 60811-1-2; IEC 60811-1-4; IEC 60811-3-1; IEC 61034

Nacional NTP 370.252; NTP-IEC 60228; UL 2556



Libre de halógenos
IEC 60754-1



Libre de plomo
Si



Tensión nominal de
servicio U_o/U
450 / 750 V



Toxicidad de los
gases
Baja Toxicidad IEC
60684-2



No propagación de
la llama
IEC 60332-1



No propagador del
incendio
IEC 60332-3 Cat.C



Densidad de los
humos
IEC 61034-2



Corrosividad de los
gases
Baja pH
Corrosividad IEC
60754-2

FREETOX NHX-90 (LSOHX-90) 450/750 V; desde 16 mm²

IEC 60228: Conductores para cables aislados.

IEC 60227-2: Cables aislados con cloruro de polivinilo de tensiones hasta e inclusive 450/750 V - Métodos de ensayo.

IEC 60332-1: Ensayo de propagación de llama vertical para un alambre o cable simple.

IEC 60332-3-24: Ensayo para llama vertical extendida de alambres agrupados o cables montados verticalmente - Categoría C.

IEC 60684-2: Tubos flexibles aislantes - Parte 2: Métodos de ensayo.

IEC 60754-1: Ensayo de los gases desprendidos durante la combustión de materiales procedentes de los cables - Parte 1: Determinación del contenido de gases halógenos ácidos.

IEC 60754-2: Ensayo de los gases desprendidos durante la combustión de materiales procedentes de los cables - Parte 2: Determinación de la acidez (por medida del pH) y la conductividad.

IEC 60811-1-1: Medición de espesores y dimensiones exteriores - Ensayos para la determinación de las propiedades mecánicas.

IEC 60811-1-2: Métodos de envejecimiento térmico.

IEC 60811-1-4: Ensayo a baja temperatura.

IEC 60811-3-1: Ensayo de presión a alta temperatura - Ensayo de resistencia al agrietamiento.

IEC 61034-2: Medida de la densidad de los humos emitidos por cables en combustión bajo condiciones definidas.

CARACTERÍSTICAS

Características de construcción	
Material del conductor	Cobre
Aislamiento	Material Termoestable Libre de Halógenos
Color	Negro
Libre de halógenos	IEC 60754-1
Libre de plomo	Si
Características eléctricas	
Tensión nominal de servicio U ₀ /U	450 / 750 V
Características de uso	
Toxicidad de los gases	Baja Toxicidad IEC 60684-2



Libre de halógenos
IEC 60754-1



Libre de plomo
Si



Tensión nominal de
servicio U₀/U
450 / 750 V



Toxicidad de los
gases
Baja Toxicidad IEC
60684-2



No propagación de
la llama
IEC 60332-1



No propagador del
incendio
IEC 60332-3 Cat.C



Densidad de los
humos
IEC 61034-2



Corrosividad de los
gases
Baja pH
Corrosividad IEC
60754-2

FREETOX NHX-90 (LSOHX-90) 450/750 V; desde 16 mm²

Características de uso

No propagación de la llama	IEC 60332-1
No propagador del incendio	IEC 60332-3 Cat.C
Densidad de los humos	IEC 61034-2
Corrosividad de los gases	Baja pH Corrosividad IEC 60754-2
Temperatura máxima operación	90 °C

DATOS DIMENSIONALES FREETOX NHX-90 (LSOHX-90)

Sección [mm ²]	Nº total alambres	Diam. Conductor [mm]	Min. espes. Aislam. [mm]	Diam. Nom. Exterior [mm]	Peso aprox. [kg/km]
16	7	4,67	1,1	7,0	174
25	7	5,88	1,1	8,2	265
35	7	6,85	1,1	9,2	350
50	19	8,15	1,4	11,1	489
70	19	9,78	1,4	12,7	689
95	19	11,55	1,4	14,4	942
120	37	13,0	1,7	16,6	1197
150	37	14,41	1,7	18,0	1456
185	37	16,16	1,7	19,7	1809
240	37	18,51	1,7	22,1	2352
300	37	20,73	2,0	24,9	2959

