



**UNIVERSIDAD NACIONAL
“PEDRO RUIZ GALLO”**



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

IV PROGRAMA DE TITULACIÓN PROFESIONAL EXTRAORDINARIA

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para Optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

“OPTIMIZACIÓN CON EL SOFTWARE HOMER DE UN SISTEMA ELÉCTRICO CON ENERGÍA RENOVABLE EN EL CENTRO POBLADO SANTA MERCEDES DE PILLINGUE EN EL DISTRITO DE Balsa PUERTO-LORETO”

Autor:

Bach. LUIS EDGARDO GARCÍA ALTAMIRANO

Asesor:

Msc. JUAN ANTONIO TUMIALAN HINOSTROZA

LAMBAYEQUE – PERÚ

Julio del 2019



**UNIVERSIDAD NACIONAL
“PEDRO RUIZ GALLO”**



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

IV PROGRAMA DE TITULACIÓN PROFESIONAL EXTRAORDINARIA

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para Optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

“OPTIMIZACIÓN CON EL SOFTWARE HOMER DE UN SISTEMA ELÉCTRICO CON ENERGÍA RENOVABLE EN EL CENTRO POBLADO SANTA MERCEDES DE PILLINGUE EN EL DISTRITO DE BALSA PUERTO-LORETO”

Autor:

Bach. LUIS EDGARDO GARCÍA ALTAMIRANO

Aprobado por el Jurado Examinador

PRESIDENTE: ING. CARLOS YUPANQUI RODRIGUEZ

SECRETARIO: ING. CARLOS JAVIER COTRINA SAAVEDRA

MIEMBRO: ING. TEOBALDO EDGAR JULCA OROZCO

ASESOR: MSc. JUAN ANTONIO TUMIALAN HINOSATROZA

Lambayeque – Perú

Julio del 2019



**UNIVERSIDAD NACIONAL
“PEDRO RUIZ GALLO”**



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

IV PROGRAMA DE TITULACIÓN PROFESIONAL EXTRAORDINARIA

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

TITULO

**“OPTIMIZACIÓN CON EL SOFTWARE HOMER DE UN SISTEMA ELÉCTRICO
CON ENERGÍA RENOVABLE EN EL CENTRO POBLADO SANTA MERCEDES
DE PILLINGUE EN EL DISTRITO DE Balsa PUERTO-LORETO”**

CONTENIDOS

CAPITULO I: PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO.

CAPITULO IV: PROPUESTA DE LA INVESTIGACIÓN

CAPITULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.

CAPITULO VI: CONCLUSIONES.

AUTOR: Bach. LUIS EDGARDO GARCÍA ALTAMIRANO

PRESIDENTE

SECRETARIO

MIEMBRO

ASESOR

Lambayeque – Perú

Julio del 2019

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación lo dedico a Dios, por ser el inspirador y darme fuerzas para continuar en este proceso de obtener uno de mis anhelos más deseados.

En especial quiero agradecer a mi padre Saul García Tello, que principalmente ha sido un pilar fundamental en mi formación como profesional, por brindarme la confianza, amor, consejos, oportunidad y recursos para lograrlo, por su trabajo y sacrificio en todos estos años.

A mi hermana María G. García Altamirano, gracias por ser siempre mi respaldo moral y por estar brindándome su amor y comprensión, gracias a ellos eh logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy.

A todas las personas que me han apoyado y han hecho que mi Tesis se realice con éxito y aquellos que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

Por último, quiero agradecer también a mis amigos legítimos, por haber compartido todos estos años juntos.

Bach: Luis Edgardo García Altamirano

AGRADECIMIENTO

Agradecer al todo poderoso nuestro señor Dios porque su amor y bondad no tiene fin, me permites alegrar mi alma con cada logro alcanzado que son los resultados de las pruebas que me pones de los cuales he aprendido de mis errores y me doy cuenta de lo que pones frente mío es para que mejore como ser humano y crezca de diversas maneras.

Este trabajo de suficiencia profesional ha sido una gran bendición en todo sentido, gracias por estar presente no tan solo en esta etapa de mi vida, si no en cada momento que eh necesitado de ti.

En cada momento vivido en estos años han sido momentos únicos el cual no tengo como agradecer a todos aquellos que han estado presente en mis peores y mejores momentos.

Agradecer a los docentes de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo en especial a mi asesor el MSc. Juan Antonio Tumialan Hinostroza por sus valiosos aportes para la culminación de este trabajo de suficiencia profesional.

Bach: Luis Edgardo García Altamirano

RESUMEN

El objetivo general de este trabajo de suficiencia fue Optimizar con el software HOMER un sistema con energía renovables en el centro poblado Santa Mercedes de Pillingue en el distrito de Balsa puerto en el departamento de Loreto. la investigación fue de tipo aplicada y la metodología fue no experimental pues se estudian las variables sin alterarlas, luego de procesar la información se obtuvo lo siguiente: la energía demandada por el centro poblado Santa Mercedes de Pillingue para 44 viviendas proyectas y 01 local comunal con un total de 24,560 kWh. La máxima demanda es de 4,56 kW (obtenido con HOMER). Se propuso el uso de las energías renovables solar y eólica teniendo como alternativas: sistemas eólico, sistema fotovoltaico y sistema híbrido eólico – fotovoltaico; luego de la optimización con el software HOMER se seleccionó la alternativa más conveniente que es la de sistema fotovoltaico el cual según los resultados de la optimización tendrá el siguiente equipamiento: 48 paneles fotovoltaicos de la marca Jinko de 275 Wp, 16 baterías de la marca Trojan de 205 A.h ,01 inversor de 6 kW,04 controladores 150/70 de la marca Victron Energy. Con respecto de la red secundaria el conductor eléctrico a utilizar que cumple con el requerimiento eléctrico y mecánico es 1x16/25, 2x16/25. La alternativa seleccionada (fotovoltaica) tiene un costo referencial de S/. 255 017,12

Palabras claves: paneles fotovoltaicos, inversores, HOMER, aerogenerador.

ABSTRACT

The general objective of this sufficiency work was to optimize with the HOMER software a renewable energy system in the Santa Mercedes de Pillingue town center in the district of Balsa Puerto in the department of Loreto. the research was of the applied type and the methodology was not experimental because the variables are studied without altering them, after processing the information the following was obtained: the energy demanded by the Santa Mercedes de Pillingue town center for 44 projected houses and 01 communal premises with a total of 24,560 kWh. The maximum demand is 4,56 kW (obtained with HOMER). The use of solar and wind renewable energies was proposed having as alternatives: wind systems, photovoltaic system and hybrid wind-photovoltaic system; After the optimization with the HOMER software, the most convenient alternative was chosen, which is the photovoltaic system, which according to the results of the optimization will have the following equipment: 48 photovoltaic panels of the Jinko brand of 275 Wp, 16 batteries of the Trojan brand of 205 Ah, 01 inverter of 6 kW, 04 controllers 150/70 of Victron Energy brand. With respect to the secondary network, the electrical conductor to be used that meets the electrical and mechanical requirement is 1x16 / 25, 2x16 / 25. The selected alternative (photovoltaic) has a referential cost of S /. 255 017,12

Keywords: photovoltaic panels, inverters, HOMER, wind turbine.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
RESUMEN	VI
ABSTRACT	VII
ÍNDICE	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.1. Realidad Problemática	2
1.2. Formulación del Problema	5
1.3. Delimitación de la Investigación	5
1.3.1. Delimitación espacial	5
1.3.2. Delimitación temporal	8
1.4. Justificación e Importancia de la Investigación	8
1.5. Limitaciones de la Investigación.....	9
1.6. Objetivos	9
1.6.1. Objetivo General	9
1.6.2. Objetivo Específicos	9
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	10
2.1. Antecedentes de Estudios	10
2.2. Desarrollo de la temática correspondiente al tema desarrollado	16
2.2.1. Energías renovables	16
2.2.2. Radiación solar	18
2.2.3. Energía solar en el mundo.....	20
2.2.4. Radiación solar en Latinoamérica.....	21
2.2.5. Energía Solar en el Perú.....	22
2.2.6. Horas del sol pico (HSP).....	24
2.2.7. Principio fotoeléctrico.....	25
2.2.8. Sistema fotovoltaico	27
2.2.9. Componentes del sistema fotovoltaico	30

2.2.10. Panel fotovoltaico.....	31
2.2.11. Regulador o unidad de control de carga	35
2.2.12. Inversores	39
2.2.13. Banco de baterías.....	41
2.2.14. Software HOMER	47
2.3. Definición conceptual de la terminología empleada.....	49
CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO.....	55
3.1. Tipo y diseño de investigación	55
3.2. Población y muestra.....	55
3.3. Hipótesis	56
3.4. Variables - Operacionalización.....	56
3.5. Métodos y Técnicas de investigación	58
3.6. Descripción de los instrumentos utilizados	59
3.7. Análisis Estadístico e interpretación de los datos	59
CAPITULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN	60
4.1. Propuesta de la investigación	60
CAPITULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS... 63	
5.1. Cálculo de la energía promedio diaria proyectada y máxima demanda en el centro Santa Mercedes de Pillingue.....	63
5.2. Equipamiento del sistema	66
5.2.1. Optimización HOMER	70
5.3. Red de distribución eléctrica	83
5.3.1. Cálculos eléctricos	83
5.3.2. Cálculos mecánicos de conductores autoportantes	84
5.4. Metrado y presupuesto	87
5.4.1. Metrado y presupuesto del sistema fotovoltaico	87
5.4.2. Presupuesto Total.....	90
CAPITULO VI: CONCLUSIONES	91
6.1. Conclusiones.....	91
BIBLIOGRAFÍA	92
ANEXOS	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Diferencias entre los paneles según la tecnología de fabricación	34
Tabla N° 2: Posibles clasificaciones de los tipos de reguladores, según diversos conceptos.....	37
Tabla N° 3: Operacionalización de variables.....	57
Tabla N° 4: Técnicas e instrumentos.....	59
Tabla N° 5: Población en el departamento de Loreto.....	63
Tabla N° 6: Energía promedia diaria para el centro poblado Santa Mercedes de Pillingue.....	65
Tabla N° 7: Ubicación del centro poblado Santa Mercedes de Pillingue.....	70
Tabla N° 8: Análisis de optimización con HOMER	75
Tabla N° 9: Combinaciones optimas en orden de acuerdo al NPC	76
Tabla N° 10: Contribución de energía eléctrica a la carga con un sistema hibrido	78
Tabla N° 11: Caída de tensión por cada tramo de la instalación fotovoltaica	81
Tabla N° 12: Conductores eléctricos NYN.....	82
Tabla N° 13: Calculo del conductor eléctrico en cada tramo	82
Tabla N° 14: Capacidad de corriente de los conductores eléctricos seleccionados.....	83
Tabla N° 15: Hipótesis para la ecuación de cambio de estado	84
Tabla N° 16: Cálculos mecánicos del conductor	85
Tabla N° 17: Parámetros eléctricos de cables autoportantes.....	86
Tabla N° 18: valor referencial para el suministro de materiales para el sistema fotovoltaico	87
Tabla N° 19: Costo directo del sistema fotovoltaico	87
Tabla N° 20: Presupuesto para el suministro de materiales de la red secundaria.....	88
Tabla N° 21: Presupuesto para el montaje de materiales Red secundaria	89
Tabla N° 22: Presupuesto total.....	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Ubicación del centro poblado Santa Mercedes de Pillingue.....	7
Figura N° 2: Componentes de la radiación solar	19
Figura N° 3: Mapa de irradiación horizontal en Latinoamérica y el caribe...	21
Figura N° 4: Mapa solar del Perú	23
Figura N° 5: Horas Pico Solar	24
Figura N° 6: Gama de energía radiante	27
Figura N° 7: Sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica	29
Figura N° 8: sistema fotovoltaico aislado	30
Figura N° 9: Sección de una célula fotovoltaica	31
Figura N° 10: Partes de un panel fotovoltaico	32
Figura N° 11: Conexiones del regulador en una instalación fotovoltaica.....	35
Figura N° 12: Esquema de conexión del regulador en la instalación	38
Figura N° 13: Curva típica de eficiencia del inversor.....	40
Figura N° 14: Baterías de uso fotovoltaico	43
Figura N° 15: Flujograma para el desarrollo de la propuesta	62
Figura N° 16: Paneles fotovoltaicas Jinko de 275 Wp (ANEXO 03).....	66
Figura N° 17: batería 12 V, 205 Ah Trojan (ANEXO 02)	67
Figura N° 18: Controlador 150/70 VICTRON ENERGY (ANEXO 06).....	67
Figura N° 19: Inversor STUDER (ANEXO 04).....	68
Figura N° 20: Curva de potencia del aerogenerador ENAIR	69
Figura N° 21: Ingreso de datos de ubicación en HOMER	70
Figura N° 22: Importación de datos del recurso solar	71
Figura N° 23: importación de datos del recurso eólico	72
Figura N° 24: pestaña de introducción de la carga en HOMER	73
Figura N° 25: Ingreso de equipamiento en HOMER.....	74
Figura N° 26: Resultados de la segunda opción: sistema hibrido	77

INTRODUCCIÓN

La presente tesis tiene como finalidad dimensionar un sistema con energías renovables en el centro poblado Santa Mercedes de Pillingue en el distrito de Balsa puerto en el departamento de Loreto. En la primera parte de la presente trabajo de suficiencia profesional se hace una descripción de la realidad problemática en el caserío Lanchemonchos y los objetivos así como la delimitación y limitaciones del trabajo de investigación, objetivos específicos con la finalidad de lograr el objetivo general. En el capítulo II se describe en forma general sobre los temas la energía eólica y solar y su aprovechamiento para la generación de energía eléctrica así como los antecedentes que son los estudios anteriores a fines con el tema de investigación.

En el Capítulo III, el marco metodológico; se describe el tipo y diseño de la investigación, así como las variables, se identifica la población y la forma de cómo se va a extraer los y manipularlos hasta obtener los resultados. En el capítulo IV se describe la propuesta que va dar una solución a la falta de suministro de energía eléctrica en el centro poblado Santa Mercedes de Pillingue.

En el Capítulo V se calcula la demanda de energía, se plantea la selección de equipos que conforman el sistema optimizado con el software HOMER con energías solar y eólica verificando que la salida de energía de este sistema satisfaga la demanda de energía establecida. Por último, se describe las conclusiones a las que se llegó que guardan relación directa con los objetivos específicos planteados.

CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Realidad Problemática

Realidad problemática Internacional¹

La Agencia Internacional de las Energías Renovables (IRENA) es la organización internacional que promueve el desarrollo y la **implantación de las energías renovables en todo el mundo**. Creada en 2009 por Alemania, Dinamarca y España bajo la vicepresidencia de nuestra actual ministra para la transición ecológica, Teresa Ribera, esta prestigiosa organización tiene su sede en Abu Dabi (Emiratos Árabes Unidos) y entre sus principales misiones está la de alentar a los gobiernos a que pongan en marcha políticas de apoyo a las energías limpias y facilitar las inversiones que aceleren su despliegue. En ese sentido (@IRENA) funciona como el gran observador internacional de las **energías renovables** en el mundo. Para ampliar esa perspectiva internacional, ése cómo estamos y hacia dónde vamos, y conocer mejor hasta qué punto las energías limpias están cambiando el mundo, sus responsables impulsaron el pasado año la creación de la Comisión Global sobre la Geopolítica de la Transformación de la Energía. Formada por un grupo de líderes mundiales en energía, economía, seguridad, comercio, medio ambiente y desarrollo, tan diverso como independiente de la política, esta comisión de expertos acaba de presentar su primer informe bajo un título que no puede ser más explícito: "Un nuevo mundo".

¹ <https://es.weforum.org/agenda/2019/01/las-energias-renovables-van-a-cambiar-el-mundo/>

Lo primero que destaca es que los constantes avances tecnológicos y la progresiva reducción de costes están **provocando que las renovables crezcan a un ritmo inimaginable hace apenas medio siglo**. Incluso sin tener en cuenta su beneficio para el medio ambiente y su contribución a la **lucha contra el cambio climático**, la mayoría de las tecnologías renovables ya son mucho más competitivas que las que dependen de los combustibles fósiles, por lo que son los propios mercados los que están empezando a dejar de lado el carbón, el petróleo y el gas.

La influencia de algunos Estados, como China, crecerá rápidamente porque han invertido mucho en **tecnologías renovables** y están desarrollando una gran capacidad de autoabastecimiento. Por el contrario, los estados que siguen dependiendo de las exportaciones de combustibles fósiles y se están quedando al margen de esta transición energética perderán influencia y deberán afrontar escenarios de inestabilidad.

Realidad problemática Nacional²

El 23 de noviembre del año 2018, por Resolución Ministerial del MINEM, se creó una Comisión Sectorial con el objetivo de formular propuestas para garantizar el desarrollo energético integral y sostenible de la Región Loreto. Asimismo, en el Segundo Simposio de Energías Renovables, organizado por la Universidad de Piura, en diciembre del año pasado, el Presidente del COES indicó la necesidad de profundizar y analizar la información existente sobre proyectos de integración de **instalaciones renovables** con almacenamiento energético en el SEIN. La presente propuesta responde al

² <http://albertorios.eu/?p=2943>

desafío planteado por el presidente del COES y proporciona información de interés para la Comisión Sectorial de Desarrollo Energético Integral y Sostenible de la Región Loreto en relación al diseño e implementación de un sistema renovable de generación eléctrica con almacenamiento energético en baterías en la ciudad de Iquitos. En un anterior artículo se describió la propuesta del diseño e implementación en Iquitos de un sistema de aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos y de sistema de generación solar fotovoltaico con almacenamiento de energía. El sistema de aprovechamiento de residuos sólidos urbanos, con 15 MW de potencia instalada, suministraría energía en base, mientras que la central solar fotovoltaica, con una potencia instalada de 180 MW y un sistema almacenamiento de energía de 90 MW-4 horas, se encargaría del seguimiento horario de la demanda eléctrica a lo largo del día. El sistema anteriormente indicado se podría combinar con la integración masificada de pequeños sistemas fotovoltaicos en edificios públicos, residenciales, comerciales e industriales de la ciudad de Iquitos, permitiendo reducir la potencia instalada de una gran instalación fotovoltaica centralizada. Sin embargo, la mencionada propuesta de integración solar fotovoltaica distribuida será desarrollada en otro artículo³.

Realidad problemática local

En el centro poblado Santa Mercedes de Pillingue ubicado en el distrito de Balsa Puerto en el departamento de Loreto no hay suministro de energía eléctrica convencional, los pobladores recorren largas distancias para cargar sus celulares y cargar baterías, ellos representa un atraso en el desarrollo social y económico.

³ <http://albertorios.eu/?p=2943>

1.2. Formulación del Problema

¿Con el dimensionamiento de un sistema eléctrico con energías convencionales lograremos suministrar de energía eléctrica al centro poblado Santa Mercedes de Pillingue ubicado en el departamento de Loreto?

1.3. Delimitación de la Investigación

1.3.1. Delimitación espacial

El centro poblado Santa Mercedes de Pillingue ubicado en el distrito de Balsa Puerto perteneciente al departamento de Loreto.

El **distrito peruano de Balsapuerto**⁴ es uno de los 6 distritos de la Provincia de Alto Amazonas, ubicada en el Departamento de Loreto, perteneciente a la Región Loreto, Perú.

Limita con el distrito de Cahuapanas en la provincia de Datem del Marañón, los distritos de Jeberos y de Yurimaguas y las provincias de Moyobamba y Lamas en el departamento de San Martín:

Por el norte limita con el distrito de Jeberos.

El limite se inicia en un punto de cota 214 de coordenada UTM 318,1 km E y 9 397,6 km N, continúa en dirección Este por la divisoria de aguas del río Paranapura (tributario: quebrada Panan) y el río Aypena, hasta un punto de coordenada UTM 356,4 km E y 9 386,5 km N.

⁴ https://es.wikipedia.org/wiki/Distrito_de_Balsapuerto

Por el este limita con el distrito de Yurimaquas.

Del último punto mencionado, el límite continúa en dirección Sur por la divisoria de aguas del río Huallaga (tributario: río Zapote) y el río Parapapura, hasta punto en el thalweg del río Parapapura de coordenada UTM 354,9 km E y 9 353,2 km N. El límite prosigue en dirección Sur Oeste, por la divisoria del río Armanayacu y la quebrada Yanayacu, hasta un punto de cota 1282 de coordenadas UTM 330,3 km E y 9 334,8 km N.

Por el sur y por el oeste limita con las provincias de Moyobamba y Lamas, departamento de San Martín.

Del último punto mencionado, el límite continúa en dirección Nor Oeste

para la divisoria de aguas del río Parapapura (tributarios: río Armanayacu, río Cachiyacu, quebrada Buen Paso, quebrada Pumayacu, quebrada Mashoyacu, quebrada Cachiyacu Blanco, quebrada Escalerayacu, quebrada Cachiyacu Negro y el río Yanayacu) y el río Mayo (tributario: quebrada Yanayacu), hasta un punto de cota 1626 de coordenada UTM 290,2 km E y 9 336,5 km N.

Por el oeste limita con el distrito de Cahuapanas.

Del último punto mencionado, el límite continúa en dirección Norte por la divisoria de aguas del río Parapapura (tributarios: río Yanayacu y quebrada Paucaryacu) y el río Cahuapanas (tributario: quebrada Sillay), hasta un punto de cota 214 de coordenada UTM 318,1 km E y 9 397,6 km N, punto de inicio de la presente descripción.

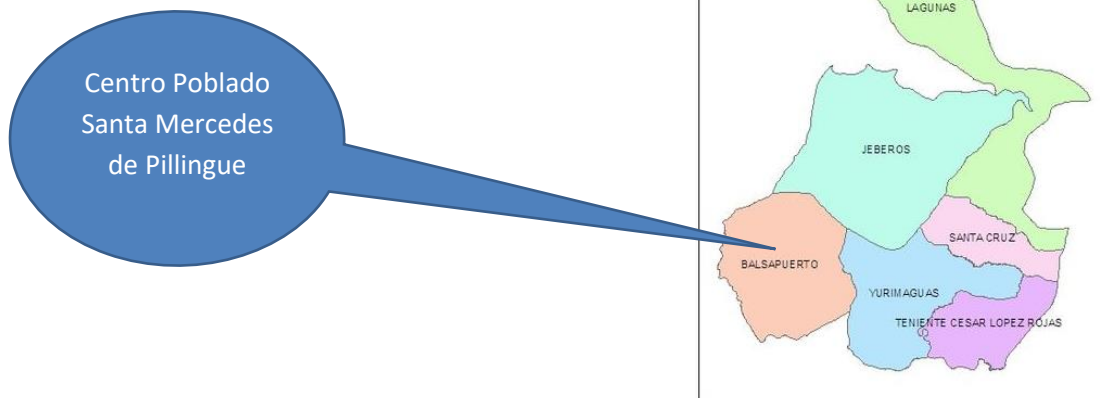
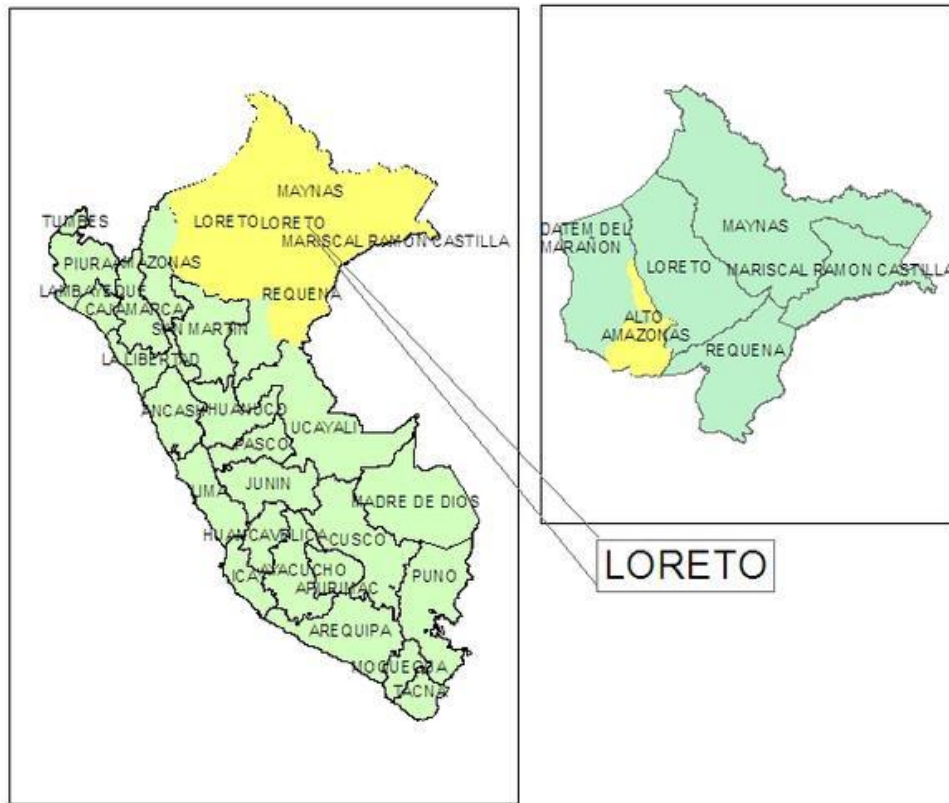


Figura N° 1: Ubicación del centro poblado Santa Mercedes de Pillingue⁵

⁵ <https://docplayer.es/82385818-Municipalidad-provincial-de-alto-amazonas-plan-vial-provincial-participativo-pvpp.html>

1.3.2. Delimitación temporal

El presente trabajo de suficiencia profesional tuvo una duración de 05 meses.

1.4. Justificación e Importancia de la Investigación

El desarrollo e implementación de este trabajo de suficiencia profesional resulta de mucha importancia pues la falta de energía eléctrica evita que un caserío se desarrolle y mejorar la calidad de vida de sus habitantes sea extrema.

Justificación Ambiental

Con la implementación de esta tesis se generará energía limpia debido a la utilización de las energías renovables contribuirán a la reducción de CO₂ que se genera debido al utilizar la energía convencional.

Justificación Social

Con el desarrollo y la posterior ejecución de este examen de suficiencia profesional se logrará mejorar la calidad de vida de los habitantes por medio de la generación de energía eléctrica.

Justificación Científica.

Promover el uso de las energías renovables. En caso específico de la energía solar como fuente para ser transformada en energía eléctrica a través de la tecnología fotovoltaica.

1.5. Limitaciones de la Investigación

La presente investigación queda limitado en cuanto a las energías renovables la energía eólica y solar, con la ayuda de software HOMER determinaremos la alternativa optima entre las opciones de : sistema eólico, sistema fotovoltaico o sistema híbrido eólico-fotovoltaico y seleccionaremos la que resulte ser óptimo para aplicar al centro poblado. Con respecto a los datos de velocidad del viento e irradiación solar se han obtenido de SENAMHI y de la NASA.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo General

Optimizar con el software HOMER un sistema con energía renovables en el centro poblado Santa Mercedes de Pillingue en el distrito de Balsa puerto en el departamento de Loreto.

1.6.2. Objetivo Específicos

- a) Calcular la demanda de energía eléctrica promedio diario proyectada y la máxima demanda en el centro poblado Santa Mercedes de Pillingue.
- b) Dimensionar y seleccionar con el software HOMER el equipamiento del sistema optimo entre las alternativas eólico, fotovoltaico o híbrido.
- c) Dimensionar el sistema de distribución secundaria.
- d) Presupuestar del sistema propuesto.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de Estudios

Cito a los siguientes autores en cada uno de los contextos siguientes:

Contexto Internacional

Rivas Celi (2015) en su tesis titulado **“ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA PARA EL SECTOR RESIDENCIAL DE LA CIUDAD DE LOJA.”** Nos expresa que la investigación trata de la factibilidad del uso de paneles fotovoltaicos en el sector residencial de la ciudad de Loja, como alternativa energética limpia, debido al potencial solar y ubicación geográfica de la misma. (Rivas Celi, 2015)

Se procedió a establecer la demanda energética de una casa tipo con los aparatos eléctricos de mayor necesidad logrando estimar la potencia eléctrica a solventar por el sistema fotovoltaico. El sistema es versátil para el usuario en caso de no querer depender del sistema eléctrico que proviene de la Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A (EERSSA); este puede depender de la energía que proviene del sistema fotovoltaico o viceversa. Subsecuentemente se obtuvo la radiación solar de nuestra ciudad a través de la estación meteorológica “La Argelia”; misma que viene monitoreando desde el mes de Marzo del 2013 hasta la actualidad. (Rivas Celi, 2015)

Después se eligió el método denominado “Mes peor” por ser el más utilizado para dimensionar este tipo de sistemas, además de todos los equipos con los que funcionará el sistema fotovoltaico que están acordes

al potencial eléctrico establecido para la casa tipo, así como los ángulos a los que se fijarán los paneles y el cableado. Por último, se hizo el análisis técnico económico de todos los equipos y materiales a utilizarse para determinar la factibilidad de dicho sistema. (Rivas Celi, 2015)

En sus recomendaciones el autor expresa lo siguiente: Se recomienda la utilización de **HOMER** en los estudios de sistemas fotovoltaicos, ya que es una herramienta muy útil a la hora de tomar decisiones por la fiabilidad que ofrece el mismo con respecto a los métodos teóricos.

Tercero Ubau (2015) en su trabajo de tesis de "Diseño de una minicentral solar fotovoltaica autónoma con una capacidad de 2,7 kWp para electrificar la comunidad de La Fortuna-MiraFlor Moropotente, Estelí". Este proyecto está dividido en dos fases: La primera fase es el diseño y/o dimensionado del sistema solar fotovoltaico, llevada a cabo en Alemania, en FH Bielefeld, Universidad de Ciencias Aplicadas y la segunda fase es el diseño de la Red de Distribución de la energía producida. como objetivo principal con dichas fases culminada es ejecutar este pequeño proyecto, que está dirigido a beneficiar a la comunidad de La Fortuna, proporcionando energía eléctrica con fuentes de energía renovable y así evitar daños al lugar que pertenece a un área protegida, con esto se espera mejorar la calidad de vida de las personas, proporcionándoles el servicio de energía eléctrica, con la energía que nos proporciona el sol, transformándola en energía eléctrica a través de módulos fotovoltaicos, la cual está diseñada para generar 2,7 kWp a 11 viviendas y una iglesia a las que se les distribuirá la energía en la

comunidad La Fortuna, que con el tiempo cuya capacidad puede aumentar en base a la cantidad demandada de energía⁶.

Según Ortiz (2015) en su tesis titulado **DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO** en su

resumen se expone lo siguiente: El proyecto consiste en el diseño y simulación de un sistema fotovoltaico para el futuro edificio de la Federación Colombiana de Fútbol, con el fin de generar energía eléctrica que contribuya a minimizar el consumo que el edificio hace de la red convencional al suministrar energía fotovoltaica. La técnica que se implementará será basada en la energía solar, dando espacio al ámbito cultural y social que ocasiona las energías renovables, así mismo, se requiere minimizar el consumo energético generado en la red eléctrica. La instalación consta de un arreglo de paneles solares, cuya generación de energía se adecúe a un porcentaje de la carga diaria que consume el edificio. (Baron Ortiz, 2015) Dado que se trata de un edificio nuevo, se realiza un cálculo en las cargas ideales de los elementos que se pretenden conectar a esta red, permitiendo estimar el valor de potencia que se debe generar para alimentar y hacer que funcionen los equipos conectados a la red. Estos paneles van conectados a la red eléctrica

⁶ Tercero Ubau, Juana Karelia. «Diseño de una minicentral solar fotovoltaica autónoma con una capacidad de 2,7 kWp para electrificar la comunidad de La Fortuna-MiraFlor Moropotente, Estelí.» Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Estelí-Nicaragua, 2015.

convencional, realizando un reemplazo en el día de la producción de energía que consume el edificio a la red convencional, así beneficia al consumidor, puesto que disminuiría el costo de la factura de consumo eléctrico. Con el **software Homer pro** y una simulación en Matlab se podrá visualizar el comportamiento de la instalación, es decir la producción de energía que se genera diariamente, por tanto se podrá ilustrar a qué hora del día se realiza la mayor captación de energía, así mismo los beneficios que conlleva el hecho de tener una instalación fotovoltaica, que contribuyen a la disminución del que se genera durante el día. (Baron Ortiz, 2015)

Según Joachin Barrios (2008) en su trabajo de tesis de "Diseño de un sistema solar fotovoltaico aislado, para el suministro de energía a la comunidad rural de Buena Vista, San Marcos". Se plantea la energía solar fotovoltaica para generación eléctrica se está aplicando en áreas rurales, ya que su uso es relativamente reciente en Guatemala; en el presente proyecto se diseñaron dos tipos de instalaciones o sistemas de energía solar fotovoltaica para suministrarle energía eléctrica a una comunidad en el área rural del municipio de Esquipulas Palo Gordo, perteneciente al departamento de San Marcos, llamada Buena Vista.

Con esto se logra impulsar el uso de fuentes renovables de energía y se soluciona el problema del suministro de energía eléctrica. A través de un análisis sobre la disponibilidad de los recursos naturales en la zona (San Marcos) se realizó el diseño de un sistema solar fotovoltaico; previamente

se efectuó la comparación y análisis de las ventajas y desventajas de un sistema fotovoltaico y un sistema eólico, para esta aplicación, sistema aislado individual en una comunidad rural.

Contexto Nacional

Viscon T. (2006) en su trabajo "SISTEMA HÍBRIDO PROPUESTO PARA LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD EN EL POLICLÍNICO DE PERICO" en el resumen explica que se realizó una propuesta de sistema híbrido, fotovoltaico-Diesel, para la generación de energía eléctrica. Para ello se hizo una minuciosa búsqueda bibliográfica donde se analizó la situación actual de la utilización de las energías renovables en el mundo y en Cuba, así como los softwares más utilizados actualmente en el tratamiento de estos sistemas. Posteriormente se ejecutó la simulación y optimización de un sistema híbrido mediante la aplicación del software **HOMER**, para determinar la mejor variante de suministro de electricidad a un policlínico. (Vizcon Toledo, 2006)

Según **Delfor Flavio Muños Anticona**⁷ en su trabajo de tesis de "Aplicación de la energía solar para electrificación rural en zonas marginales del país". En esta tesis se plantea el uso de la energía solar, como alternativa de solución inmediata a los problemas de electrificación rural en zonas aisladas y de frontera, con población dispersa y baja demanda de energía y que no cuentan con la posibilidad de acceder a los sistemas de electrificación convencionales. La aplicación de esta alternativa se basa en criterios principales tales como el de priorización,

⁷ (Muñoz Anticona, 2005)

análisis de sostenibilidad y un escenario probable con el cual se desea cumplir las metas propuestas en el Plan Nacional de Electrificación Rural.

Según Alva Silva (2016) en su tesis titulado “ Estudio de factibilidad de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica en el caserío de Vigaspampa, Celendín, Cajamarca, 2016” En este trabajo de tesis que fue elaborado en la ciudad de Cajamarca, durante los meses de abril hasta noviembre del año 2016, que tiene como principal objetivo realizar un estudio de factibilidad técnico económico de un sistema fotovoltaico para suministrar energía eléctrica en el caserío de Vigaspampa, Celendín, Cajamarca. En este trabajo se demuestra a través de las observaciones directas y encuestas que se utilizó, la necesidad de los habitantes de la comunidad que tienen por la falta de la energía eléctrica, que le sería de mucha utilidad para ayudar al desarrollo y mejorar la calidad de vida, que por la geografía que presenta su localidad, por la dispersión de sus casas entre sí y por el nivel de pobreza no es factible la inversión de las empresas proveedoras de electricidad, frente a eso con este trabajo se pretende dar una alternativa de solución para suministrar electricidad a través de un sistema fotovoltaico autónomo. El desarrollo se realizó con una investigación aplicada no experimental, la población es de 60 viviendas que en este caso fue igual a la muestra. Durante el desarrollo vimos el potencial energético que hay en la zona de estudio que es un elemento indispensable para realizar un sistema solar fotovoltaico, esto ayuda para el proyecto sea factible técnicamente ya que los elementos fotovoltaicos lo tenemos disponibles en el mercado local (Alva Silva, 2016).

2.2. Desarrollo de la temática correspondiente al tema desarrollado

2.2.1. Energías renovables⁸

Se denomina Energía Renovable a la energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen o por ser capaces de regenerarse por medios naturales.

En consideración su grado de desarrollo tecnológico y a su nivel de penetración en la matriz energética de los países, las Energías Renovables se clasifican en Energías Renovables Convencionales y Energías Renovables No Convencionales. Dentro de las primeras se considera a las grandes centrales hidroeléctricas; mientras que dentro de las segundas se ubica a las generadoras eólicas, solares fotovoltaicos, solares térmicas, geotérmicas, mareomotrices, de biomasa y las pequeñas hidroeléctricas.

El aprovechamiento de las fuentes de energía renovable por el hombre es muy antiguo. Desde muchos siglos antes de nuestra era, energías renovables como la solar, eólica e hidráulica eran aprovechadas por el hombre en sus actividades domésticas, agrícolas, artesanales y comerciales. Esta situación prevaleció hasta la llegada de la Primera Revolución Industrial del Siglo XVIII, cuando las energías renovables debieron ceder su lugar a los recursos fósiles como el petróleo y el carbón que en ese momento se ofrecían como fuentes energéticas abundantes y baratas. La revolución industrial desencadenó también los cambios sociales y económicos que dieron lugar al posterior desarrollo la gran industria

⁸ <http://www.osinergmin.gob.pe/empresas/energias-renovables/introduccion-energias-renovables/que-son-las-energias-renovables>

hidroeléctrica considerada hoy como fuente energética renovable convencional.

Respecto al ámbito nacional debe destacarse que el Perú ha sido tradicionalmente un país cuya generación eléctrica se ha sustentado en fuentes renovables. Esto significa que nuestro desarrollo energético contribuye desde tiempo atrás a la reducción del efecto invernadero que hoy agobia al planeta, con un desarrollo que se sustenta mayoritariamente en fuentes limpias de energía. Hasta el año 2002, la electricidad generada con centrales hidroeléctricas representó el 85% del total de energía generada en el país. Con la llegada del Gas de Camisea la participación de las hidroeléctricas disminuyó hasta llegar al 61% en el año 2008. En la actualidad, cuando la disponibilidad de recursos fósiles juega un rol determinante en el suministro energético global y nacional, y cuando los factores medio ambientales aparecen entre las preocupaciones principales de la sociedad contemporánea, las Energías Renovables resurgen con éxito creciente en todas las latitudes del planeta, alentadas por los apremios del suministro energético y la presencia de marcos normativos favorables.

En este contexto, en mayo de 2008, el Estado Peruano emitió el Decreto Legislativo 1002 que promueve la inversión para la generación de electricidad con el uso de Recursos Energéticos Renovables ('RER', en adelante), tales como la energía eólica, solar, geotérmica, mareomotriz, la biomasa y las pequeñas hidroeléctricas con una capacidad instalada de hasta 20 MW.

2.2.2. Radiación solar⁹

La radiación solar es la energía electromagnética que surge en los procesos de fusión del hidrógeno contenido en el Sol. La energía solar que en un año llega a la Tierra a través de la atmósfera es aproximadamente 1/3 de la energía total interceptada por la Tierra fuera de la atmósfera de la cual 70% llega al mar y la energía restante ($1,5 \times 10^{17}$ kW.h) a tierra firme. La radiación solar recolectada fuera de la atmósfera sobre una superficie perpendicular a los rayos solares es conocida como constante solar y es igual a $1\,353 \text{ W/m}^2$, variable durante el año en un $\pm 3\%$ a causa de la elipticidad de la órbita terrestre. El valor máximo medido sobre la superficie terrestre es de aproximadamente $1\,000 \text{ W/m}^2$, en condiciones óptimas de Sol a mediodía y en un día de verano despejado. (Loeza Salcedo, Ramiro Carmona y Tenorio Caselin 2012)

La radiación solar que llega a la superficie terrestre puede ser directa o dispersa. Mientras la radiación directa incide sobre cualquier superficie con un ángulo de incidencia único y preciso, la dispersa cae en esa superficie con varios ángulos. Cuando la radiación directa no incide sobre una superficie a causa de un obstáculo, el área en sombra no se encuentra completamente a oscuras debido a la contribución de la radiación dispersa. Esta observación tiene importancia técnica para los dispositivos fotovoltaicos (FV), que pueden funcionar en algunos casos solamente con radiación dispersa. Una superficie inclinada puede recibir la radiación reflejada por el terreno, por espejos de agua o por otras superficies horizontales, fenómeno

⁹ (Alata Rey, 2015, pág. 7)

conocido como albedo. Las proporciones de radiación directa, dispersa y albedo recibida por una superficie dependen de:

Las condiciones meteorológicas: En un día nublado la radiación es prácticamente dispersa en su totalidad; en un día despejado con clima seco predomina la componente directa que puede llegar hasta el 90% de la radiación total (Loaeza Salcedo, Ramiro Carmona y Tenorio Caselin 2012)

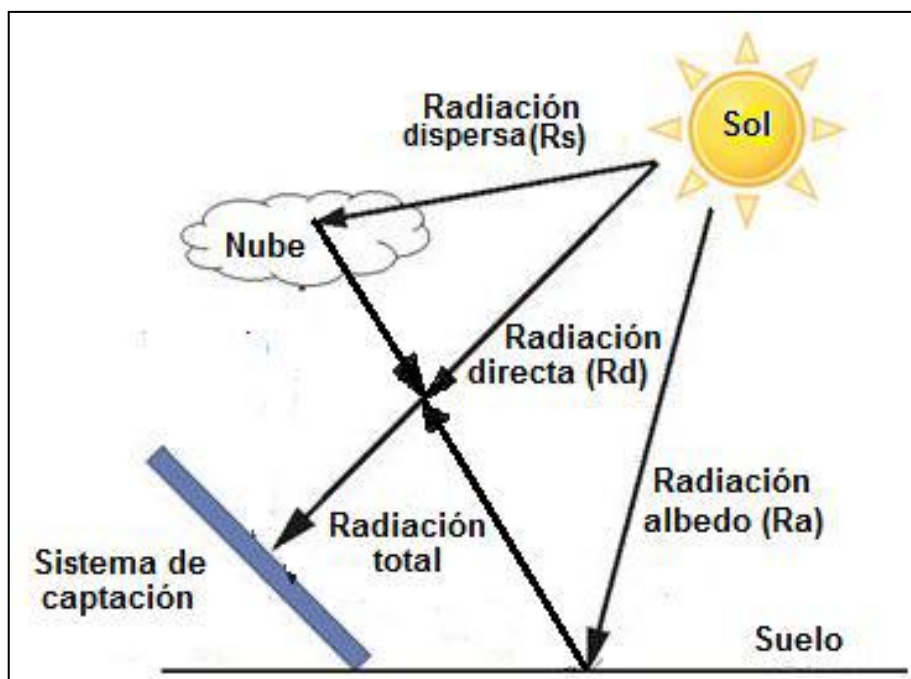


Figura N° 2: Componentes de la radiación solar¹⁰

La inclinación de la superficie respecto al plano horizontal: Una superficie horizontal recibe la radiación dispersa máxima si no hay alrededor objetos a una altura superior a la de la superficie.

La presencia de superficies reflectantes: Debido a que las superficies claras son las más reflectantes, la radiación albedo aumenta en invierno por efecto

¹⁰ (Loaeza Salcedo, Ramiro Carmona y Tenorio Caselin 2012)

de la nieve y disminuye en verano por efecto de la absorción de la hierba o del terreno.

2.2.3. Energía solar en el mundo¹¹

El banco estadounidense Goldman Sachs espera que la capacidad de energía solar a gran escala aumente en dos dígitos a nivel mundial en 2019 y 2020, impulsada por la expansión de esta tecnología en Estados Unidos, Europa, Medio Oriente y China.