DATOS ELÉCTRICOS FREETOX NHX-90 (LSOHX-90)

Sección [mm ²]	Max. DC Resist. Cond. 20°C [Ohm/km]	Amperaje aire 30°C [A]	Amperaje ducto 30°C [A]
16	1,15	124	85
25	0,727	158	107
35	0,524	197	135
50	0,387	245	160
70	0,268	307	203
95	0,193	375	242
120	0,153	437	279
150	0,124	501	318
185	0,0991	586	361
240	0,0754	654	406
300	0,0601	767	462



Libre de halógenos
IEC 60754-1



Libre de plomo
Si



Tensión nominal de servicio Uo/U
450 / 750 V



Toxicidad de los gases
Baja Toxicidad IEC
60684-2



No propagación de la llama
IEC 60332-1



No propagador del incendio
IEC 60332-3 Cat.C



Densidad de los humos
IEC 61034-2



Corrosividad de los gases
Baja pH
Corrosividad IEC
60754-2

Anexo 6: Cálculo de caída de tensión

Localidad : 09 de septiembre - Mórrope

Subestación Sistema Fotovoltaico

Sistema 0.44/0.22 kV 1 ϕ 3-Salidas

Circuito

C-1 / C-2 / C-3

Servicio

Total

Particular

Carga unitaria (W): 231

M.D. - kW

39.564

39.564

Pérdidas - kW (%)

0.70534

0.705

Pérdidas kWh-año (%)