La energía solar es la fuente de generación de electricidad de mayor crecimiento, ya que los gobiernos y las empresas introducen objetivos de energía limpia.

“Esperamos que la combinación de unos costes menores y el apoyo favorable a las políticas proporcione unos años de crecimiento significativo de la energía solar a gran escala”, dijo el banco de inversión estadounidense en una nota de investigación.

Goldman dijo que esperaba que las instalaciones solares a gran escala alcanzarán los 108 gigavatios (GW) en 2019, un 12% más que el año anterior, y luego crecerían otro 10% en 2020 hasta 119 GW. Para 2021 y 2022, el banco espera que la capacidad alcanzará los 129 GW y 135 GW, respectivamente

La energía solar a gran escala se define como una instalación que está diseñada únicamente para suministrar electricidad a una red, a diferencia de las unidades solares residenciales y comerciales de escala más pequeña.

¹¹ <https://elperiodicodelaenergia.com/goldman-sachs-espera-un-fuerte-crecimiento-de-la-energia-solar-en-el-mundo-en-2019-2020/>

Incluyendo las instalaciones residenciales, la mayoría de los analistas esperan que la capacidad de energía solar mundial llegue pronto a 600 GW.

2.2.4. Radiación solar en Latinoamérica

El Perú es uno de los países que cuenta con mayor radiación solar en el mundo, por ello cuenta con un gran potencial de desarrollo en el sector de energía fotovoltaica. Dentro de la región, solo Chile lo supera. Esto se puede observar en la Figura N°3.



Figura N° 3: Mapa de irradiación horizontal en Latinoamérica y el Caribe¹²

¹² Valdiviezo Salas, Paulo Daniel. «Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a 15 computadoras portátiles en la PUCP.» Lima, 2014

2.2.5. Energía Solar en el Perú¹³

A diferencia de los países nórdicos, el territorio peruano, por estar mucho más próximo al Ecuador, cuenta con sol durante la mayor parte del año. Según el Atlas Solar del Perú elaborado por el Ministerio de Energía y Minas, el Perú tiene una elevada radiación solar anual siendo en la sierra de aproximadamente 5,5 a 6,5 kWh/m²; 5,0 a 6,0 kWh/m² en la Costa y en la Selva de aproximadamente 4,5 a 5,0 kWh/m² (ver Figura N° 4).

En el Perú hay tres ámbitos donde se ha desarrollado el uso de energía solar en el Perú. El primer ámbito (y más tradicional) es el uso como fuente térmica a través de termas de agua en zonas del sur peruano, principalmente Arequipa y Puno, departamentos en los que existe cerca de 30 empresas dedicadas a la fabricación y mantenimiento de estos aparatos. No obstante, aún es amplio el camino a recorrer para masificar el uso de paneles solares tanto para áreas urbanas como rurales destinados al uso térmico el cual implicaría menor consumo de la red eléctrica en los hogares (una terma eléctrica es uno de los principales consumidores de energía eléctrica en un hogar). Es interesante que los avances, en este último caso, generen el desarrollo tecnológico y la difusión de esta fuente de energía renovable en el país. Una característica primordial de la energía solar es su capacidad para adecuarse a proyectos de mediana y pequeña envergadura para usuarios individuales. Por ejemplo, en ámbitos urbanos se pueden desarrollar instalaciones fotovoltaicas que se integren a grandes superficies expuestas como estacionamientos, edificios, marquesinas.

¹³ <http://gruporural.pucp.edu.pe/nota/el-desarrollo-de-la-energia-solar-en-el-peru/>



Figura N° 4: Mapa solar del Perú¹⁴

¹⁴ (SENAMHI, 2003)

2.2.6. Horas del sol pico (HSP)¹⁵

Las horas de sol pico son las horas se definen como el número de horas al día con una irradiancia hipotética de 1000 que sumen la misma irradiación total que la real ese día.

Se puede notar que cuando la irradiancia se expresa en es numéricamente similar a las H.S.P. Este concepto es importante, ya que junto con un factor de pérdidas ayuda a estimar la potencia producida por los paneles fotovoltaicos. La distribución de la radiación a lo largo del día y el concepto de horas pico de sol se muestran en la Figura N° 5. (Valdiviezo Salas, 2014)

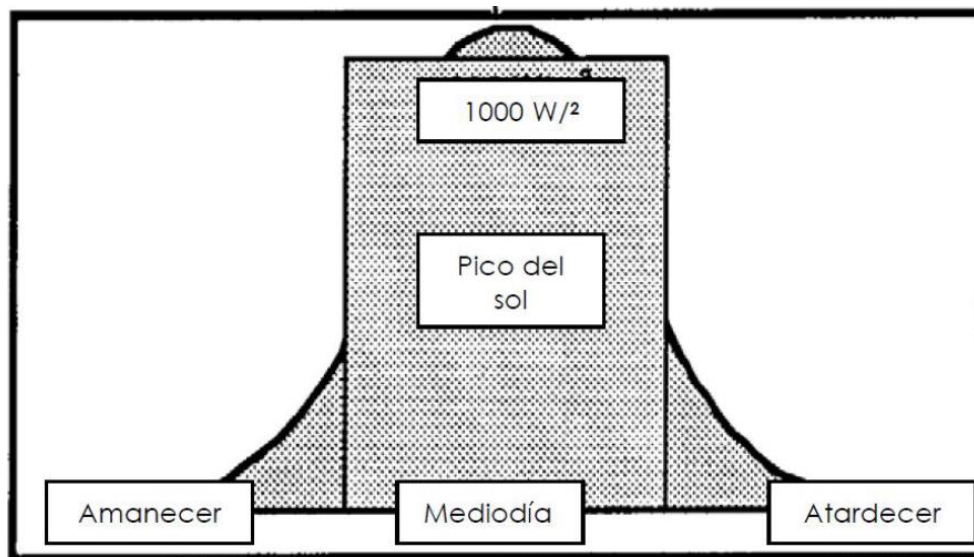


Figura N° 5: Horas Pico Solar¹⁶

¹⁵ <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/energia-fotovoltaica-radiacion-geometria-recorrido-optico-irradiancia-y-hsp/>

¹⁶ (Valdiviezo Salas, 2014)

2.2.7. Principio fotoeléctrico

La electricidad es un flujo de electrones, cargas negativas que rodean el núcleo atómico. Se comprobó que en algunos cristales se producía un flujo eléctrico por la incidencia de la luz. En 1905 Albert Einstein descubrió que, en algunos casos, los fotones golpeaban a los electrones de un material al incidir sobre él, hasta llegar a liberarlos de sus átomos, permitiéndoles circular libres en forma de corriente eléctrica. La radiación electromagnética está compuesta por paquetes de energía o fotones. Cada fotón transporta una energía

$$E = h \cdot \nu \dots (Ec. 1)$$

donde h es la constante de Planck y ν la frecuencia del fotón en hertz.

Cuando un fotón incide sobre el metal, transfiere toda su energía a alguno de los electrones. Si esta energía es suficiente para romper el enlace del electrón con el metal, entonces el electrón se desprende y se recombina (diferencia de potencial). Si el fotón transporta más energía de la necesaria, este exceso se transforma en energía cinética del electrón, saliendo del cristal al circuito exterior mediante conductores, la diferencia de potencial hará que fluya por el conductor exterior, esto dará lugar a la intensidad de corriente, que circulará en un solo sentido, es decir en corriente continua (CC). Es decir, que, si la energía del fotón es suficientemente grande, los electrones saldrán del cristal creando un flujo de electrones en el conductor del circuito, si la energía del fotón es pequeña, se desprenderán los electrones dentro del cristal, pero no saldrán de él, de esta manera tendremos una tensión en vacío o circuito

abierto y ninguna o poca intensidad. Si los fotones tienen muy pocas energías son repelidas sin efecto alguno. No toda la energía de la luz se puede aprovechar para el efecto fotoeléctrico. Para el aprovechamiento total solo es importante la llamada radiación térmica, en la que se incluye la ultravioleta (UV), visible (VIS) y la infrarroja (IR). (Figura N° 6) La temperatura en un cuerpo afecta a la hora de la radiación emitida por éste. (Gimenes, 2010)

Cuanto mayor es la temperatura mayor son los cambios:

- i. La intensidad de la emisión es mayor, la energía por metro cuadrado que abandona el cuerpo es más elevada, es decir mayor frecuencia.
- ii. El tipo de radiación cambia hacia una menor longitud de onda. De esta forma tenemos que la energía radiante (fotones) se caracteriza por su longitud de onda, que es inversamente proporcional a la frecuencia, según la siguiente expresión:

$$\lambda = \frac{c}{T} \dots (Ec. 2)$$

λ = longitud de onda de la luz. La unidad es el ángstrom (Å)

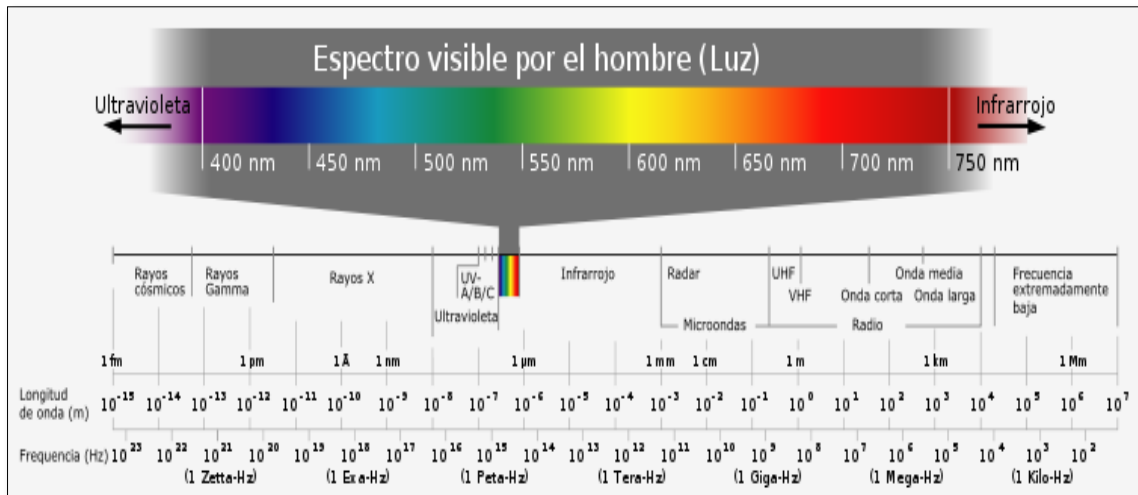


Figura N° 6: Gama de energía radiante

Fuente: (Gimenes, 2010)

2.2.8. Sistema fotovoltaico

Una vez que se ha generado la energía eléctrica existen dos alternativas, bien la almacenamos para un uso posterior o bien la transmitimos a través de la red eléctrica. En función de esto tenemos dos tipos de sistemas:

2.2.8.1. Instalaciones conectadas a la red eléctrica

La corriente eléctrica generada por una instalación fotovoltaica puede ser vertida a la red eléctrica como si fuera una central de producción de energía eléctrica. El consumo de electricidad es independiente de la energía generada por los paneles fotovoltaicos, el usuario sigue comprando la energía eléctrica que consume a la compañía distribuidora al precio establecido y además es propietario de una instalación generadora. Este tipo de aplicaciones está creciendo gracias al precio primado de venta a la red del kWh. (solar 2016)

Las potencias más usuales son de 2,5 y 5 kW o múltiplos de 5 hasta 100 kW. Existen instalaciones mayores, pero tienen una prima inferior por lo que sólo las realizan empresas o centros de investigación, ya que se amortizan en periodos más largos (solar 2016).

Algunas de las aplicaciones de estos sistemas son las siguientes:

Instalaciones en tejados, terrazas, etc. de viviendas que dispongan de conexión a la red de distribución eléctrica: Se aprovecha la superficie del tejado para colocar sistemas modulares de fácil instalación.

Plantas de producción: Son aplicaciones de carácter industrial que pueden instalarse en zonas rurales no aprovechadas para otros usos (“huertas solares”, “cooperativas energéticas”) o sobrepuestas en grandes cubiertas de zonas urbanas (aparcamientos, zonas comerciales, etc.)

Integración en edificios: Consiste en la sustitución de elementos arquitectónicos convencionales por nuevos elementos arquitectónicos que incluyen el elemento fotovoltaico, y que por tanto son generadores de energía (recubrimientos de fachadas, muros cortina, parasoles, pérgolas, etc.).

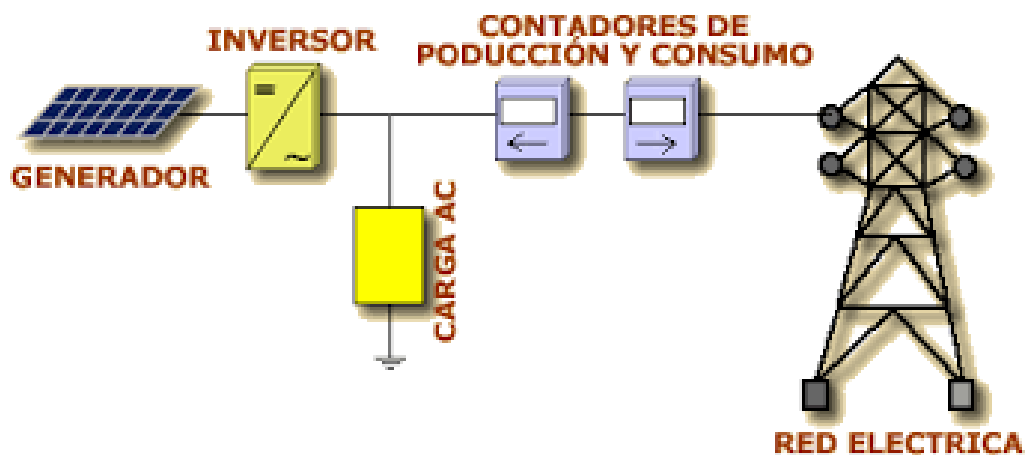


Figura N° 7: Sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica¹⁷

2.2.8.2. Instalaciones aisladas de la red eléctrica

Estas instalaciones se emplean sobre todo en aquellos emplazamientos en los que no se tiene acceso a la red eléctrica y resulta más económico instalar un sistema foto-voltaico que tender una línea entre la red y el punto de consumo. La electricidad generada se destina a autoconsumo.

Las principales aplicaciones de los sistemas aislados son:

Electrificación de viviendas y edificios, principalmente para iluminación y electrodomésticos de baja potencia

Alumbrado público

Aplicaciones agropecuarias y ganaderas

Bombeo y tratamiento de agua

Antenas de telefonía aisladas de la red

Señalización y comunicaciones

¹⁷

http://www.ujaen.es/investiga/solar/07cursosolar/home_main_frame/05_tipos/02_conec_red/01_basi_co/2_conec_red.htm

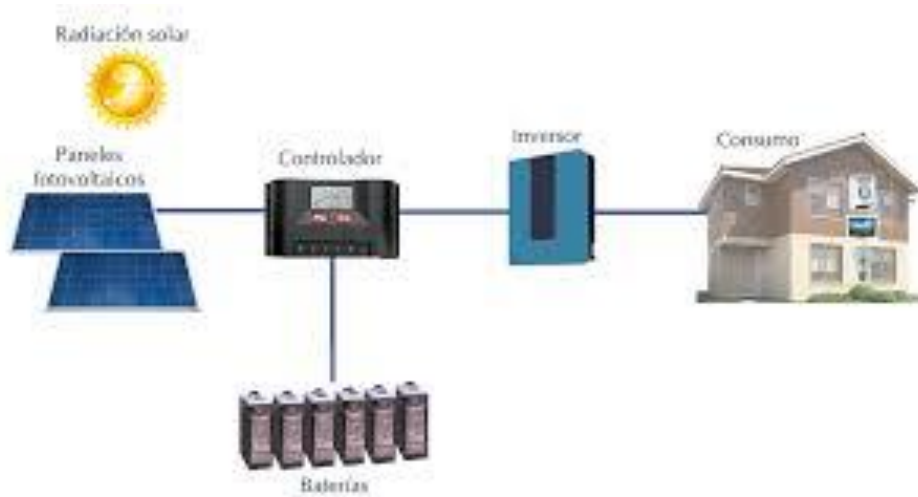


Figura N° 8: sistema fotovoltaico aislado¹⁸

2.2.9. Componentes del sistema fotovoltaico¹⁹

La celda FV es un dispositivo formado por una lámina delgada de material semiconductor. Una celda FV tiene un espesor entre 0,25 mm y 0,35 mm y es de una forma generalmente cuadrada, con una superficie aproximada de 100 cm². Para la realización de las celdas el elemento más utilizado es el silicio usado por las industrias electrónicas cuyo proceso de fabricación presenta costos muy altos por la pureza del Si requerida en esta aplicación. Actualmente, el material más eficiente es el silicio mono-cristalino que presenta características y duración en el tiempo superior a cualquier otro material utilizado para el mismo fin; la conversión de la radiación solar en una corriente eléctrica tiene lugar en la celda FV.

¹⁸ <https://bester.energy/blog/aplicaciones-sistemas-energia-fotovoltaica-aislados/>

¹⁹ (Loeza Salcedo, Ramiro Carmona y Tenorio Caselin 2012)

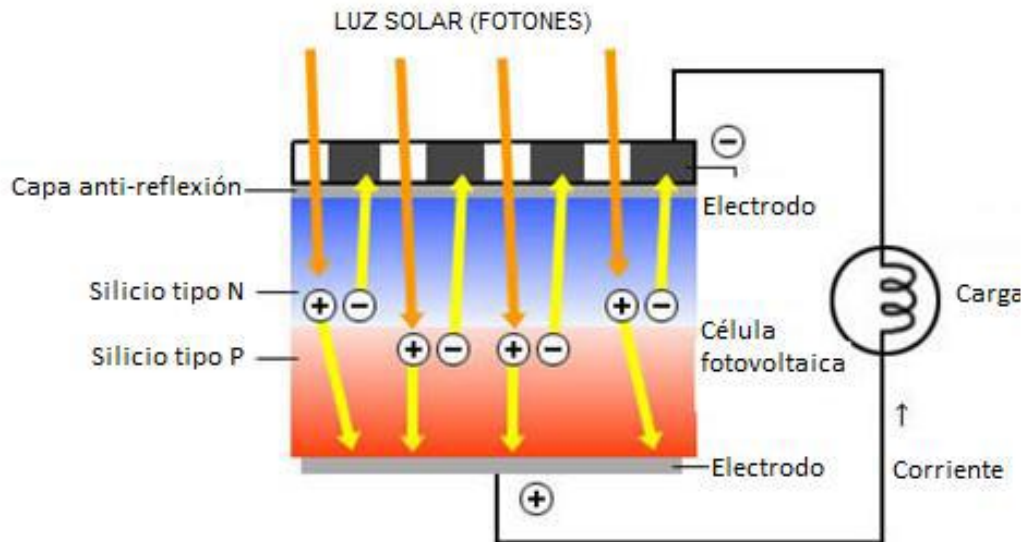


Figura N° 9: Sección de una célula fotovoltaica²⁰

2.2.10. Panel fotovoltaico

Una célula fotovoltaica por si sola solo es capaz de darnos un mínimo de tensión (0,5 V) e intensidad (2 A) por lo que es necesario juntar muchas células para tener valores suficientemente altos para trabajar. También son muy frágiles, no aisladas eléctricamente y sin un soporte mecánico. (ver Figura N° 10) El módulo fotovoltaico tiene como misión captar la energía solar incidente y transformarla en energía eléctrica. Para eso tiene que tener una cantidad de células conectadas entre sí en serie y paralelo, de esta forma aumentará la tensión e intensidad y se podrá conectar a elementos de consumo para su uso posterior. La composición del panel fotovoltaico es la siguiente:

²⁰ (Loaeza Salcedo, Ramiro Carmona y Tenorio Caselin 2012)

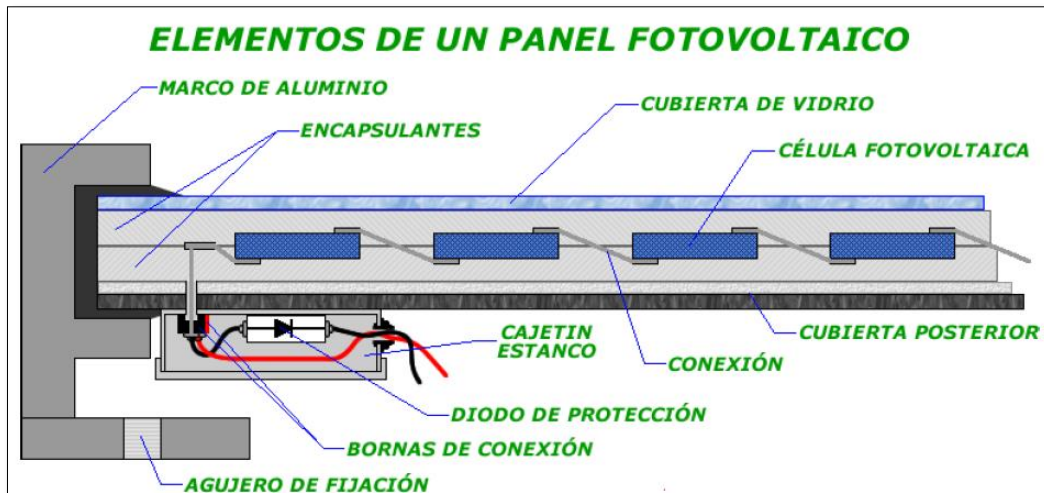


Figura N° 10: Partes de un panel fotovoltaico²¹

Las células están ensambladas entre dos capas de sostén. Las células se quedan entre dos capas en la llamada estructura “sándwich”, consiste en dos capas plásticas de protección, una traslúcida en la parte superior y protegida contra los UV. Otra inferior para aumentar la rigidez del “sándwich” (encapsulantes, EVA). Por encima de la capa superior se coloca un cristal de vidrio templado, con bajo contenido en plomo para no reducir la transmisividad de la luz a través del mismo, y en la capa inferior la cubierta posterior de material plástico (Tedlar). Estando preparado de esta forma se mete en un horno de alta temperatura al vacío. Cuando se saca del horno queda un único bloque laminado en el que las células están unidas al material plástico fundido. A continuación, se añade el marco de aluminio anodizado o acero inoxidable para envolver el conjunto del módulo. Esta estructura es estanca con goma butílica entre el marco y el módulo. El marco debe tener de fábrica agujeros de fijación para así evitar utilizar máquinas de perforar que puedan dañar el panel fotovoltaico. Una perforación es para la toma de tierra. (Gimenes, 2010)

²¹ (Gimenes, 2010)


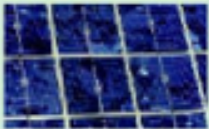
2.2.10.1. Tipos de paneles solares

Existen tipos de paneles solares vienen dados por la tecnología de fabricación de las células, y son fundamentalmente:

- a) Silicio cristalino (monocristalino y multicristalino).
- b) Silicio amorfo.