6178.78

6178.78

% Δ V max

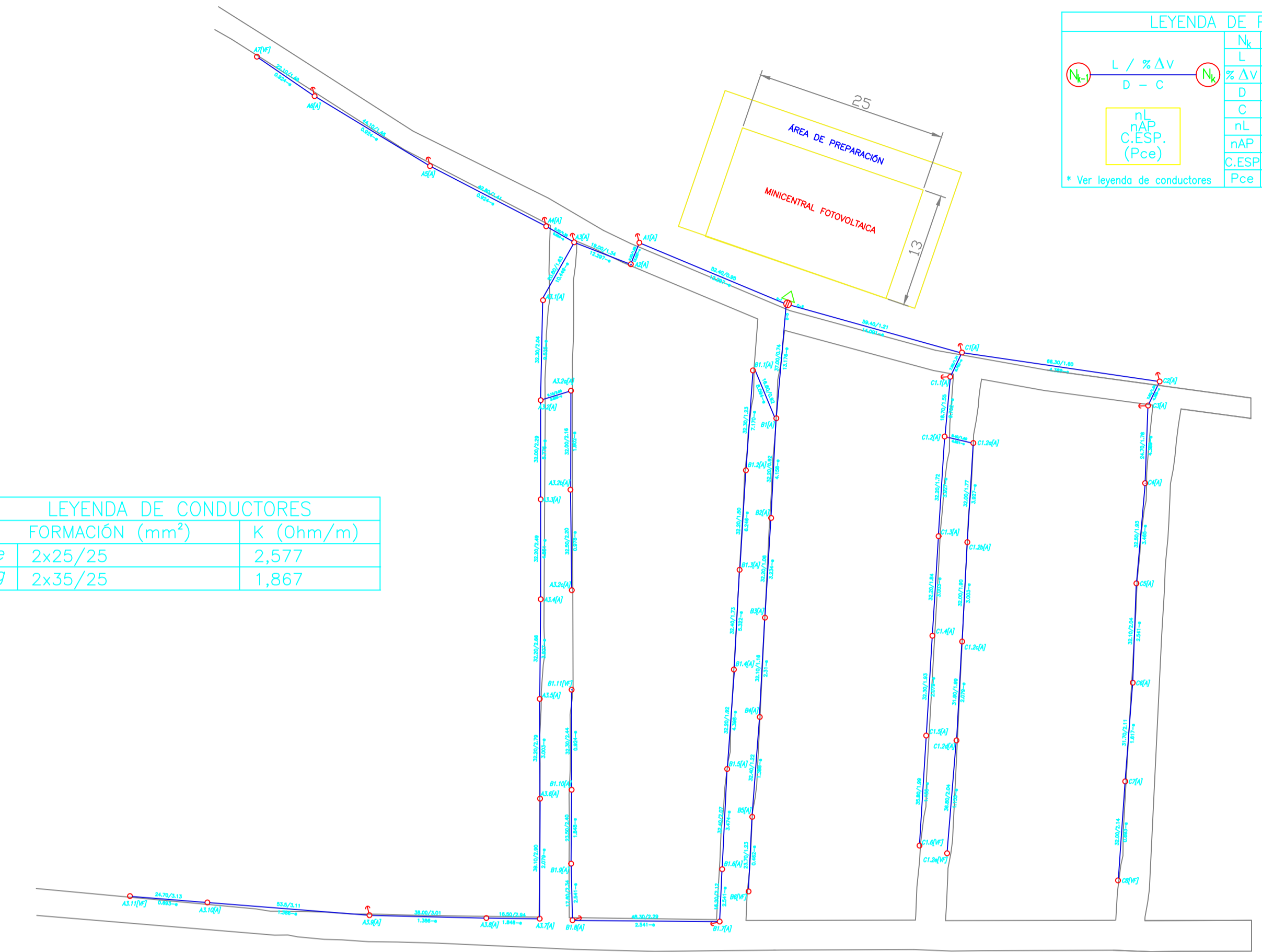