En la Tabla N° 1, podemos observar las diferencias que existen entre ellos.

Tabla N° 1: Diferencias entre los paneles según la tecnología de fabricación²²

Células	Silicio	Rendimiento laboratorio	Rendimiento directo	Características	Fabricación
	Monocristalino	24 %	15 - 18 %	Son típicos los azules homogéneos y la conexión de las células individuales entre sí (Czochralski).	Se obtiene de silicio puro fundido y dopado con boro.
	Policristalino	19 - 20 %	12 - 14 %	La superficie está estructurada en cristales y contiene distintos tonos azules.	Igual que el del monocristalino, pero se disminuye el número de fases de cristalización.
	Amorfo	16 %	< 10 %	Tiene un color homogéneo (marrón), pero no existe conexión visible entre las células.	Tiene la ventaja de depositarse en forma de lámina delgada y sobre un sustrato como vidrio o plástico.

²² Componentes de una instalación solar fotovoltaica.pdf

2.2.11. Regulador o unidad de control de carga

Para un correcto funcionamiento de la instalación, hay que instalar un sistema de regulación de carga en la unión entre los paneles solares y las baterías. Este elemento recibe el nombre de regulador y tiene como misión evitar situaciones de carga y sobre descarga de la batería, con el fin de alargar su vida útil.

El regulador trabaja por tanto en las dos zonas. En la parte relacionada con la carga, su misión es la de garantizar una carga suficiente al acumulador y evitar las situaciones de sobrecarga, y en la parte de descarga se ocupará de asegurar el suministro eléctrico diario suficiente y evitar la descarga excesiva de la batería (Figura N° 11).

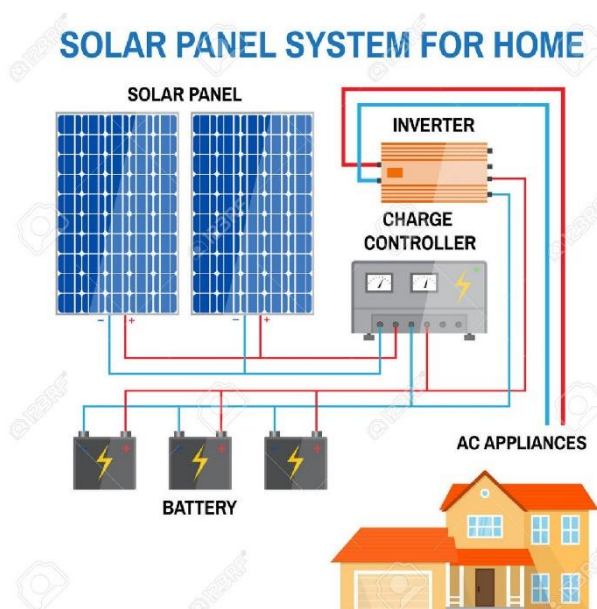


Figura N° 11: Conexiones del regulador en una instalación fotovoltaica²³

²³ https://es.123rf.com/photo_62247224_sistema-de-paneles-solares-para-el-hogar-concepto-de-energ%C3%ADa-renovable-esquema-simplificado-de-un-sist.html

Dado que los módulos solares tienen una tensión nominal mayor que la de la batería, si no existiera regulador se podrían producir sobrecargas.

El motivo de que esta tensión nominal de los paneles sea así se debe fundamentalmente a dos razones:

Atenuar posibles disminuciones de tensión por el aumento de la temperatura.

Asegurar la carga correcta de la batería. Para ello la tensión V_{OC} del panel deberá ser mayor que la tensión nominal de la batería. El dimensionado de la instalación solar se realiza de manera que se asegure el suministro de energía en las peores condiciones de luminosidad del sol. Por ello se toman como referencia los valores de irradiación en invierno. Esto puede provocar que en verano la energía aportada por los módulos solares sea en ocasiones casi el doble de los cálculos estimados, por lo que, si no se conecta el regulador entre los paneles y las baterías, el exceso de corriente podría llegar incluso a hacer hervir el electrolito de los acumuladores, con el riesgo que ello conlleva. En la Tabla N° 2, se recogen posibles clasificaciones de los tipos de reguladores.

Tabla N° 2: Posibles clasificaciones de los tipos de reguladores, según diversos conceptos²⁴

	Tipo de regulador
Según tecnología del interruptor	<ul style="list-style-type: none"> • Relé electromecánico. • Estado sólido (MOSFET, IGBT...).
Según estrategia de desconexión del consumo	<ul style="list-style-type: none"> • Por tensión. • Por algoritmos de cálculo del estado de carga. • Por otros algoritmos de gestión de la energía.
Según posición del interruptor de control de generación	<ul style="list-style-type: none"> • Serie. • Paralelo.

Los fabricantes nos proporcionarán los valores de trabajo del regulador sobre una hoja de características. En estas hojas aparecerán:

- i. Características físicas del regulador: peso, dimensiones, material empleado en su construcción, etc.
- ii. Características eléctricas.
- iii. Normas de seguridad que cumple.

También hay que considerar otro tipo de aspectos, como pueden ser medidas de seguridad, etc. El regulador debe proteger tanto la instalación como a las personas que lo manejen, por lo que deberá llevar sistemas que proporcionen las medidas de seguridad adecuadas para cada uno de los casos. Los fabricantes nos proporcionan también este tipo de información.

²⁴ Componentes de una instalación solar fotovoltaica.pdf

El esquema de conexión del regulador en una instalación será la siguiente Figura N°12:

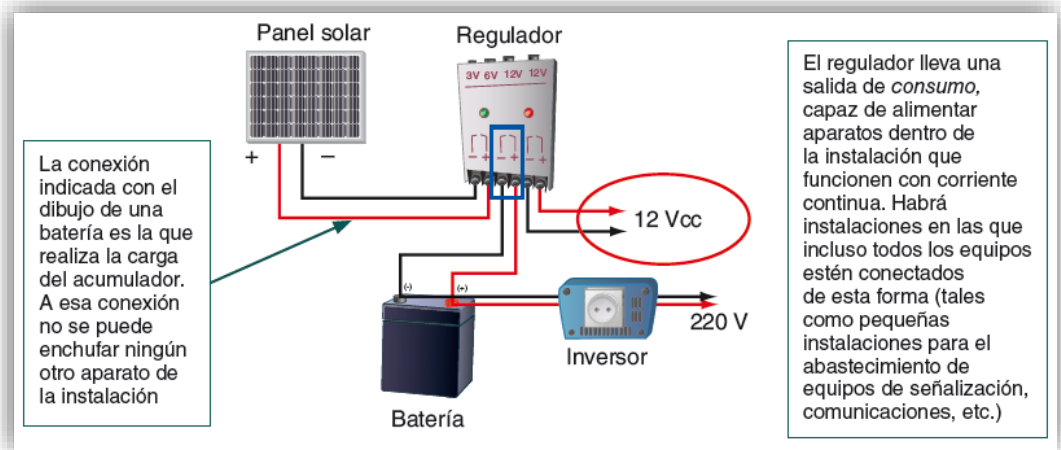


Figura N° 12: Esquema de conexión del regulador en la instalación²⁵

En los catálogos se nos indica el tipo de regulación que lleva (si es serie o paralelo), el tipo de batería que podemos conectar a la salida del equipo, así como todas las alarmas que proporciona ante un mal funcionamiento, y las protecciones que lleva. Como en todos los equipos, se hace mención de la temperatura a la que va a trabajar el aparato y la posible influencia que pueda tener esta sobre el correcto funcionamiento del mismo (no es igual realizar una instalación en una zona de frío extremo que en una zona cálida).

La principal consideración en la ubicación del Regulador, es la longitud del cableado y del circuito Regulador-Batería (por ser el más exigente en cuanto a caída de la tensión máxima admisible). Así pues, el

²⁵ Componentes de una instalación solar fotovoltaica.pdf

Regulador debe situarse lo más cerca posible de la Batería. Existen Reguladores aptos para su ubicación tanto en el interior como a la intemperie. En cualquier caso, se puede alojar al regulador dentro de un armario especial para el uso en intemperie.

2.2.12. Inversores

Los inversores transforman la corriente continua en corriente alterna. Se basan en dispositivos electrónicos que permiten interrumpir y conmutar su polaridad.

Para las aplicaciones de una instalación aislada, deben ser autoconmutados, es decir, no utilizan energía de una fuente exterior.

Debido a que se alimentarán cargas del tipo electrónico, es recomendable utilizar un inversor que genere una onda senoidal pura, es decir, muy similar a la de la red eléctrica. (Valdiviezo Salas 2014).

De acuerdo al Reglamento técnico “Especificaciones técnicas y ensayos de los componentes de sistemas fotovoltaicos hasta 500 Wp”, se deben cumplir las siguientes condiciones:

La distorsión armónica total en tensión del inversor debe ser inferior a 5 % en relación a la tensión fundamental RMS.

La frecuencia nominal se debe mantener entre ± 5 % del valor nominal.

La caja del inversor debe cumplir con un índice de protección de IP 54.

Deben arrancar y operar todas las cargas especificadas en la instalación y entregar la potencia nominal de forma continua.

El autoconsumo del inversor sin carga conectada no deberá ser mayor al 2% de la potencia nominal de salida; (Figura N° 13) mientras que las

pérdidas diarias por el inversor no deberán exceder el 5% del consumo total diario.

El inversor se debe proteger antes las siguientes circunstancias:

Tensión de entrada fuera del rango de operación.

Desconexión de las baterías.

Cortocircuito en la salida de corriente alterna.

Sobrecargas que excedan la duración y límites permitidos.

La superficie del inversor debe ser de material inoxidable o, en su defecto, arenado y pintados al horno, con doble base anticorrosiva (epóxica) o similar.

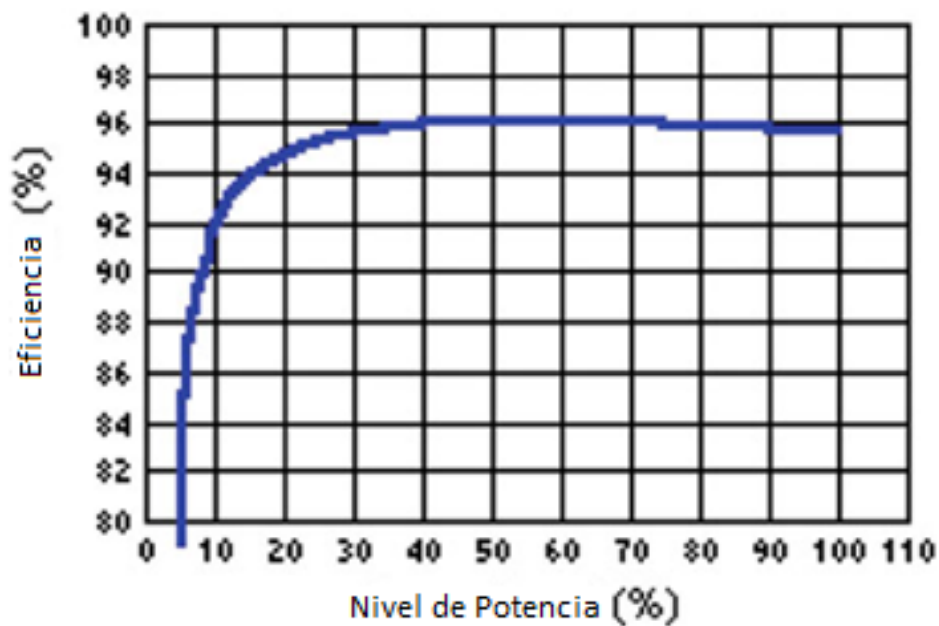


Figura N° 13: Curva típica de eficiencia del inversor²⁶

El sistema de almacenaje y de respaldo de energía es una de las características más importantes de una instalación FV debido a que es

²⁶ Valdiviezo Salas, Paulo Daniel. «Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a 15 computadoras portátiles en la PUCP.» Lima, 2014.

necesario utilizar la energía generada a cualquier hora del día. Para ello se utilizan las baterías, construidas a partir de una celda compuesta de placas llamadas Ánodo-Cátodo y un electrolito capaz de recibir, almacenar y entregar energía. De este modo, grupos de celdas conectadas eléctricamente en serie y paralelo, protegidas del medio ambiente conforman una batería.

2.2.13. Banco de baterías

Funcionamiento de las baterías.

El funcionamiento de las baterías se puede describir mediante dos principios: la capacidad en Amperes-hora (Ah) y la profundidad de descarga.

La capacidad en (Ah) es simplemente el número de Amperes que la batería puede descargar, multiplicado por el número de horas en que se entrega dicha corriente. Este parámetro determina cuánto tiempo el sistema puede operar una carga determinada sin que haya necesidad de recarga. En teoría una batería de 200 (A.h) podría entregar 200 A durante una hora, 100 A durante dos horas, 1 A durante 200 horas y así sucesivamente. Sin embargo, este no es el caso ya que algunas baterías, como las automotrices, están diseñadas para grandes descargas en periodos cortos. Si la batería es cargada y descargada a una razón diferente a la especificada, la capacidad en (Ah) puede variar. Generalmente, si la batería es descargada a una razón menor, entonces la capacidad será ligeramente mayor (Velazquez Céspedes 2012).

Otro factor que influye en la capacidad de la batería es la temperatura. A menor temperatura aumenta la capacidad, a mayor temperatura disminuye la capacidad, no obstante, a mayor temperatura se incrementan las pérdidas evaporativas de la batería reduciéndose así el número de ciclos. Se diseñan para altas descargas iniciales, como puede ser el arranque de un motor, pero continuamente se están cargando y descargando de manera alternativa. Estas baterías, también llamadas de arranque se diseñan para profundidades de descarga no mayores del 20%. De manera opuesta, las baterías de ciclo profundo se diseñan en función de largos periodos de utilización sin necesidad de recibir recarga, por lo mismo éstas son más robustas y generalmente tienen mayor densidad energética, siendo perfectas para aplicaciones fotovoltaicas. Su profundidad de descarga puede ser hasta del 80% al 100% aproximadamente (Velazquez Cespedes 2012).

Las baterías más empleadas en aplicaciones fotovoltaicas y en automóviles son las de Plomo-ácido, éstas tienen la ventaja de ser más económicas que las formadas por otros compuestos. Dependiendo del material con que se mezcle el plomo, resultará la profundidad de descarga de la batería. Así, por ejemplo, si las placas son de una aleación de plomo y antimonio, el antimonio permite que la batería tenga una mayor profundidad de descarga sin que se dañen las placas, esto significa una mayor vida para la batería, y por lo tanto las baterías de Plomo-Antimonio-Ácido son de ciclo profundo. Por otra parte, el calcio aumenta la rigidez del plomo y reduce la auto descarga, sin embargo, la aleación plomo calcio se ve dañada cuando las profundidades de descarga son mayores al 25%, en consecuencia, las baterías Plomo-Calcio-Ácido son de ciclo ligero.

Como la diferencia entre el costo de las baterías solares y de automóviles es notoria, automáticamente nace la idea de optar por ésta última en un sistema fotovoltaico (ver Figura N° 14). Pero existen diferencias sustanciales, ya que la batería para automóviles fue diseñada para sostener corrientes elevadas por breves instantes (segundos) y el resto del tiempo está siendo cargada o permanece inactiva.



Figura N° 14: Baterías de uso fotovoltaico²⁷

En cambio, la batería solar ha sido diseñada para entregar corrientes moderadas, durante largos períodos (horas). Además de poseer una mayor profundidad de descarga.

Otro tipo de batería plomo-ácido es la denominada Gel, en la que el electrolito o ácido se encuentra en estado gelatinoso. Tienen la ventaja de que son completamente selladas y pueden operar en cualquier posición sin regar ácido o gas. Esta hermeticidad unida a una mayor eficiencia a bajas

²⁷ <https://www.sfe-solar.com/baterias-solares/>

temperaturas (debido al tipo de electrolito) y la nula necesidad de mantención (agregado de agua) la convierten en la solución ideal para instalaciones marinas, de carreteras y de comunicaciones.

La batería de Níquel-Cadmio es otro tipo de batería solar que posee aún mejores características tales como: soportar cargas y descargas excesivas, así como una mayor profundidad de descarga cercana al 100%, sin daño. Ostenta una mayor eficiencia a baja temperatura, soportando una alta combinación de temperatura y humedad ambiente. Aunque el costo de éstas es muy superior al de las otras baterías (aprox. 6 a 8 veces el de una Plomo-ácido), el costo a largo plazo es mucho menor que una batería Plomo-ácido debido a su larga vida útil y baja mantención. Usualmente se forman grupos de baterías conectadas en serie y paralelo constituyendo bancos de baterías con el objetivo de aumentar la capacidad de energía. Las conexiones en paralelo aumentan la intensidad de corriente y las en serie aumentan la tensión de salida (Velazquez Cespedes 2012).

Características Eléctricas de las Baterías

Las características eléctricas más relevantes de las baterías son las siguientes:

Carga: Es el proceso por el cual se convierte la energía eléctrica generada por una fuente externa en energía química almacenada en la batería.

Descarga: Es la conversión de la energía química de una batería en la energía eléctrica que se utiliza en un dispositivo de consumo eléctrico.

Ciclo: Cuando se refiere a las baterías, un ciclo es el proceso por el cual a partir de cierto nivel de energía almacenada la batería se descarga y posteriormente se carga hasta alcanzar el nivel original de energía.

Ciclos de vida: Es la cantidad de ciclos de carga y descarga, bajo condiciones determinadas, que una batería puede soportar antes de disminuir a las condiciones de capacidad que determinan el término de su vida útil.

Densidad de energía: Es la energía disponible de una batería por unidad de volumen ($W.h/L$) o por unidad de peso ($W.h/kg$). El fabricante entrega este valor como característica inicial.

Densidad de potencia: Es la potencia disponible de una batería por unidad de volumen (W/L) o de peso (W/kg). El fabricante entrega este valor como característica inicial.

Régimen de descarga: Valor de corriente que se extrae de la batería. Normalmente se expresa como una fracción de la capacidad nominal de la batería o se referencia la cantidad de horas de duración de la descarga.

Días de reserva: Es la cantidad de días que una batería con carga completa puede satisfacer una determinada demanda de energía, a una cierta tasa de descarga.

Profundidad de descarga: Son los Amperes-hora (A.h) extraídos desde una batería con carga completa, expresados como el porcentaje de su capacidad nominal a una tasa de descarga específica.

Descarga profunda: Se habla de descarga profunda cuando la batería entrega una cantidad de energía de hasta un 80 % de su capacidad nominal, es decir mantiene un 20 % de su capacidad.

Descarga superficial: Es cuando la batería entrega una cantidad de energía hasta un 20 % de su capacidad nominal.

Tasa de descarga: Es la intensidad, en Amperes, en que la corriente eléctrica es entregada por la batería a una resistencia eléctrica conectada en sus bornes bajo condiciones específicas de operación.

Capacidad de energía: Es la energía, expresada en unidades de Amperes hora (A.h), que una batería puede entregar a una tasa de descarga especificada a partir de un nivel de carga completa hasta descarga completa. Es usual expresar esta capacidad en cantidad de Amperes-hora considerando tensiones nominales en la batería, sea de 6, 12, 24, 48 Volts (V) según corresponda.

Horas de capacidad: Es el número de horas que una batería puede entregar una corriente constante antes de alcanzar un nivel de descarga específica (80%, 60%) partiendo de carga nominal.

Sobrecarga: Es la corriente que se continúa entregando a la batería después que ésta ha alcanzado su plena carga. Esta energía adicional produce daño a las baterías ya que se producen transformaciones electroquímicas que deterioran los componentes internos.

Capacidad nominal: Es un dato proporcionado por el fabricante que indica la cantidad de Amperes-hora que puede ser extraído desde la batería con plena carga a una tasa de descarga específica y a temperatura de operación nominal hasta que se alcanza el valor de descarga nominal.

Pérdidas de capacidad: Es el proceso por el cual la capacidad disponible de la batería disminuye por efectos de las reacciones químicas internas de sus componentes básicos. Esta pérdida de capacidad puede ser paulatina producto del envejecimiento de los componentes o de forma imprevista producto de una operación inapropiada (descarga completa, falla en mantenimiento ó cortocircuito en sus bornes).

Tensión en circuito abierto: Diferencia de potencial, expresada en Volt, que aparece en los bornes de una batería cuando se encuentra en circuito abierto, esta tensión o voltaje depende del nivel de carga de la batería siendo mayor en la medida que tiene más carga.

Tensión nominal: Es la tensión que aparece en los terminales de la batería en condiciones de plena carga y con intensidad de corriente de descarga.

Tensión de descarga: Es la tensión que aparece en los terminales de la batería en condiciones de descarga o cuando se alcance un nivel de descarga determinado. Es recomendable que el fabricante proporcione el valor de la tensión en los bornes de salida en función del porcentaje de carga de la batería.

Baterías de ciclo profundo: Son aquellas que se fabrican especialmente para soportar descargas profundas sin sufrir deterioro en su conformación interna.

Baterías selladas: Son aquellas que constan de un sistema de protección que impide el derramamiento del electrolito.

2.2.14. Software HOMER²⁸

HOMER, el modelo de optimización de micro energía, que ayuda a diseñar sistemas fuera de la red e interconectados a la red. Se puede usar HOMER para llevar a cabo el análisis para explorar un amplio rango de preguntas de diseño.

²⁸ <https://www.nrel.gov/docs/fy04osti/36286.pdf>

¿**Qué hace HOMER?** HOMER encuentra la combinación de componentes de menor costo que satisfacen las cargas eléctricas y térmicas. HOMER simula miles de configuraciones de sistemas, optimiza para los costos de ciclos de vida y genera resultados de análisis sensible para la mayoría de los datos de entrada.

Simulación HOMER simula la operación de un sistema por medio de cálculos de balances de energía para cada una de las 8 760 horas de un año. Para cada hora, HOMER compara la carga eléctrica y térmica con la energía que el sistema puede entregar en una hora. Para sistemas que incluyen baterías o generadores a base de combustibles, HOMER también decide para cada hora, cómo operar los generadores y cargar o descargar las baterías. Si el sistema satisface las cargas para todo el año, HOMER estima el costo del ciclo de vida del sistema, contabilizando el costo de inversión, costo de reemplazo, costos de operación y mantenimiento, combustible e intereses. Usted puede ver los flujos de energía horaria para cada componente, así como los costos anuales y resumen del comportamiento.

Optimización: después de la simulación de todas las posibles configuraciones de sistemas, HOMER despliega una lista de sistemas factibles, ordenados por costo de ciclo de vida. Usted puede fácilmente encontrar el sistema de menor costo al principio de la lista, o usted puede recorrer la lista para ver otros sistemas factibles

Descargando HOMER: HOMER está disponible en forma gratuita en, <https://www.homerenergy.com/products/pro/index.html>. Ahí encontrará las instrucciones para descargar el programa, así como la última información

del modelo, archivos de ejemplos, datos de los recursos e información de contactos. Si no tiene acceso a Internet, por favor contáctenos por teléfono o correo para solicitar una copia del programa.

2.3. Definición conceptual de la terminología empleada²⁹.

Aerogenerador: Dispositivo mediante el cual se puede llevar a cabo la captación de la energía eólica para transformarla en alguna otra forma de energía. Unidad constituida por un generador eléctrico unido a un aeromotor que se mueve por impulso del viento.

Ahorro de Energía: El ahorro de energía en el hogar se puede conseguir, tanto por el uso de equipos más eficientes energéticamente, como por la aplicación de prácticas más responsables con los equipos que la consumen.

Balance energético: Aplicación de la ecuación de la conservación de la energía a un sistema determinado. Contabilidad de cantidades de energía intercambiadas por un sistema.

Célula fotovoltaica: Dispositivo, normalmente a base de silicio, que permite la transformación de la radiación solar en electricidad.

Combustibles fósiles: Sustancias combustibles procedentes de residuos vegetales o animales almacenados en periodos de tiempo muy grandes. Son el petróleo, gas natural, carbón, esquistos bituminosos, pizarras y arenas asfálticas.

Efecto Invernadero: El que producen unos materiales y sustancias que tienen distinto comportamiento transmisor en función de la longitud de onda

²⁹ (Ixtebe Portabelle 2010)

de la radiación. Dejan pasar una parte importante de la radiación de onda corta (solar, por ejemplo) y reflejan la radiación de onda larga que emiten los cuerpos a temperaturas próximas a la del ambiente.

Energía: Propiedad de los cuerpos que se manifiesta por su capacidad de realizar un cambio (de posición o de cualquier otro tipo).

Energías renovables: Son aquellas que se producen de forma continua y son inagotables a escala humana. El sol está en el origen de todas ellas porque su calor provoca en la Tierra las diferencias de presión que dan origen a los vientos, fuente de la energía eólica. El sol ordena el ciclo del agua, causa la evaporación que provoca la formación de nubes y, por tanto, las lluvias. También del sol procede la energía hidráulica. Las plantas se sirven del sol para realizar la fotosíntesis, vivir y crecer. Toda esa materia vegetal es la biomasa. Por último, el sol se aprovecha directamente en las energías solares, tanto la térmica como la fotovoltaica.

Eólica: La energía eólica es la energía producida por el viento. Como la mayor parte de las energías renovables, la eólica tiene su origen en el sol, ya que entre el 1 y el 2% de la energía proveniente del sol se convierte en viento, debido al movimiento del aire ocasionado por el desigual calentamiento de la superficie terrestre. Excluyendo las áreas con valor ambiental, esto supone un potencial de energía eólica de 53 TWh/año, cinco veces más que el actual consumo eléctrico en el mundo. Por tanto, en teoría, la energía eólica permitiría atender sobradamente las necesidades energéticas del mundo.

Instalación eléctrica: Conjunto de aparatos y de circuitos asociados, en previsión de un fin particular: producción, conversión, transformación, transmisión, distribución o utilización de la energía eléctrica.

Intensidad eléctrica: Magnitud eléctrica definida como la cantidad de electricidad que pasa a través de la sección de un cable conductor en un segundo. Se mide en Amperios (A)

Interruptor: Aparato utilizado para conectar o desconectar parte de una instalación.

Megawatt: Un millón de watts (1 MW = 1 000 000 W)

Módulo o módulo solar fotovoltaico: Conjunto de celdas solares interconectadas dentro de una unidad sellada.

Potencia eléctrica: Capacidad de los aparatos eléctricos para producir trabajo (la cantidad de trabajo realizado en la unidad de tiempo). La unidad de medida es el Watt (W), el kilowatt (kW) o el Mega Watt (MW).

Célula solar o fotovoltaica

Dispositivo que transforma la radiación solar en energía eléctrica.

Radiación solar

Energía procedente del sol en forma de ondas electromagnéticas.

Irradiancia

Densidad de potencia incidente en una superficie o a energía incidente en una superficie por unidad de tiempo y unidad de superficie. Se mide en kW/m²

Irradiación

Energía incidente por unidad de superficie y a lo largo de un cierto periodo de tiempo. Se mide en kWh/m².

Instalación fotovoltaica

Aquella que se disponen de módulos fotovoltaicos para la conversión directa de la radiación solar en energía eléctrica sin ningún paso intermedio.

Instalaciones fotovoltaicas interconectadas

Aquellas que normalmente trabajan en paralelo con la empresa concesionaria de energía eléctrica.

Panel fotovoltaico

Conjunto de células solares directamente interconectadas y encapsuladas como único bloque, entre materiales que las protegen de los efectos de la intemperie.

Arreglo solar: Conjunto de módulos solares fotovoltaicos conectados eléctricamente e instalados.

Caja de conexión: Caja a donde se llevan los cables para realizar las conexiones.

Carga: Cualquier dispositivo o aparato que demanda potencia. Esta depende de cada aparato y varía durante el día de acuerdo a la manera en que esta ópera.

Condiciones de prueba estándar: Condiciones en las cuales se prueban los módulos fotovoltaicos en laboratorio (1 kWh/m² de radiación solar, 25°C de temperatura de la celda solar y espectro solar correspondiente a una masa de aire de 1,5).

Conexión en paralelo: Método de conexión en el cual todos los bornes positivos y negativos se juntan. Si los módulos son todos iguales, la corriente se suma y la tensión permanece igual.

Conexión en serie: Método de conexión en el cual el borne positivo de un módulo se conecta al borne negativo del siguiente y así sucesivamente. Si los módulos son todos iguales, el voltaje se suma y la corriente permanece igual.

Conductor eléctrico: Todo material capaz de conducir la corriente eléctrica. Para transportar la energía eléctrica se utilizan “hilos” fabricados generalmente de cobre o aluminio.

Consumo eléctrico: Número de Watts hora (W.h) o Kilowatts hora (kW.h) utilizados para que funcione un aparato eléctrico durante un tiempo. Depende de la potencia del aparato y del tiempo que esté funcionando.

Constante solar: Cantidad de energía solar que incide sobre una superficie de 1 m² por segundo, cuando ésta se halla en el tope de la atmósfera a la distancia media sol-tierra. Su valor es aproximadamente 1,36 kW/m².

Corriente continua: La corriente continua (CC o DC, en inglés) se genera a partir de un flujo continuo de electrones (cargas negativas) siempre en el mismo sentido, el cual va desde el polo negativo de la fuente al polo positivo. Al desplazarse en este sentido los electrones, los huecos o ausencias de electrones (cargas positivas) lo hacen en sentido contrario, es decir, desde el polo positivo al negativo.

Corriente de corto circuito: Corriente que se mide en condiciones de corto circuito en los terminales de un módulo.

Corriente de máxima potencia: Corriente correspondiente al punto de máxima potencia.

Cortocircuito: Conexión accidental de dos conductores de distinta fase, o de éstos con el neutro.

Curva I-V: Característica Intensidad vs. Voltaje tomada bajo condiciones determinadas de radiación. Es la información esencial para caracterizar a los módulos fotovoltaicos.

Eficiencia de la celda: Relación entre la potencia que entrega una celda solar (expuesta a pleno sol) a la potencia solar incidente sobre ella.

Horas de sol pico: Número equivalente de horas a 1 kWh/m^2 de radiación solar que produce la misma cantidad de energía solar que bajo las condiciones reales de insolación.

Instalación eléctrica: Conjunto de aparatos y de circuitos asociados, en previsión de un fin particular: producción, conversión, transformación, transmisión, distribución o utilización de la energía eléctrica.

Masa de aire: Medida de la distancia que atraviesa la luz en la atmósfera en su trayectoria hacia la superficie terrestre.

Megawatt: Un millón de watts ($1 \text{ MW} = 1\,000\,000 \text{ W}$)

Módulo o módulo solar fotovoltaico: Conjunto de celdas solares interconectadas dentro de una unidad sellada.

NOCT (Nominal Operation Cell Temperature): Es la temperatura que alcanza la celda cuando ésta se expone a 800 W/m^2 de radiación en un ambiente con aire a 20°C de temperatura y circulando a una velocidad de 1 m/s , cuando la celda está en circuito abierto.

Punto de máxima potencia: Punto de la curva I-V en donde el producto $I \cdot V$ (potencia) tiene su valor máximo.

Voltaje de circuito abierto: Voltaje que se mide en los terminales sin carga de un sistema fotovoltaico.

Voltaje de máxima potencia: Voltaje correspondiente al punto de máxima potencia.

Watt pico: Unidad de medida de un módulo solar fotovoltaico, que significa la cantidad de potencia máxima que puede generar el módulo a condiciones estándar de funcionamiento ($1\,000 \text{ W/m}^2$, 25°C y 1,5 de masa de aire).

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

El tipo de investigación Aplicada³⁰: Para Murillo (2008), la investigación aplicada recibe el nombre de “investigación práctica o empírica”, que se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación. El uso del conocimiento y los resultados de investigación que da como resultado una forma rigurosa, organizada y sistemática de conocer la realidad. La investigación se ajusta a la definición pues se trata de solucionar un problema que adolecen los habitantes del centro poblado Santa Mercedes de Pillingue.

El diseño de la investigación es no experimental: En la investigación se va estudiar a la población sin alterarla es decir sin alterar las variables de estudio.

3.2. Población y muestra

La población Todas las unidades de vivienda y casa comunal del centro poblado Santa Mercedes de Pillingue ubicado en la provincia de Alto Amazonas en Loreto.

³⁰ <https://www.redalyc.org/pdf/440/44015082010.pdf>

La Muestra Todas las unidades de vivienda y casa comunal del centro poblado Santa Mercedes de Pillingue ubicado en la provincia de Alto Amazonas en Loreto.

3.3. Hipótesis

Si dimensionamos un sistema con energías renovables optimizado con HOMER entonces lograremos suministrar de energía eléctrica al centro poblado Santa Mercedes de Pillingue

3.4. Variables - Operacionalización

X: Variable independiente:

Energías renovables

Y: Variable dependiente:

Energía eléctrica

Tabla N° 3: Operacionalización de variables³¹

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES
Independiente: Energías renovables	Se denomina Energía Renovable a la energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen o por ser capaces de regenerarse por medios naturales ³² .	Optimización de un sistema de generación eléctrica con energías eólica y solar.	Irradiación solar. Velocidad del viento. Numero de paneles. Numero de inversores. Números de controladores
Dependiente: Energía eléctrica	La energía eléctrica es una fuente de energía renovable que se obtiene mediante el movimiento de cargas eléctricas (electrones) que se produce en el interior de materiales conductores ³³ (por ejemplo, cables metálicos como el cobre).	Determinar la energía promedio diaria, máxima demanda y la tensión de salida	Energía promedio diaria proyectada. (W.h) Potencia instalada Tensión de suministro (V)

³¹ Fuente: elaboración a partir de conceptos

³² <http://www2.osinerg.gob.pe/EnergiasRenovables/contenido/IntroduccionEnergiasRenovables.html>

³³ <https://twenergy.com/energia/energia-electrica>

3.5. Métodos y Técnicas de investigación

El Método de investigación que se ha utilizado es e deductivo porque se ha considerado los conocimientos e investigaciones de las energías renovables para aplicarlos a un lugar específico.

Las técnicas que se usaron fueron las siguientes:

a) La Entrevista

La entrevista en investigación cualitativa Para Denzin y Lincoln (2005, p. 643, tomado de Vargas, 2012) la entrevista es “una conversación, es el arte de realizar preguntas y escuchar respuestas”. Como técnica de recogida de datos, está fuertemente influenciada por las características personales del entrevistador. Lo utilizaremos para recopilar información del número del número de viviendas, y el consumo de energía eléctrica promedio.

b) Observación

Este tipo de técnica nos permitirá realizar una inspección visual de la situación actual en lo referente a la realidad problemática

c) Análisis de documentos

Para desarrollar esta técnica buscaremos la información en libros actualizados con relación al tema de investigación, también analizar los diferentes trabajos realizados en revistas, manuales, publicaciones en distintas páginas confiables de internet.

3.6. Descripción de los instrumentos utilizados

De acuerdo a la técnica utilizada tenemos los siguientes instrumentos

Tabla N° 4: Tecnicas e instrumentos³⁴

TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
Entrevista	Cuaderno y lapicero
Observación directa	Cuaderno de apuntes, fichas de campo, fotografías.
Análisis de contenido	Libros, tesis, revistas, páginas web de internet

3.7. Análisis Estadístico e interpretación de los datos

En esta etapa la información obtenida como son datos de irradiación solar y velocidad del viento. (la cual es obtenida de la NASA) El valor promedio es lo que vamos a utilizar para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico.

De la encuesta realizada a las viviendas se ha obtenido como resultado que la carga es casi uniforme por lo tanto se ha considerado un valor promedio para las carga y máxima demanda de las viviendas.

Los datos recopilados se han organizado en tablas y gráficas de barras utilizando el MS Excel 2019.

³⁴ Fuente: elaboración propia del autor

CAPITULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

4.1. Propuesta de la investigación

Fundamentados en la problemática existente en el centro poblado Santa Mercedes de Pillingue se propone el uso de las energías renovables: solar y eólica para generar energía eléctrica y optimizarlos con el software HOMER para seleccionar la alternativa más conveniente es decir monosistema eólico, monosistema solar fotovoltaico o híbrido.

Debido a que las viviendas están relativamente próximas se ha considerado una red de distribución secundaria en la cual los nuevos pobladores simplemente pueden solicitar su conexión a la red eléctrica. El sistema óptimo estará conformado por los siguientes equipos:

a) Generador Fotovoltaico: Se propone trabajar con paneles fotovoltaicos de la marca JINKO por ser de una marca reconocida y el número de estos paneles se calculará teniendo en cuenta que deben proporcionar la energía necesaria para el consumo.

b) El controlador de carga: Se propone usar controladores de la marca BLUE SOLAR los cuales son controladores MPPT, el número de controladores se calculará teniendo en cuenta la corriente de cortocircuito del generador fotovoltaico.

c) La batería: Se considera trabajar con baterías de marca reconocida como es el caso de las baterías TROJAN y de una capacidad comercial. El número de las baterías se obtendrá utilizando el software HOMER,

teniendo en cuenta la energía de la carga, el número de días de autonomía y la profundidad de descarga de las baterías.

d) El convertidor o inversor: la finalidad es transformar la energía eléctrica de 48 V en CD a 220 V en alterna que es la que necesita según la placa característica de los aparatos electrodomésticos comunes en la unidades de vivienda.

e) Sistema de distribución en 220 V:

Se considera la red de distribución secundaria debido a que la distancia relativa entre viviendas es mínima esta entre 20m y 50m, esta red transportará la energía eléctrica desde la instalación de generación eléctrica a cada una de las unidades de vivienda y con la ventaja de que a medida que la población aumenta solo es necesario anclarse a la red eléctrica para tener acceso a ella.

El procedimiento que se seguirá hasta la obtención del presupuesto se muestra en el siguiente flujograma.

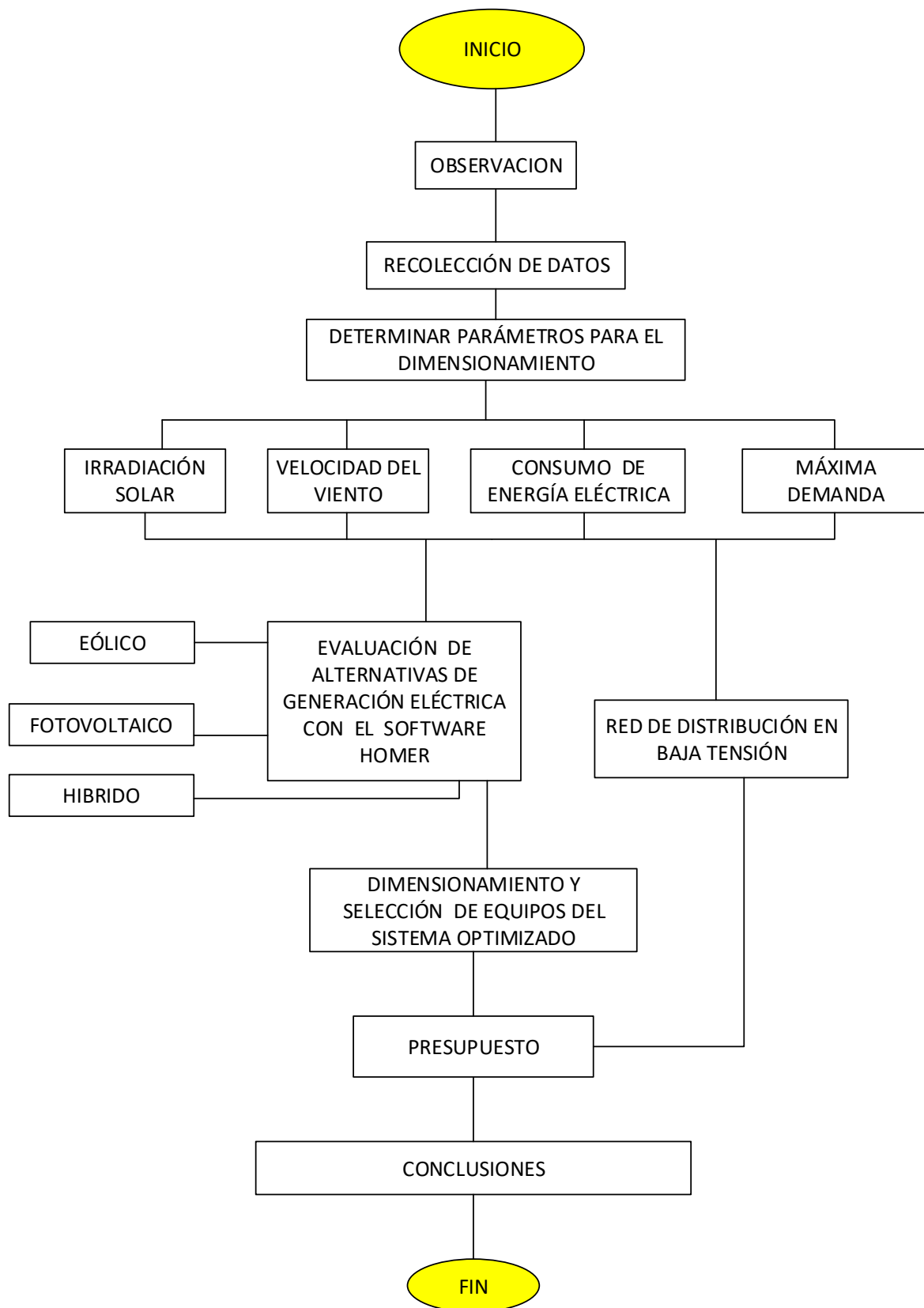


Figura N° 15: Flujograma para el desarrollo de la propuesta³⁵

³⁵ Fuente: elaboración propia

CAPITULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1. Cálculo de la energía promedio diaria proyectada y máxima demanda en el centro Santa Mercedes de Pillingue

El número de unidades de vivienda del centro poblado es de 28 unidades de vivienda y 01 local comunal, con la finalidad de proyectar las unidades de vivienda es necesario obtener el dato de la tasa de crecimiento

Tabla N° 5: Población³⁶ en el departamento de Loreto

Departamento	1940-1961	1961-1972	1972-1981	1981-1993	1993-2007	2007-2017
Total	2,2	2,9	2,5	2,2	1,5	0,7
Amazonas	2,9	4,6	3,0	2,4	0,8	0,1
Áncash	1,5	2,0	1,4	1,2	0,8	0,2
Apurímac	0,5	0,6	0,5	1,4	0,4	0,0
Arequipa	1,9	2,9	3,2	2,2	1,6	1,8
Ayacucho	0,6	1,0	1,1	-0,2	1,5	0,1
Cajamarca	2,0	1,9	1,2	1,7	0,7	-0,3
Prov. Const. del Callao	4,6	3,8	3,6	3,1	2,2	1,2
Cusco	1,1	1,4	1,7	1,8	0,9	0,3
Huancavelica	1,0	0,8	0,5	0,9	1,2	-2,7
Huánuco	1,6	2,1	1,6	2,7	1,1	-0,6
Ica	2,9	3,1	2,2	2,2	1,6	1,8
Junín	2,1	2,7	2,2	1,6	1,2	0,2
La Libertad	2,0	2,8	2,5	2,2	1,7	1,0
Lambayeque	2,8	3,8	3,0	2,6	1,3	0,7
Lima	4,4	5,0	3,5	2,5	2,0	1,2
Loreto	2,8	2,9	2,8	3,0	1,8	-0,1
Madre de Dios	5,4	3,3	4,9	6,1	3,5	2,6
Moquegua	2,0	3,4	3,5	2,0	1,6	0,8