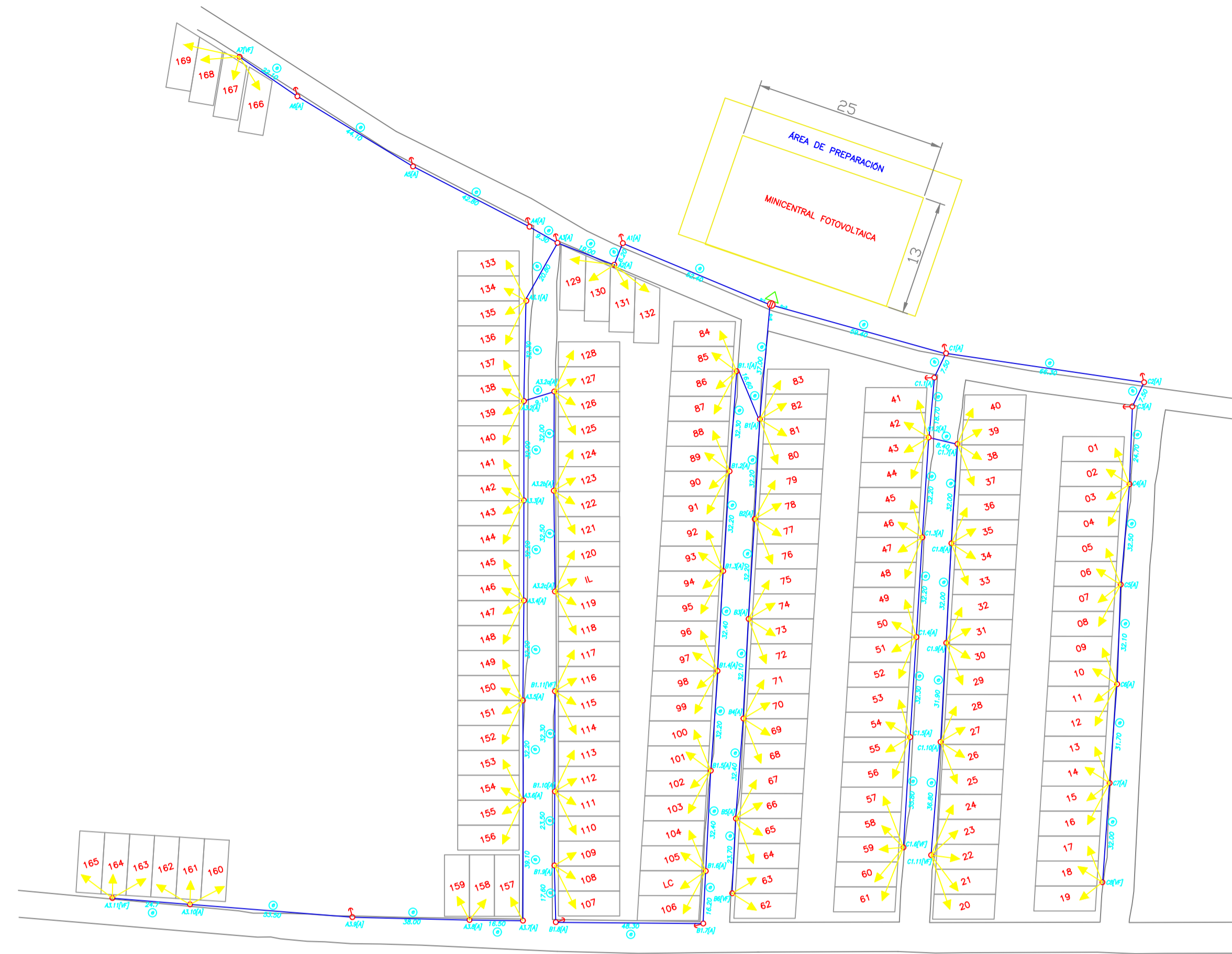
4.90%