³⁶ https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1530/libro.pdf

De la Tabla N° 5 el valor promedio de las tasas de crecimiento para el departamento de Loreto es de:

$$\begin{aligned} \text{Tasa de crecimiento} &= \frac{2,8\% + 2,9\% + 2,8\% + 3,0\% + 1,9\% - 0,1\%}{6} \\ &= 2,2\% \end{aligned}$$

De los datos de los censos de población calculamos la población proyectada, el número de viviendas proyectados. utilizando la siguiente fórmula:

$$P_{20} = P_0(1 + i)^n \dots \text{(Ec. 3)}$$

$$P_{20} = 87x(1 + 0,022)^{20} = 134,44 \approx 135 \text{ habitantes}$$

$$Vivivenda_{20} = Vivivenda_0x\left(\frac{Poblacion_{20}}{Poblacion_0}\right) \dots \text{(Ec. 4)}$$

$$Vivivenda_{20} = 28x\left(\frac{135}{87}\right) = 43,4 \approx 44 \text{ viviendas}$$

Tabla N° 6: Energía promedio diaria³⁷ para el centro poblado Santa Mercedes de Pillingue

Energía eléctrica promedio diaria y potencia instalada en el centro poblado Santa Mercedes de Pillingue					
Carga	Potencia (W)	Cantidad	Uso diario (h)	Consumo diario promedio (Wh)	potencia (W)
Viviendas proyectadas: 44					
Lámparas	8	3	3	72	24
Televisor	60	1	3	180	60
Carga de celular	10	2	1	20	20
Laptop	60	1	3	180	60
Radio	20	1	3	60	20
Sub total				512	184
Local comunal					
Lámparas	8	3	3	72	24
equipo de sonido	300	1	3	900	300
Televisor	80	1	4	320	80
Carga de celular	10	2	1	20	20
Sub total				1 312,00	424
Alumbrado publico					
Lámparas	60	1	12	720	60
Sub total				720,00	60
Total				24 560,00	8 580

De la Tabla N° 6 La energía promedio diaria es de 24 560 W.h y una máxima demanda de 8 580 kW

³⁷ Fuente: elaboración propia del autor

5.2. Equipamiento del sistema

Para evaluar el sistema con el software HOMER es necesario incluir un equipamiento mínimo y HOMER se encarga de optimizarlo

Paneles fotovoltaicos

Se propone el uso de paneles de la marca Jinko de 275 Wp y 60 células



Figura N° 16: Paneles fotovoltaicas Jinko³⁸ de 275 Wp (ANEXO 03)

³⁸<https://www.monsolar.com/panel-solar-jinko-eagle-60.html>

Baterías

Se propone baterías de la marca TROJAN de 205 A.h



Figura N° 17: batería 12 V, 205 Ah Trojan (ANEXO 02)³⁹

Regulador



Figura N° 18: Controlador⁴⁰ 150/70 VICTRON ENERGY (ANEXO 06)

³⁹ <https://www.tekosolar.com/bateria-solar-trojan-agm-sagm-12v-205a/>

⁴⁰ <https://autosolar.pe/controladores-de-carga>

Inversor



Figura N° 19: Inversor STUDER⁴¹ (ANEXO 04)

Aerogenerador:

Se considera trabajar con aerogeneradores que tengan una velocidad de arranque de 2m/s con la finalidad de aprovechar al máximo la energía eólica por ello proponemos el uso de un aerogenerador de ENAIR de 3 kW que

⁴¹ <https://ecofener.com/inversores-instalacion-aislada-con-cargador-de-baterias-48v/681-inversor-de-48vcc-a-230vcc-de-onda-senoidal-pura-y-6000w-con-cargador-de-100a-studer-xth-6000-48.html>

tiene una velocidad de arranque de 2 m/s y que su curva de potencia se muestra a continuación

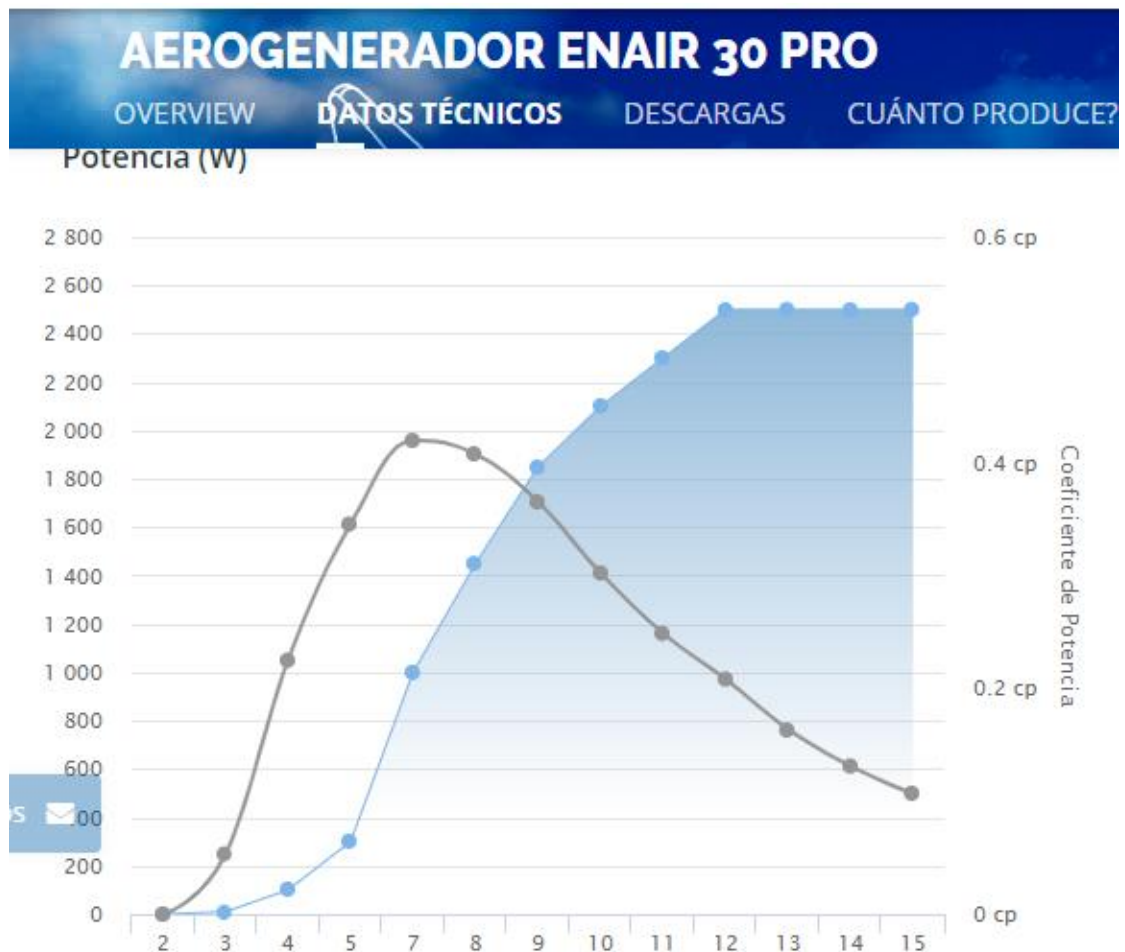


Figura N° 20: Curva de potencia del aerogenerador⁴² ENAIR

⁴² Fuente: <https://www.enair.es/es/aerogeneradores/e30pro>

5.2.1. Optimización HOMER

5.2.1.1. Introducción de datos

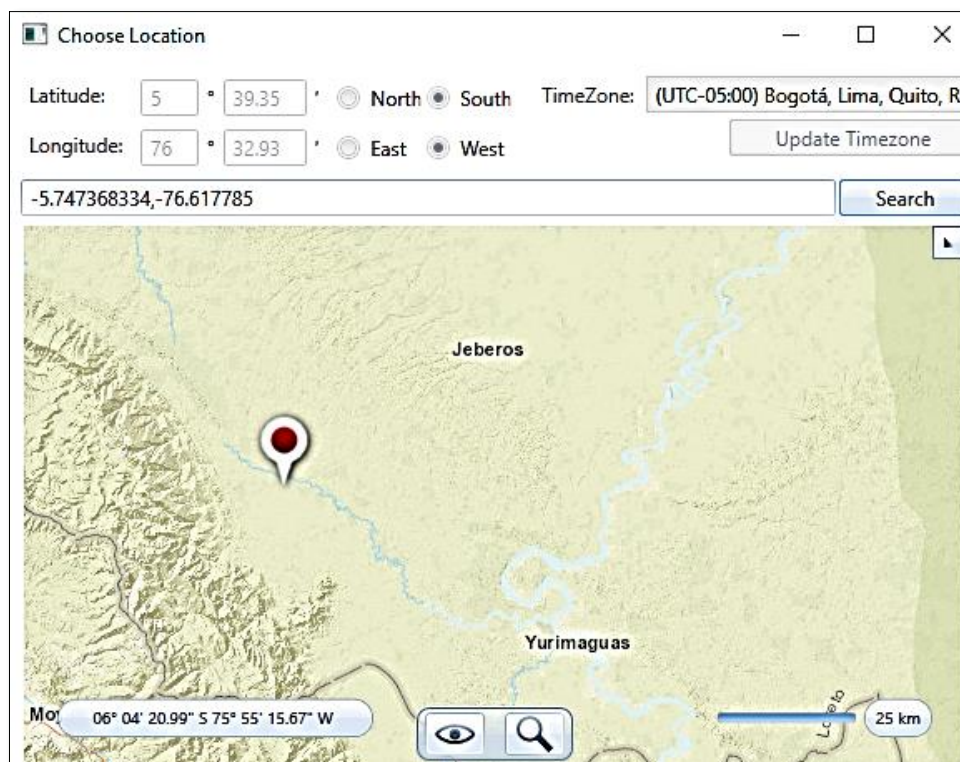
Ubicación

Se ingresan los datos de ubicación del centro poblado Santa Mercedes de Pillingue en Loreto

Tabla N° 7: Ubicación del centro poblado Santa Mercedes de Pillingue⁴³

Latitud	-5.747368334
Longitud	-76.617785

Figura N° 21: Ingreso de datos de ubicación en HOMER



⁴³ <http://sige.inei.gob.pe/test/atlas/>

5.2.1.2. Recurso solar

Los datos del recurso solar son importados de la NASA tal como se puede observar en la Figura N° 22 donde el valor de irradiación solar es cambiante con un valor mínimo de 3,86 kWh/m²/día y un valor máximo de 4,72 kWh/m²/día.

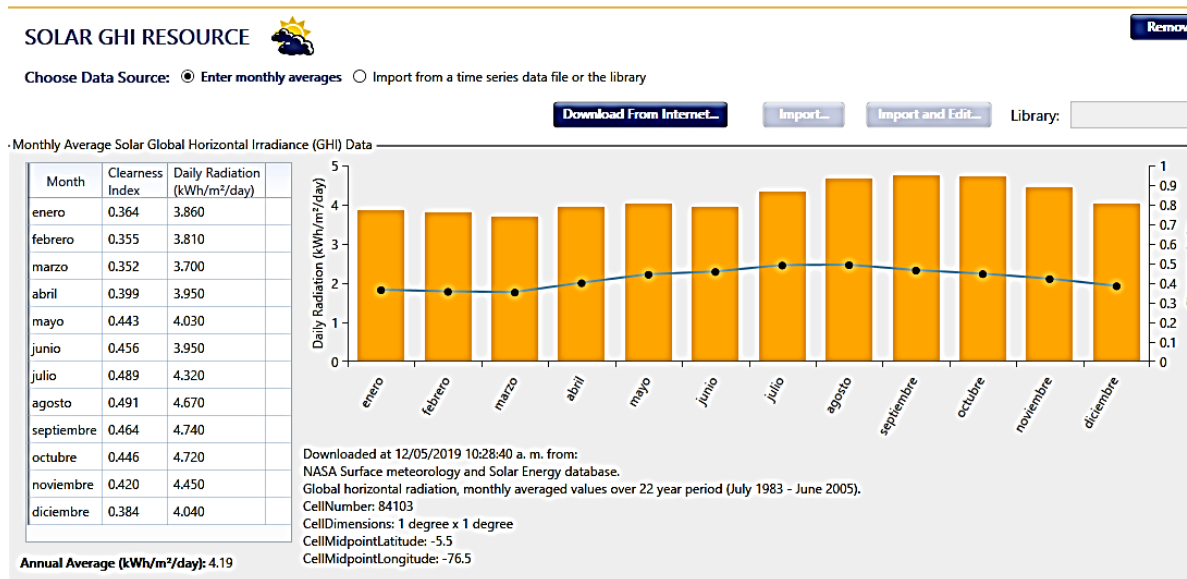


Figura N° 22: Importación de datos del recurso solar⁴⁴

ATLAS DE ENERGÍA SOLAR DEL PERÚ⁴⁵, del ANEXO 01 corroboramos los datos de HOMER puesto que la irradiación solar según el atlas del SENAMHI esta entre entre 4,0 kWh/m²/día y 4,5 kWh/m²/día.

⁴⁴ Fuente: Software HOMER

⁴⁵ (SENAMHI 2003)

Por defecto Project life time (years) está en 25 años lo modificaremos para 20 que consideramos la vida útil del sistema fotovoltaico. Se considera como máximo una pérdida de carga de 1%

5.2.1.3. Recurso eólico

Los datos del recurso eólico serán importados de la NASA

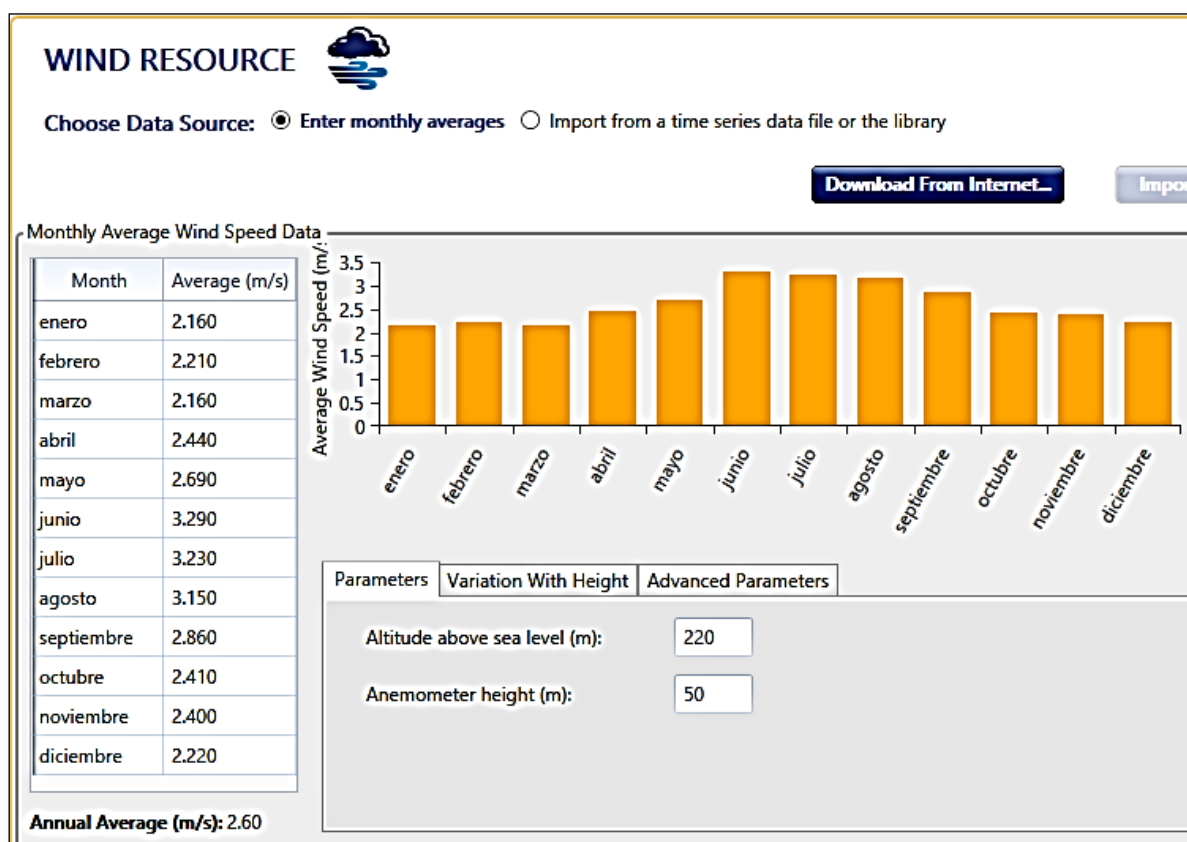


Figura N° 23: importación de datos del recurso eólico⁴⁶

5.2.1.4. Demanda eléctrica

En el centro poblado Santa Mercedes de Pillingue se ha proyectado el número de viviendas para un horizonte de 20 años que es de 44 y un local comunal

⁴⁶ Fuente: Software HOMER

HOMER elabora el diagrama de carga para el centro poblado en base a la energía 24,56 kW.h y al uso que se destinara cada lote en este caso residencial, obteniendo una aproximación de la carga que se requiere abastecer.

Entonces ingresamos los componentes en la pestaña Load e ingresamos la energía promedio diaria 24,56 kWh/día, en scaled Annual Average (kWh/día) y generamos una carga con HOMER, dejamos los valores de variabilidad por defecto

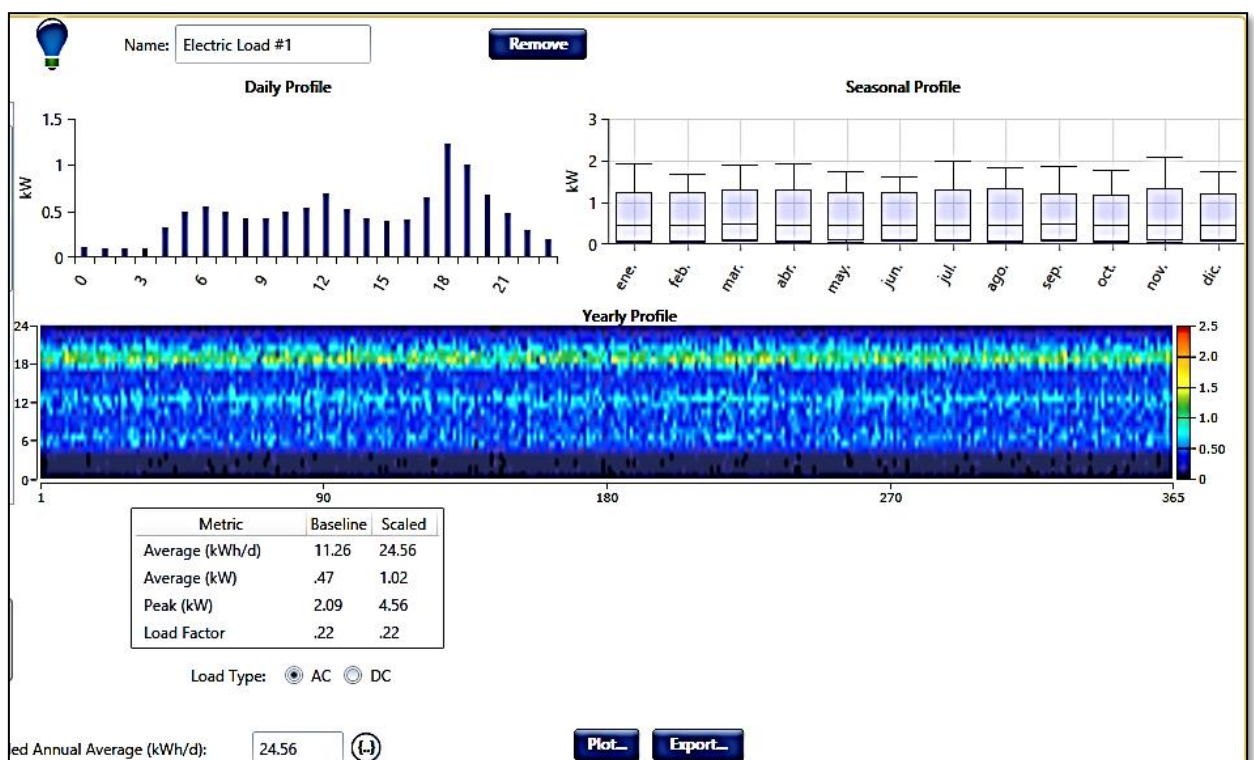


Figura N° 24: pestaña de introducción de la carga en HOMER

Fuente: software HOMER

5.2.1.5. Equipamiento

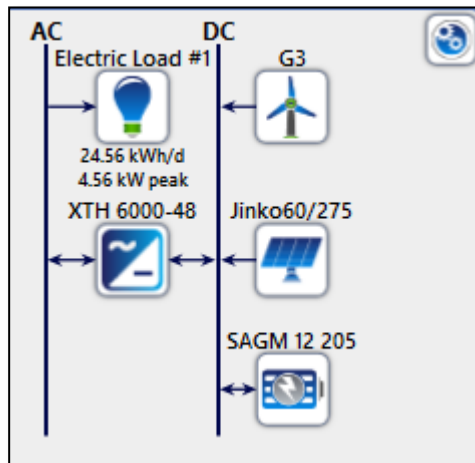


Figura N° 25: Ingreso de equipamiento en HOMER⁴⁷

5.2.1.6. Optimización

HOMER generará las distintas configuraciones que serán combinaciones de los equipos previamente introducidos entonces agregamos los componentes de sistema fotovoltaico que se obtuvieron en la etapa de precálculo

Luego le hacemos click en la opción calcular para que determine el número de quipos necesarios para el sistema fotovoltaico o potencia de los componentes del sistema fotovoltaico.