3.13%

Servicio Particular													
Nodo	Long. (m)	N° de Lotes SP	Potencia (kW)		Formación del Conductor	K (Ohm/km)	Resist. (Ohm/km)	Corr. (A)	Caída de Tensión				Pérdidas (W)
			SP	Acum.					Fase- Fase(V)	Fase- Neutro(V)	Tensión Fase- Neutro(V) 220	% Δ V	
Datos Resumen	2.5	171	39.564	39.564	2x35+1x16/25	1.867	1.2	89.9	0.42	0.21	219.79	0.10%	705.34
Circuito C-1													
Salida	0	53	12.297	12.297	2x25+1x16/25	2.577	1.2	27.9	0	0	219.79	0.10%	264.43
A1	52.4	0	0.000	12.297	2x25+1x16/25	2.577	1.2	27.9	3.77	1.89	217.90	0.95%	105.47
A2	6.2	4	0.924	12.297	2x25+1x16/25	2.577	1.2	27.9	0.45	0.22	217.68	1.05%	12.48
A3	19	0	0.000	11.373	2x25+1x16/25	2.577	1.2	25.8	1.27	0.63	217.05	1.34%	32.71
A3.1	20.8	4	0.924	10.449	2x25+1x16/25	2.577	1.2	23.7	1.27	0.64	216.41	1.63%	30.23
A3.2	32.3	4	0.924	9.525	2x25+1x16/25	2.577	1.2	21.6	1.80	0.90	216.78	2.04%	39.01
A3.3	32	4	0.924	5.775	2x25+1x16/25	2.577	1.2	13.1	1.08	0.54	216.24	2.29%	14.21
A3.4	32.2	4	0.924	4.851	2x25+1x16/25	2.577	1.2	11.0	0.91	0.46	215.78	2.49%	10.09
A3.5	32.2	4	0.924	3.927	2x25+1x16/25	2.577	1.2	8.9	0.74	0.37	215.41	2.66%	6.61
A3.6	32.2	4	0.924	3.003	2x25+1x16/25	2.577	1.2	6.8	0.57	0.28	215.13	2.79%	3.87
A3.7	39.1	1	0.231	2.079	2x25+1x16/25	2.577	1.2	4.7	0.48	0.24	214.89	2.90%	2.25
A3.8	16.5	2	0.462	1.848	2x25+1x16/25	2.577	1.2	4.2	0.18	0.09	216.15	2.94%	0.75
A3.9	38	0	0.000	1.386	2x25+1x16/25	2.577	1.2	3.2	0.31	0.15	215.99	3.01%	0.97
A3.10	53.5	3	0.693	1.386	2x25+1x16/25	2.577	1.2	3.2	0.43	0.22	215.78	3.11%	1.37
A3.11	24.7	3	0.693	0.693	2x25+1x16/25	2.577	1.2	1.6	0.10	0.05	215.73	3.13%	0.16
A3.2a	9.1	4	0.924	2.826	2x25+1x16/25	2.577	1.2	6.4	0.15	0.08	216.70	2.08%	0.97
A3.2b	32	4	0.924	1.902	2x25+1x16/25	2.577	1.2	4.3	0.36	0.18	216.53	2.16%	1.54
A3.2c	32.5	4	0.978	0.978	2x25+1x16/25	2.577	1.2	2.2	0.19	0.09	216.43	2.20%	0.41
A4	9.3	0	0.000	0.924	2x25+1x16/25	2.577	1.2	2.1	0.05	0.03	217.02	1.35%	0.11
A5	42.8	0	0.000	0.924	2x25+1x16/25	2.577	1.2	2.1	0.23	0.12	216.29	1.41%	0.49
A6	44.1	0	0.000	0.924	2x25+1x16/25	2.577	1.2	2.1	0.24	0.12	216.66	1.46%	0.50
A7	22.1	4	0.924	0.924	2x25+1x16/25	2.577	1.2	2.1	0.12	0.06	216.18	1.49%	0.25