HOMER simula la operación de un sistema por medio de cálculos de balances de energía para cada una de las 8 760 horas de un año. Para cada hora HOMER compara la carga eléctrica con la carga que el sistema puede entregar. HOMER también verifica si el sistema satisface las cargas para todo el año.

Los resultados de la optimización se muestran en la siguiente Tabla:

⁴⁷ Software HOMER

Tabla N° 8: Análisis de optimización con HOMER⁴⁸

Sensitivity		Architecture								Cost				
NominalDiscountRate (%)	Diesel Fuel Price (\$/L)					Jinko60/275 (kW)	G3	SAGM 12 205	XTH 6000-48 (kW)	Dispatch	COE (\$)	NPC (\$)	Operating cost (\$)	Initial capital (\$)
12.0	0.500					12.6		16	4.00	CC	\$0.646	\$41,764	\$1,764	\$28,584
3.00	0.500					12.6		16	4.00	CC	\$0.439	\$56,537	\$1,879	\$40,296
8.00	0.500					12.6		16	4.00	CC	\$0.548	\$46,627	\$1,838	\$13,117
12.0	1.00					12.6		16	4.00	CC	\$0.646	\$41,764	\$1,764	\$1,120,000
3.00	1.00					12.6		16	4.00	CC	\$0.439	\$56,537	\$1,879	\$1,120,000

Optimization Results															
Left Double Click on a particular system to see its detailed Simulation Results.															
Architecture										Cost				System	
					Jinko60/275 (kW)	G3	SAGM 12 205	XTH 6000-48 (kW)	Dispatch	COE (\$)	NPC (\$)	Operating cost (\$)	Initial capital (\$)	Ren Frac (%)	Capital Cost (\$)
					12.6		16	4.00	CC	\$0.646	\$41,764	\$1,764	\$28,584	100	13,405
					12.3	1	16	4.00	CC	\$0.841	\$54,504	\$1,902	\$40,296	100	13,117
						90	48	3.00	CC	\$19.15	\$1.24M	\$16,627	\$1.12M	100	

⁴⁸ Software HOMER

Tabla N° 9: Combinaciones optimas en orden de acuerdo⁴⁹ al NPC

Optimization Results															
Left Double Click on a particular system to see its detailed Simulation Results.															
<input checked="" type="radio"/> Categorized <input type="radio"/> Overall															
Architecture										Cost				System	Jinko60
			Jinko60/275 (kW)	G3	SAGM 12 205	XTH 6000-48 (kW)	Dispatch	COE (\$)	NPC (\$)	Operating cost (\$)	Initial capital (\$)	Ren Frac (%)	Capital Co: (\$)		
			12.6		16	4.00	CC	\$0.646	\$41,764	\$1,764	\$28,584	100	13,405		
			12.3	1	16	4.00	CC	\$0.841	\$54,504	\$1,902	\$40,296	100	13,117		
				90	48	3.00	CC	\$19.15	\$1.24M	\$16,627	\$1.12M	100			

⁴⁹ Fuente: software HOMER

5.2.1.7. Análisis de los resultados

De la Tabla N° 9 observamos que el sistema optimo es el sistema fotovoltaico luego le sigue el sistema hibrido eólico fotovoltaico y por último el sistema eólico.

Obsérvese que la segunda opción que se muestra en la Tabla N° 9 es un sistema hibrido eólico fotovoltaico los resultados se muestran en la Figura N° 26

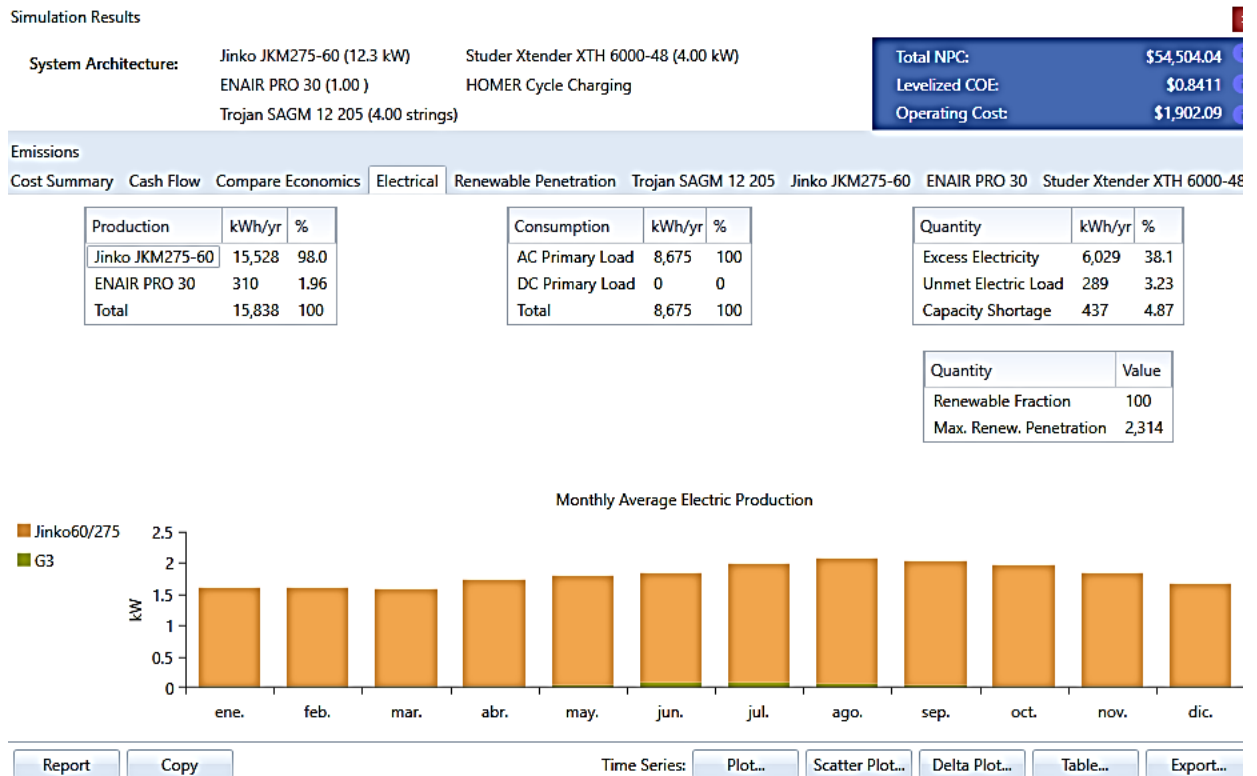


Figura N° 26: Resultados de la segunda opción: sistema hibrido⁵⁰

La contribución anual del aerogenerador del 2 % de la energía total, mientras que los paneles fotovoltaicos suministran el 98 % de energía a la carga.

⁵⁰ Softwart HOMER

Tabla N° 10: Contribución de energía eléctrica a la carga con un sistema híbrido⁵¹

Production	kWh/yr	%
Jinko JKM275-60	15,528	98.0
ENAIR PRO 30	310	1.96
Total	15,838	100

La tercera alternativa según la Tabla N° 9 es un sistema eólico, pero para satisfacer la demanda de la carga la NPC es de 1,24 millones de dólares.

5.2.1.8. Alternativa seleccionada

De la Tabla N° 9 donde observamos las alternativas por las cuales podemos optar donde la primera alternativa que se muestra es el sistema fotovoltaico, la segunda alternativa es un sistema híbrido eólico – fotovoltaico y la tercera alternativa es un sistema eólico; se ha optado por la primera alternativa es decir un sistema de generación de energía eléctrica donde la energía renovable es la solar

solar fotovoltaica se requiere el siguiente equipamiento:

Potencia del generador fotovoltaico= 12,60 kWp

Numero de baterías: 16

Potencia del inversor: 4,0 kW

⁵¹ Software HOMER

El número de paneles fotovoltaicos necesarios para generar una potencia de 12,60 kWp,

$$N_{\text{numero de paneles}} = \frac{\text{Potencia del generador}}{\text{Potencia panel}(Wp)}. \text{ (Ec. 5)}$$

$$N_{\text{numero de paneles}} = \frac{12\,6000 \text{ (Wp)}}{275} = 45,82 \approx 46$$

De donde se obtiene que:

Se usaran 48 paneles fotovoltaicos JINKO de 275 Wp

Como la tensión de trabajo de los paneles solares es de 24 V y la tensión del sistema va a ser de 48 V, entonces Haciendo uso de la ecuación (6) para saber el número de paneles fotovoltaicos a conectarse en serie:

$$N_{\text{paneles en serie}} = V_{\text{del sistema en CD}} / V_{\text{modulofotovoltaico}} \dots \text{ (Ec. 6)}$$

Reemplazando

$$N_{\text{paneles en serie}} = 48 / 24 = 2$$

Al conectar dos módulos en serie entonces tendremos ramas de dos módulos las cuales van a ser conectadas en paralelo para el cual usaremos la ecuación (7)

$$N_{\text{ramas en paralelo}} = N_{\text{paneles}} / N_{\text{paneles en serie}} \dots \text{ (Ec. 7)}$$

Reemplazando:

$$N_{\text{ramas en paralelo}} = 46 / 2 = 24$$

5.2.1.9. Dimensionado del controlador

Para determinar la corriente eléctrica mínima que circulara por el regulador hacemos uso de la ecuación (8)

$$I_{regular} = 1,25 \times I_{Cortocircuito\ del\ panel} \times N_{ramas\ en\ paralelo} \dots (Ec. 8)$$

Reemplazando

$$I_{minimo\ del\ regular} = 1,25 \times 9,15 \times 24 = 274,50\ A$$

El número de reguladores para nuestra instalación considerando los reguladores BLUE SOLAR 150/70 (ANEXO 05) con una capacidad de corriente de 70 A

$$N_{reguladores} = 274,50 / 70 = 3,92 \approx 4$$

Se usaran 4 reguladores BLUE SOLAR 150/70

5.2.1.10. Angulo óptimo de inclinación:

Según el libro de instalaciones solares fotovoltaica (Agustin Castejon s.f.) el ángulo de inclinación óptimo de los paneles fotovoltaicos fijos se calcula con la siguiente ecuación

$$\beta_{opt} = 3,7 + (0,69 \times |-Latitud|) \dots (Ec. 9)$$

sabiendo que la latitud es de

Latitud: -5.87510581359

luego el ángulo óptimo es de 7,75°.

5.2.1.11. Dimensionamiento de los conductores eléctricos

Utilizaremos conductores eléctricos NYY (ANEXO 05)

Corriente eléctrica en el tramo campo fotovoltaico – regulador

Haciendo uso de la Ecuación (8) tenemos:

$$I_{\text{mínimo del regular}} = 1,25 \times 9,15 \times 6 = 68,63 \text{ A}$$

Corriente eléctrica en el tramo regulador – inversor

Cálculo de la intensidad máxima que debe soportar el tramo regulador – inversor

Haciendo uso de la siguiente ecuación (10) tenemos:

$$I_{MAX \text{ inv}} = 1,25 \times P_{\text{inversor}} / (V_{\text{tension de trabajo}} \times \eta_{\text{inversor}}) \dots (\text{Ec. 10})$$

$$I_{MAX \text{ inv}} = 1,25 \times 6000 / (48 \times 0,96) = 40,69 \text{ A}$$

Las caídas de tensión máximas recomendadas se muestran a continuación

Tabla N° 11: Caída de tensión por cada tramo de la instalación fotovoltaica⁵²

Subsistema	Caída tensión Máxima
Paneles – Regulador	3%
Regulador – Baterías	1%
Baterías – Inversor	1%

⁵² <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/calculo-seccion-de-cable-para-paneles-solares/>

Tabla N° 12: Conductores eléctricos⁵³ NYY

CALIBRE N° x mm ²	N° HILOS	ESPEORES		DIÁMETRO EXTERIOR mm	PESO (Kg/Km)	CAPACIDAD DE CORRIENTE (*)		
		AISLAMIENTO mm	CUBIERTA mm			ENTERRADO A	AIRE A	DUCTO A
2x1x6	1	1	1.4	15.4	218	77	58	62
2x1x10	1	1	1.4	17	307	105	80	85
2x1x16	7	1	1.4	19.3	454	136	108	112
2x1x25	7	1.2	1.4	22.5	672	170	140	140
2x1x35	7	1.2	1.4	24.6	880	205	175	170

Para el cálculo de la sección mínima del conductor usando la ecuación (10) y y la Tabla N° 12 de conductores eléctrico NYY

$$S_{CABLE} = \frac{2 \times L \times I}{56 \times \Delta V} \dots (Ec. 11)$$

Donde:

S_{CABLE} = Sección mínima recomendada [mm^2].

L = Longitud tramo [m].

I = Corriente para cada tramo de la instalación [A].

ΔV = Caída máxima permitida para cada tramo [V].

tenemos lo siguiente:

Tabla N° 13: Calculo del conductor eléctrico en cada tramo⁵⁴

Tramo	L(m)	i (dc)	ΔV (V)	S cal (mm^2)	S(mm^2) NYY
Generador- Controlador	6	68,63	1,44	5,11	16
Regulador- acumulador	2	68,63	0,48	15,32	16
Regulador-inversor	2	40,69	0,48	9,08	16

⁵³ <http://www.promelsa.com.pe/pdf/1000668.pdf>

⁵⁴ Elaboración propia

5.3. Red de distribución eléctrica

5.3.1. Cálculos eléctricos

Para la red de distribución secundaria se propone un sistema eléctrico monofásico con conductores autoportantes 1x16/25 y 2x16/25, los cuales se verificarán que cumplan con los requerimientos eléctricos y mecánicos.

La caída máxima de tensión entre la subestación de distribución y el extremo terminal más alejado de la red no deberá exceder el 7,0 % para nuestro caso Sistema 220 V: Máxima caída tensión 15,4 V.

Tabla N° 14: Capacidad de corriente de los conductores eléctricos seleccionados⁵⁵

Cable	K(factor de caída de tensión)	Capacidad de corriente (A)
1X16+N25	3,272	64
2X16+N25	3,272	64

De la Tabla N° 14 se observa que la capacidad de corriente de los cables propuestos son de 64 A.

Verificación del conductor propuesto por capacidad de corriente

De la potencia del inversor obtenemos la corriente eléctrica de diseño:

Aquí consideraremos la potencia del inversor

$$I_{MAX\ carga} = 6\ 000 / (220 \times 0,85)$$

$$I_{MAX\ carga} = 32,08\ A < 64\ A \quad \mathbf{ok}$$

⁵⁵ Fuente: norma D.G.E. rd031-2003-EM

Verificación del conductor propuesto por caída de tensión

En el ANEXO 09 se puede observar que la caída de tensión en ambos circuitos es menor del 7%, por lo que el conductor cumple con las condiciones.

5.3.2. Cálculos mecánicos de conductores autoportantes

Las características mecánicas de los cables autoportantes se detallan en la

Tabla N° 17

5.3.2.1. Hipótesis de estado

Para los cálculos mecánicos del conductor se hacen uso de las siguientes hipótesis (Tabla N° 15) y sobre la base de los factores meteorológicos.

a) Velocidad del Viento

b) Temperatura⁵⁶

Tabla N° 15: Hipótesis para la ecuación de cambio de estado

HIPÓTESIS N° 1: Condición de máximo esfuerzo	Temperatura: 5°C. Velocidad de viento: 70 Km/h.
HIPÓTESIS N° 2: Condición de mayor duración (EDS)	Temperatura: 28° C. Velocidad de viento: Nula.
HIPÓTESIS N°3: Condición de flecha máxima	Temperatura: 50°C. Velocidad de viento: Nula.

Fuente. Elaboración propia

⁵⁶ <https://es.climate-data.org/americadel-sur/ecuador/provincia-de-morona-santiago/amazonas-177663/>

Del ANEXO 08: observamos que el vano básico es de 50 m

Tabla N° 16: Cálculos mecánicos del conductor⁵⁷

Vano (m)	50
HIP. I	
σ (Kg/mm ²)	9,12
f (m)	0,54
HIP. II	
σ (Kg/mm ²)	5,44
f (m)	0,37
HIP. III	
σ (Kg/mm ²)	3,51
f (m)	0,57

De la Tabla N° 16 observamos que el esfuerzo máximo es de 9,12 kg/mm² el cual es menor que 17,9 kg/mm² establecido por la norma 031 de electrificación rural. (031-2003-DGE 2003).

Por lo que podemos concluir que el conductor eléctrico propuesto cumple con los requerimientos eléctricos y mecánicos.

⁵⁷ Fuente: elaboración propia

Tabla N° 17: Parámetros eléctricos de cables autoportantes⁵⁸

FORMACIÓN	RESISTENCIA DEL CONDUCTOR DE FASE (Ω /Km)		RESISTENCIA DEL CONDUCTOR DE ALUMBRADO PUBLICO (Ω /Km)		RESISTENCIA DEL CONDUCTOR NEUTRO (Ω /Km)		REACTANCIA INDUCTIVA (Ω /Km)		FACTOR DE CAÍDA DE TENSIÓN			CAPACIDAD DE CORRIENTE A 40 °C	
	A 20 °C	A 40 °C	A 20 °C	A 40 °C	A 20 °C	A 40 °C	XL(30)	XL (10)	K (380-220)	K(440-220 V)	K(220 VAP)	Cond. Fase	Cond.
3x35+16/25	0,868	0,929	1,910	2,045	1,38	1,478	0,094	0,123	1,607	-	3,272	102	64
3x25+16/25	1,200	1,285	1,910	2,045	1,38	1,478	0,100	0,116	2,223	-	3,272	83	64
3x16+16/25	1,910	2,045	1,910	2,045	1,38	1,478	0,110	0,110	3,538	-	3,272	64	64
3x35/25	0,868	0,929	-	-	1,38	1,478	0,091	-	1,607	-	-	102	-
3x25/25	1,200	1,285	-	-	1,38	1,478	0,095	-	2,223	-	-	83	-
3x16/25	1,910	2,045	-	-	1,38	1,478	0,103	-	3,538	-	-	64	-
2x35+16/25	0,868	0,929	1,910	2,045	1,38	1,478	0,086	0,114		3,780	3,272	102	64
2x25+16/25	1,200	1,285	1,910	2,045	1,38	1,478	0,093	0,109		3,776	3,272	83	64
2x16+16/25	1,910	2,045	1,910	2,045	1,38	1,478	0,096	0,096	3,538	3,765	3,272	64	64
2x16/25	1,910	2,045	-	-	1,38	1,478	-	0,096	-	3,765	3,272	64	-
1x16/25	1,910	2,045	-	-	1,38	1,478	-	0,094	-		3,272	64	-

⁵⁸ (031-2003-DGE 2003)

5.4. Medrado y presupuesto

5.4.1. Medrado y presupuesto del sistema fotovoltaico

Tabla N° 18: valor referencial para el suministro de materiales para el sistema fotovoltaico⁵⁹

Descripción	Costo/unitario (S/.)	Costo (S/.)
48 paneles JINKO de 275 Wp	972,18	46 664,64
16 baterías TROJAN de 205 A.h	2 576,30	41 220,80
04 controlador 150/70	2 697,14	10 788,56
01 inversor STUDER de 6 kW	13 047,94	13 047,94
Accesorios	1 000,00	1000,00
Total, del Suministro		112 721,94

Tabla N° 19: Costo directo del sistema fotovoltaico⁶⁰

Descripción	Costo (S/.)
suministro	112 721,94
Montaje	3 3381,66
Transporte	11 272,19
Costo Directo	127 375,79