Servicio Particular													
Nodo	Long. (m)	N° de Lotes SP	Potencia (kW)		Formación del Conductor	K (Ohm/km)	Resist. (Ohm/km)	Corr. (A)	Caída de Tensión				Pérdidas (W)
			SP	Acum.					Fase- Fase(V)	Fase- Neutro(V)	Tensión Fase- Neutro(V)	%ΔV	
Circuito C-2													
Salida	0	57	13.176	13.176	2x25+1x16/25	2.577	1.2	29.9	0	0	219.79	0.10%	188.07
B1	37	4	0.924	13.176	2x25+1x16/25	2.577	1.2	29.9	2.86	1.43	218.36	0.74%	85.50
B1.1	16.6	4	0.924	8.094	2x25+1x16/25	2.577	1.2	18.4	0.79	0.39	217.97	0.92%	14.48
B1.2	32.3	4	0.924	7.170	2x25+1x16/25	2.577	1.2	16.3	1.36	0.68	217.29	1.23%	22.10
B1.3	32.2	4	0.924	6.246	2x25+1x16/25	2.577	1.2	14.2	1.18	0.59	216.70	1.50%	16.72
B1.4	32.4	4	0.924	5.322	2x25+1x16/25	2.577	1.2	12.1	1.01	0.50	216.20	1.73%	12.22
B1.5	32.2	4	0.924	4.398	2x25+1x16/25	2.577	1.2	10.0	0.83	0.41	215.78	1.92%	8.29
B1.6	32.4	4	0.933	3.474	2x25+1x16/25	2.577	1.2	7.9	0.66	0.33	215.45	2.07%	5.20
B1.7	16.2	0	0.000	2.541	2x25+1x16/25	2.577	1.2	5.8	0.24	0.12	215.33	2.12%	1.39
B1.8	48.3	0	0.000	2.541	2x25+1x16/25	2.577	1.2	5.8	0.72	0.36	214.97	2.29%	4.15
B1.9	17.6	3	0.693	2.541	2x25+1x16/25	2.577	1.2	5.8	0.26	0.13	214.84	2.34%	1.51
B1.10	23.5	4	0.924	1.848	2x25+1x16/25	2.577	1.2	4.2	0.25	0.13	214.71	2.40%	1.07
B1.11	32.3	4	0.924	0.924	2x25+1x16/25	2.577	1.2	2.1	0.17	0.09	214.63	2.44%	0.37
B2	32.2	4	0.924	4.158	2x25+1x16/25	2.577	1.2	9.5	0.78	0.39	217.97	0.92%	7.41
B3	32.2	4	0.924	3.234	2x25+1x16/25	2.577	1.2	7.4	0.61	0.30	217.67	1.06%	4.48
B4	32.1	4	0.924	2.310	2x25+1x16/25	2.577	1.2	5.3	0.43	0.22	217.45	1.16%	2.28
B5	32.4	4	0.924	1.386	2x25+1x16/25	2.577	1.2	3.2	0.26	0.13	217.32	1.22%	0.83
B6	23.7	2	0.462	0.462	2x25+1x16/25	2.577	1.2	1.1	0.06	0.03	217.28	1.23%	0.07
Circuito C-3													
Salida	0	61	14.091	14.091	2x25+1x16/25	2.577	1.2	32.0	0	0	219.79	0.10%	252.84
C1	59.4	0	0.000	14.091	2x25+1x16/25	2.577	1.2	32.0	4.90	2.45	217.34	1.21%	156.99
C1.1	7.5	0	0.000	9.702	2x25+1x16/25	2.577	1.2	22.1	0.43	0.21	217.13	1.31%	9.40
C1.2	18.7	4	0.924	9.702	2x25+1x16/25	2.577	1.2	22.1	1.06	0.53	216.59	1.55%	23.43
C1.2a	8.4	4	0.924	4.851	2x25+1x16/25	2.577	1.2	11.0	0.24	0.12	216.48	1.60%	2.63
C1.2b	32	4	0.924	3.927	2x25+1x16/25	2.577	1.2	8.9	0.74	0.37	216.11	1.77%	6.57
C1.2c	32	4	0.924	3.003	2x25+1x16/25	2.577	1.2	6.8	0.56	0.28	215.83	1.90%	3.84
C1.2d	31.9	4	0.924	2.079	2x25+1x16/25	2.577	1.2	4.7	0.39	0.19	215.63	1.99%	1.84
C1.2e	36.8	5	1.155	1.155	2x25+1x16/25	2.577	1.2	2.6	0.25	0.12	215.51	2.04%	0.65
C1.3	32.2	4	0.924	3.927	2x25+1x16/25	2.577	1.2	8.9	0.74	0.37	216.22	1.72%	6.61
C1.4	32.2	4	0.924	3.003	2x25+1x16/25	2.577	1.2	6.8	0.57	0.28	215.94	1.84%	3.87
C1.5	32.3	4	0.924	2.079	2x25+1x16/25	2.577	1.2	4.7	0.39	0.20	215.74	1.93%	1.86
C1.6	35.8	5	1.155	1.155	2x25+1x16/25	2.577	1.2	2.6	0.24	0.12	215.62	1.99%	0.64
C2	66.3	0	0.000	4.389	2x25+1x16/25	2.577	1.2	10.0	1.70	0.85	216.49	1.60%	17.00
C3	7.5	0	0.000	4.389	2x25+1x16/25	2.577	1.2	10.0	0.19	0.10	216.39	1.64%	1.92
C4	24.7	4	0.924	4.389	2x25+1x16/25	2.577	1.2	10.0	0.63	0.32	216.07	1.78%	6.33
C5	32.5	4	0.924	3.465	2x25+1x16/25	2.577	1.2	7.9	0.66	0.33	215.74	1.93%	5.19
C6	32.1	4	0.924	2.541	2x25+1x16/25	2.577	1.2	5.8	0.48	0.24	215.50	2.04%	2.76
C7	31.7	4	0.924	1.617	2x25+1x16/25	2.577	1.2	3.7	0.30	0.15	215.35	2.11%	1.10
C8	32	3	0.693	0.693	2x25+1x16/25	2.577	1.2	1.6	0.13	0.06	215.29	2.14%	0.20

Anexo 7: Plano de red eléctrica secundnaria y caída de tensión



LEYENDA DE POSTE	
N_k	Número de Poste
L	Longitud Tramo (m)
$\% \Delta V$	Porc. Caída Tensión
D	Demanda transport. (kW)
C	Código de Conductor
nL	Número de Lotes
nAP	Núm. de Pastorales
$C.ESP.$	Nombre Cargo Esp.
Pce	Demanda Cargo Esp.(kW)

* Ver leyenda de conductores

LEYENDA DE CONDUCTORES		
FORMACIÓN (mm ²)	K (Ohm/m)	
e 2x25/25	2,577	
g 2x35/25	1,867	

LEYENDA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Poste de CAC 13m existente
	Poste de CAC 8m/200 daN
	Poste de CAC 8m/300 daN
	Poste de CAC 9m/200 daN
	Poste de CAC 9m/300 daN
	Poste de CAC 11m/200 daN
	Poste de CAC 11m/300 daN
	Poste de CAC 8m reutilizado
	Subestación aérea Monoposte de CAC 13m/600 daN
	Retenida inclinada en poste de red secundaria
	Retenida vertical en poste de red secundaria
	Retenida inclinada Y en poste de RS
	Retenida vertical Y en poste de RS
	Puesta a tierra tipo PAT-1A
	Fin de circuito
	Pastoral AG PP/0.58/0.50/38.1/10° y Luminaria de 70W
	Pastoral AG PP/1.78/1.76/38.1/10° y Luminaria de 70W
	Pastoral AG PP/1.78/1.76/38.1/10° y Luminaria de 150W
A	Armado de alineamiento
F	Armado de fin de línea
CS	Armado de cambio de sección
VF	Armado de anclaje vano flojo
DVF	Armado de derivación vano flojo
FC	Armado de fin de circuito
	Cable autoportante de sección indicada en el cuadro de calibres

Resumen de cargas – SE EN N°01					
Circuito	Cant. de Lotes		Demandas – kW		
	Viviv.	C. Esp.	SP	AP	Total
C-1	53	0	12.297	0,00	12.297
C-2	57	0	13.176	0,00	13.176
C-3	61	0	14.091	0,00	14.091
Total	171	0	39.564	0,00	39.564

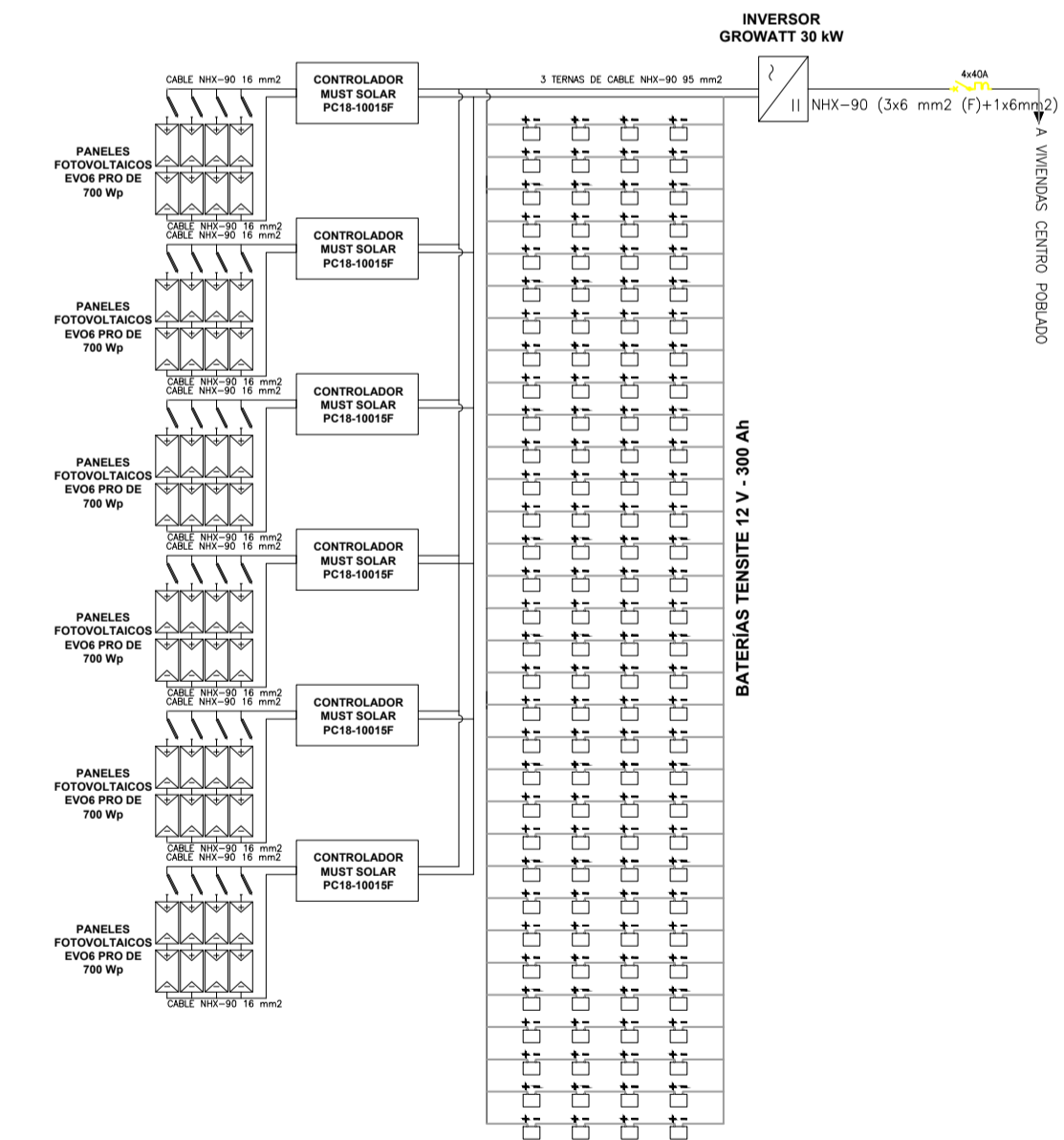
Cargas a alimentar				
Sectores	Calif-kW	Cant.	F.S.	Tot-kW
Doméstico	0.231	169		39.039
Local Comunal	0.240	1		0.240
Iglesia Local	0.285	1		0.285
Total			0.70	39.564
Sub-Total				27.6948
Pérdidas de Potencia				0.7053
Potencia Total				28.4001

Leyenda de Postes	
	$n[Arm]$
n	Numeración de Poste
Arm	Armado de RS

Leyenda de Tramo	
	D
D	Tipo de Conductor
D	Distancia (m)

Leyenda de Conductores	
e	2x25+16/25
g	2x35+16/25

- Notas:**
- 1.- S : Armados en postes con extensor tipo contrapunta
 - 2.- Calificación eléctrica: 0.231 kW/lote
 - 3.- Caída de tensión máxima: 5,00%
 - 4.- Tiro en vano normal: 18%TR
 - 5.- Tiro en vano flojo: 7%TR



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

DIMENSIONAMIENTO DE UNA MINICENTRAL FOTOVOLTAICA CON SEGUIMIENTO SOLAR PARA PROVEER DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN UN CENTRO POBLADO DE MÓRROPE

<p>USAT Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo</p>	RED ELÉCTRICA SECUNDARIA / CAÍDA DE TENSIÓN	Fecha: 2/11/23
	DIBUJADO POR: LUIS ENRIQUE GUZMÁN ZEÑA	Escala: Indicada
	APROBADO POR: ING. HUGO WALTER MUNDACA GUERRA	Formato: A1