⁵⁹ Fuente: elaboración propia del autor

⁶⁰ Fuente: elaboración propia del autor

Tabla N° 20: Presupuesto para el suministro de materiales de la red secundaria⁶¹

VALOR REFERENCIAL- SUMINISTRO DE MATERIALES				
SUMINISTRO DE MATERIALES PARA REDES SECUNDARIAS				
REDES SECUNDARIAS Y CONEXIONES DOMICILIARIAS 220 V, PARA EL PROYECTO: "OPTIMIZACIÓN CON EL SOFTWARE HOMER DE UN SISTEMA ELÉCTRICO CON ENERGÍA RENOVABLE EN EL CENTRO POBLADO SANTA MERCEDES DE PILINGUE EN EL DISTRITO DE Balsa Puerto-Loreto"				
ITEM	DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS	UNID.	Metrado Total Cantidad	Costo Unitario \$/ TOTAL \$/
1.00	POSTES DE CONCRETO ARMADO CENTRIFUGADO			
1.01	POSTE DE CAC 8m/200 daN (INCLUYE PERILLA)	u	17,00	645,75 10 977,75
1.02	POSTE DE CAC 8m/300 daN (INCLUYE PERILLA)	u	12,00	410,00 4 920,00
	SUB-TOTAL 1:			15 897,75
2.00	CABLES Y CONDUCTORES DE ALUMINIO			
2.02	CONDUCTOR AUTOPORTANTE DE ALUMINIO TIPO 1X16/25	Km	1,49	4000,00 5 940,00
2.05	CONDUCTOR AUTOPORTANTE DE ALUMINIO TIPO 2X16/25	Km	0,04	6000,00 264,00
	SUB-TOTAL 2:			6 204,00
3.00	ACCESORIOS DE CABLES AUTOPORTANTES			
3.01	GRAPA DE SUSPENSION ANGULAR PARA CONDUCTOR DE ALEACION DE ALUMINIO DE 25 A 35 mm ²	u	19,00	13,00 247,00
3.02	GRAPA DE ANCLAJE PARA CONDUCTOR DE ALEACION DE ALUMINIO DE 25 A 35 mm ²	u		15,00
3.03	CONECTOR BIMETÁLICO, PARA Al 25mm ² /Cu 4-10 mm ² , PARA NEUTRO DESNUDO, TIPO CUÑA	u		5,57
3.04	CONECTOR BIMETÁLICO AISLADO, PARA Al 35mm ² /Cu 4-10 mm ² , PARA FASE AISLADA, TIPO PERFORACIÓN	u		10,50
3.05	CONECTOR, PARA Al 25mm ² , PARA NEUTRO DESNUDO, TIPO CUÑA	u		6,70
3.06	CONECTOR AISLADO, PARA Al 35mm ² , PARA FASE AISLADA, TIPO PERFORACIÓN	u		10,50
3.07	CORREA PLASTICA DE AMARRE COLOR NEGRO	u	116,00	0,35 40,60
3.08	CINTA AUTOFUNDANTE PARA EXTREMO DE CABLE	u	24,00	3,05 73,20
3.09	CINTA AISLANTE	rl	100,00	3,60 360,00
	SUB-TOTAL 3:			720,80
4.00	CABLES Y CONDUCTORES DE COBRE			
4.04	CONDUCTOR DE Cu RECOCIDO, TIPO N2XY, BIPOLAR, 2x10 mm ² , CUBIERTA NEGRA	m		11,76
4.07	CONDUCTOR DE COBRE CONCENTRICO, 2 x 4 mm ² , CON AISLAMIENTO Y CUBIERTA DE PVC	m	570,00	4,90 2 793,00
4.08	CONDUCTOR DE COBRE RECOCIDO, CABLEADO, DESNUDO DE 16 mm ²	m	72,00	6,60 475,20
	SUB-TOTAL 4:			3 268,20
5.00	LUMINARIAS, LAMPARAS Y ACCESORIOS			
5.01	PASTORAL TUBO A°G° 38 mm f, INT.; 500mm AVANCE HORIZ.; 720 mm ALTURA, Y 20° INCLINACION, PROVISTO DE 2 ABRAZADERAS DOBLES PARA POSTE DE CAC	u	1,00	90,00 90,00
5.02	LUMINARIA COMPLETA CON EQUIPO PARA LAMPARA DE 50 W	u	1,00	196,00 196,00
5.03	LAMPARA DE VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESION DE 50 W	u	1,00	35,00 35,00
5.04	PORTA FUSIBLE UNIPOLAR 220V, 5A, PROVISTO CON FUSIBLE DE 1A	u	1,00	25,00 25,00
5.05	CONECTOR BIMETÁLICO FORRADO PARA Al 35 mm ² /Cu 4-10 mm ² , PARA FASE AISLADA TIPO PERFORACIÓN	u	1,00	10,50 10,50
5.06	CONECTOR BIMETÁLICO PARA Al 25 mm ² /Cu 4-10 mm ² , PARA NEUTRO DESNUDO TIPO CUÑA	u	1,00	5,92 5,92
	SUB-TOTAL 5:			362,42
6.00	RETENIDAS Y ANCLAJES			
6.01	CABLE DE ACERO GRADO SIEMENS MARTIN, DE 10 mm Ø, 7 HILOS	m	80,00	4,20 336,00
6.02	PERNO ANGULAR CON OJAL-GUARDACABO DE A°G°, 16 mm Ø x 203 mm, PROVISTO DE TUERCA Y CONTRATUERCA	u	48,00	9,50 456,00
6.04	VARILLA DE ANCLAJE DE A° G° DE 16 mm Ø x 2.40 m, PROV. DE OJAL GUARD. EN UN EXTREMO; TCA Y CTCA EN EL OTRO	u	8,00	35,00 280,00
6.05	ARANDELA DE ANCLAJE, DE A° G°, 102 x 102 x 5 mm, AGUJERO DE 18 mmØ	u	8,00	5,00 40,00
6.06	MORDAZA PREFORMADA DE A° G° PARA CABLE DE 10 mm Ø	u	16,00	9,00 144,00
6.07	ARANDELA CUADRADA CURVA DE A° G°, 57 x 57 x 5 mm, AGUJERO DE 18 mmØ	u	16,00	2,00 32,00
6.08	SOPORTE DE CONTRAPUNTA DE 51 mmØx1000mm DE LONG. CON ABRAZADERA PARTIDA EN UN EXTREMO	u		70,00
6.09	ALAMBRE DE ACERO N° 12; PARA ENTORCHADO	m	24,00	1,00 24,00
6.10	BLOQUE DE CONCRETO DE 0,40 x 0,40 x 0,15 m	u	8,00	28,00 224,00
6.11	CONECTOR BIMETÁLICO FORRADO PARA Al 25 mm ² Y COBRE DE 16mm ² , TIPO CUÑA	u	8,00	6,70 53,60
6.12	CONECTOR DOBLE VIA BIMETÁLICO PARA CABLE DE ACERO DE 10mmØ Y COBRE DE 16 mm ²	u	8,00	5,92 47,36
	SUB-TOTAL 6:			1 636,96
7.00	ACCESORIOS DE FERRETERIA PARA ESTRUCTURAS			
7.01	PERNO CON GANCHO DE 16mm Ø, PROVISTO DE ARANDELA, TUERCA Y CONTRAT., LONG. 203 mm	u		9,80
7.02	PERNO CON GANCHO DE 16mm Ø, PROVISTO DE ARANDELA, TUERCA Y CONTRAT., LONG. 254 mm	u	25,00	10,80 270,00
7.03	PERNO DE A°G° DE 13mm Ø, PROVISTO DE TUERCA Y CONTRAT., LONG. 203 mm	u		7,70
7.04	PERNO DE A°G° DE 13mm Ø, PROVISTO DE TUERCA Y CONTRAT., LONG. 254 mm	u	29,00	8,20 237,80
7.05	PERNO CON OJAL, DE A°G° DE 16mm Ø, PROVISTO DE TUERCA Y CONTRAT., LONG. 203 mm	u		9,30
7.06	PERNO CON OJAL, DE A°G° DE 16mm Ø, PROVISTO DE TUERCA Y CONTRAT., LONG. 254 mm	u	12,00	11,20 134,40
7.07	TUERCA-OJAL DE A°G° PARA PERNO DE 16 mmØ	u		8,30
7.08	FLEJE DE ACERO INOXIDABLE DE 19 mm PROVISTO DE HEBILLA, 40 cm LONGITUD	u		6,58
7.09	ARANDELA CUADRADA CURVA DE 57x57 mm, AGUJERO DE 18mmØ	u	27,00	2,00 54,00
7.11	CAJA DE DERIVACION PARA ACOMETIDAS, SISTEMA 220 V (10 BORNERAS EN CADA BARRA DE Cu)	u		185,00
7.12	PORTALINEA UNIPOLAR DE A°G°, PROVISTO DE PIN DE 10 mm Ø	u	58,00	4,28 248,24
	SUB-TOTAL 7:			944,44
8.00	PUESTA A TIERRA			
8.01	ELECTRODO DE ACERO RECUBIERTO DE COBRE DE 16 mm Ø x 2,40 m	u	8,00	43,00 344,00
8.02	CONECTOR BIMETÁLICO PARA Al 25 mm ² Y COBRE DE 16mm ² , TIPO CUÑA	u	8,00	7,20 57,60
	CONECTOR DE BRONCE PARA ELECTRODO DE 16 mm Ø Y CONDUCTOR DE COBRE 16 mm ²	u	8,00	6,50 52,00
	SUB-TOTAL 8:			453,60
9.00	CONEXIONES DOMICILIARIAS			
9.01	TUBO DE A°G° STANDARD / REDONDO DE 19mm x 1,5mm x 2,5m, PROVISTO DE CODO	u	14,50	33,49 485,61
9.06	ARMELLA TIRAFONDO DE 10mm f x 64mm DE LONGITUD	u	29,00	1,20 34,80
9.07	TARUGO DE CEDRO DE 13 mm x50 mm	u	29,00	0,66 19,14
9.08	ALAMBRE GALVANIZADO N° 12 AWG	m	116,00	1,00 116,00
9.09	CONECTOR BIMETÁLICO AISLADO, PARA Al 25 mm ² /Cu 4-10 mm ² , PARA FASE AISLADA, TIPO PERFORACIÓN	u	29,00	10,50 304,50
9.10	CONECTOR BIMETÁLICO, PARA Al 25 mm ² /Cu 4-10 mm ² , PARA NEUTRO DESNUDO, TIPO CUÑA	u	29,00	4,30 124,70
9.11	EMPLADOR DE A°G°	u	58,00	2,10 121,80
9.12	CAJA METALICA PORTAMEDIDOR, EQUIPADO CON INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 10A	u	29,00	76,66 2 223,14
9.13	MEDIDOR MONOF. DE ENERGIA ACTIVA, TIPO ELECTRONICO CON MICRO PROCESADOR DE 220 V; 10-40 A; 60 Hz; CLASE 1.	u	29,00	90,00 2 610,00
	SUB-TOTAL 9:			6 039,69
TOTAL SUMINISTRO DE MATERIALES			\$/	35 527,86

⁶¹ Fuente: elaboración propia

Tabla N° 21: Presupuesto para el montaje de materiales Red secundaria⁶²

MONTAJE ELECTROMECHANICO PARA REDES SECUNDARIAS					
REDES SECUNDARIAS Y CONEXIONES DOMICILIARIAS 220 V, PARA EL PROYECTO: "OPTIMIZACIÓN CON EL SOFTWARE HOMER DE UN SISTEMA ELÉCTRICO CON ENERGÍA RENOVABLE EN EL CENTRO POBLADO SANTA MERCEDES DE PILINGUE EN EL DISTRITO DE Balsa Puerto Loreto"					
B: MONTAJE ELECTROMECHANICO					
ITEM	DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS	UNID.	METRADO	PRECIO	TOTAL
			TOTAL CANT.	UNIT. SI.	
1,00	OBRAS PRELIMINARES				
	ESTUDIOS DE INGENIERIA DE LAS REDES SECUNDARIAS	Loc	1,0	650,00	650
1,01	REPLANTEO TOPOGRÁFICO, UBICACIÓN DE ESTRUCTURAS E INGENIERÍA DE DETALLE DE LAS REDES SECUNDARIAS	Loc	1,0	413,82	413,82
1,02	PAGO POR COMPENSACION DE SERVIDUMBRE Y DAÑOS	Ha	0,0	0,00	0,00
	SUB-TOTAL 1:				1 063,82
2,00	INSTALACIÓN DE POSTES DE CONCRETO				
2,01	TRANSPORTE DE POSTE DE CAC 8 m DE ALMACEN A PUNTO DE IZAJE	u	29,0	46,95	1 361,55
2,02	EXCAVACIÓN EN TERRENO TIPO I (arcilloso)	m ³	20,3	34,77	705,83
2,04	IZADO DE POSTE DE CONCRETO 8 m/200 daN. INCLUYE NUMERACION Y SENALIZACION D	u	29,0	44,07	1 278,03
2,05	RELLENO Y COMPACTACIÓN PARA CIMENTACIÓN DE POSTE	m ³	21,8	48,84	1 062,27
	SUB-TOTAL 2:				4 407,68
3,00	INSTALACIÓN DE RETENIDAS				
3,01	EXCAVACIÓN EN TERRENO TIPO I (arcilloso y/o conglomerado)	m ³	15,2	34,77	528,50
3,02	INSTALACIÓN DE RETENIDA INCLINADA	u	8,0	35,34	282,72
3,03	INSTALACIÓN DE RETENIDA VERTICAL	u	0,0	38,70	0,00
3,03	RELLENO Y COMPACTACION PARA INSTALACION DE BLOQUE DE ANCLAJE	m ³	19,8	38,05	751,87
	SUB-TOTAL 3:				1 563,09
4,00	MONTAJE DE ARMADOS				
4,01	ARMADO TPO E1, CON CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA	u	0,0	18,41	0,00
4,02	ARMADO TPO E1/S, SIN CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA	u	17,0	14,79	251,43
4,03	ARMADO TPO E2, CON CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA	u	0,0	20,33	0,00
4,04	ARMADO TPO E2/S, SIN CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA	u	0,0	18,41	0,00
4,05	ARMADO TPO E3, CON CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA	u	0,0	18,94	0,00
4,06	ARMADO TPO E3/S, SIN CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA	u	8,0	14,92	119,36
4,07	ARMADO TPO E4, CON CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA	u	0,0	20,33	0,00
4,08	ARMADO TPO E4/S, SIN CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA	u	2,0	18,41	36,82
4,09	ARMADO TPO E5, CON CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA	u	0,0	26,42	0,00
4,10	ARMADO TPO E5/S, SIN CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA	u	4,0	23,14	92,56
4,11	ARMADO TPO E6, CON CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA	u	0,0	32,25	0,00
4,12	ARMADO TPO E6/S, SIN CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA	u	0,0	24,85	0,00
	SUB-TOTAL 4:				500,17
5,00	MONTAJE DE CONDUCTORES AUTOPORTANTES				
	COMPRENDE TENDIDO Y PUESTA EN FLECHA DE :				
5,01	CONDUCTOR AUTOPORTANTE DE ALUMINIO 3X16+16/25 mm2	km	0,0		0,00
5,02	CONDUCTOR AUTOPORTANTE DE ALUMINIO 2X16/25 mm2	km	0,0	606,89	26,70
5,05	CONDUCTOR AUTOPORTANTE DE ALUMINIO 1X16/25 mm2	km	1,5	510,25	757,72
	SUB-TOTAL 5:				784,42
6,00	INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA				
6,01	EXCAVACIÓN EN TERRENO TIPO I (arcilloso y/o conglomerado)	m ³	12,3	31,62	389,56
6,02	EXCAVACIÓN EN TERRENO TIPO II (rocoso)	m ³	0,0	112,44	0,00
6,03	INSTALACION DE PUESTA A TIERRA TIPO PAT-1 EN POSTE DE CONCRETO	u	8,0	18,19	145,52
6,04	RELLENO Y COMPACTACIÓN DE PUESTA A TIERRA	m ³	16,0	45,57	730,03
	SUB-TOTAL 6:				1 265,11
7,00	PASTORALES, LUMINARIAS Y LAMPARAS				
7,01	INSTALACIÓN DE PASTORAL DE A° C°	u	1,0	19,63	19,63
7,02	INSTALACIÓN DE LUMINARIA Y LÁMPARA	u	1,0	34,58	34,58
	SUB-TOTAL 7:				54,21
8,00	CONEXIONES DOMICILIARIAS				
	INSTALACIÓN DE ACOMETIDA DOMICILIARIA, QUE COMPRENDE : CONEXIÓN DE ACOMETIDA DOMICILIARIAS, MONTAJE DE MEDIDOR Y CONTRASTE DEL MEDIDOR.				
8,01	CONEXIÓN DE ACOMETIDA DOMICILIARIA CONFIGURACIÓN CORTA (SIN MEDIDOR)	u	20,0	35,26	705,20
8,02	CONEXIÓN DE ACOMETIDA DOMICILIARIA CONFIGURACIÓN LARGA (SIN MEDIDOR)	u	9,0	42,67	384,03
8,03	INSTALACION DE MEDIDOR DE ENERGIA ACTIVA ELECTRONICO	u	29,0	11,09	321,61
8,04	CONTRASTE DE MEDIDOR MONOFÁSICO DE ENERGÍA ACTIVA - ELECTRÓNICO	u	29,0	20,00	580,00
	SUB-TOTAL 8:				1 990,84
9,00	PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO:				
9,01	PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO	Loc	1,0	452,97	452,97
9,02	EXPEDIENTE TECNICO FINALES CONFORME A OBRA (1 ORIGINAL + 3 COPIAS) DE REDES SECUNDARIAS, INCLUYE LA PRESENTACIÓN DIGITALIZADA DE L EXPEDIENTE EN UN CD	Glb	1,0	150,00	150,00
	SUB-TOTAL 9:				602,97
TOTAL MONTAJE ELECTROMECHANICO				S/.	12 232,31

5.4.2. Presupuesto Total

Tabla N° 22: Presupuesto total⁶³

REDES SECUNDARIAS Y CONEXIONES DOMICILIARIAS 220 V, PARA EL PROYECTO: :"OPTIMIZACIÓN CON EL SOFTWARE HOMER DE UN SISTEMA ELÉCTRICO CON ENERGÍA RENOVABLE EN EL CENTRO POBLADO SANTA MERCEDES DE PILINGUE EN EL DISTRITO DE BALSA PUERTO-LORETO"		
ITEM	DESCRIPCION	TOTAL
A	PRESUPUESTO DE LA RED DE DISTRIBUCION	50 602,40
B	PRESUPUESTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	127 375,79
	TOTAL S/.	177 978,19
C	GASTOS GENERALES UTILIDADES	17 797,82
D		17 797,82
E	COSTO TOTAL SIN I.G.V. (S/.)	213 573,83
F	I.G.V. (S/.)	38 443,29
G	VALOR REFERENCIAL (S/.)	252 017,12
H	CAPACITACION (S/.)	3 000,00
	PRESUPUESTO TOTAL (S/.)	255 017,12

⁶² Fuente: elaboración propia

⁶³ Fuente: elaboración propia

CAPITULO VI: CONCLUSIONES

6.1. Conclusiones

- a) Se calculo la energía demandada por el centro poblado Santa Mercedes de Pillingue para 44 viviendas proyectas y 01 local comunal con un total de 24,560 kWh. La máxima demanda es de 4,56 kW (obtenido con HOMER).
- b) Se propuso el uso del as energías renovables solar y eólica teniendo como alternativas: sistemas eólico, sistema fotovoltaico y sistema híbrido eólico – fotovoltaico; luego de la optimización con el software HOMER se seleccionó la alternativa más conveniente que es la de sistema fotovoltaico el cual según los resultados de la optimización tendrá el siguiente equipamiento: 48 paneles fotovoltaicos de la marca Jinko de 275 Wp, 16 baterías de la marca Trojan de 205 A.h ,01 inversor de 6 kW,04 controladores 150/70 de la marca Victron Energy.
- c) Con respecto de la red secundaria el conductor eléctrico a utilizar que cumple con el requerimiento eléctrico y mecánico es 1x16/25, 2x16/25.
- d) La alternativa seleccionada (fotovoltaica) tienes un costo referencial de S/. 255 017,12

BIBLIOGRAFÍA

- 1) Agustin Castejon, German Santamaria. *instalaciones solares fotovoltaicas*. España, s.f.
- 2) Cabrera peña, Ignacio, y Rigoberto Fermin Montiel. «Celdas fotovoltaicas para energizar un sistema de bombeo de agua.» Mexico, 2003.
- 3) Cuenca Benitez, Wilson Alcivar. «“DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL SUMINISTRO ALTERNATIVO DE ENERGÍA ELÉCTRICA AL INTERIOR DE UN VEHÍCULO TIPO CASA-RODANTE EN LA RUTA TURÍSTICA SPONDYLUS O RUTA DEL SOL”.» Loja -Ecuador, 2018.
- 4) Diaz Corcobado, Tomas. *Instalaciones solares fotovoltaicas*. Mexico, 2008.
- 5) FOTOVOLTAICA, ENERGIA. «manual sobre tecnologías, proyecto e instalacao .» s.f.
- 6) Ixtebe Portabelle, Cilveti. «Proceso de creacion de una planta solar fotovoltaica conectada a red.» Barcelona, 2010.
- 7) Joachin Barrios, Carmencita De los Angeles. «Diseño de un sistema solar fotovoltaico aislado para el suministro de energia electrica ala comunidad Buena Vista, San Marcos.» Guatemala, 2008.
- 8) Llauca Chozo, Anthony Joel. «“IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA REDUCIR EL CONSUMO DE COMBUSTIBLES FÓSILES EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL RESTAURANT EL CRUCEÑITO, UBICADO EN EL KM 901, CARRETERA LAMBAYEQUE – PIURA”.» Lambayeque, 2016.
- 9) Maldonado Rodas, Eddi Alberth. «Paneles solares como fuente de energía eléctrica para sistemas de mini riego en producción de hortalizas en el departamento de quiché.» 2011.
- 10) Moran Santamaria, Jorge Maximo. «Análisis y Evaluación para la Viabilidad Técnico Económico en el uso de la Energía Solar Fotovoltaica para el Centro Poblado Cruz de Pañalá – Distrito de Mórrope.» Lambayeque, 2013.
- 11) Muñoz Anticona, Delfor Flavio. «Aplicacion de la energia solar para electrificacion rural en zonas marginales del pais.» Lima, 2005.
- 12) RD031-2003-EM. «Bases para el Diseño de Líneas y redes Secundarias con Conductor Autoportante para Electrificación Rural.» LIOMA, 2003.

- 13) Salmeron Rodrigues, David Antonio, y Jimmy Aexander Blando Rivas. «“ESTUDIO DE PREINVERSION DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA BOMBEO DE AGUA EN LA COMUNIDAD DE SAN ANTONIO DEL MUNICIPIO DE JINOTEPE”.» Managua, 2014.
- 14) SENAMHI. «Atlas de energia solar del Peru.» 2003.
- 15) Valdiviezo Salas, Paulo Daniel. «Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energia electrica a 15 computadoras portatiles en la PUCP.» Lima, 2014.
- 16) VALIENTE PIEL, RAFAEL ENRIQUE. «“MODELACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO-SOLAR TÉRMICO - BIOMASA PARA CALEFACCIÓN DOMICILIARIA EN LA REGIÓN DEL BIOBÍO”.» CHILLAN, 2015.
- 17) Velazquez Cespedes, Roberto Andres. «Proyecto de instalacion solar fotovoltaica en el departamento de Ingenieria Electrica de la Uniersidad Santiago de Chile.» tesis, Uniersidad de Santiago de Chile, Santiago-Chile, 2012.

ANEXOS

ANEXO N°01. IRRADIACIÓN SOLAR EN LORETO

ANEXO N°02. FICHA TÉCNICA DE LA BATERÍA TROJAN DE 205 A.h

ANEXO N°03. FICHA TÉCNICA DEL PANEL FOTOVOLTAICO JINKO DE 275 Wp

ANEXO N°04. FICHA TÉCNICA DEL INVERSOR XTENDER DE 6 kW

ANEXO N°05. FICHA TÉCNICA DEL CONTROLADOR 150/70

ANEXO N°06. FICHA TÉCNICA DEL AEROGENERADOR ENAIR DE 3 kW

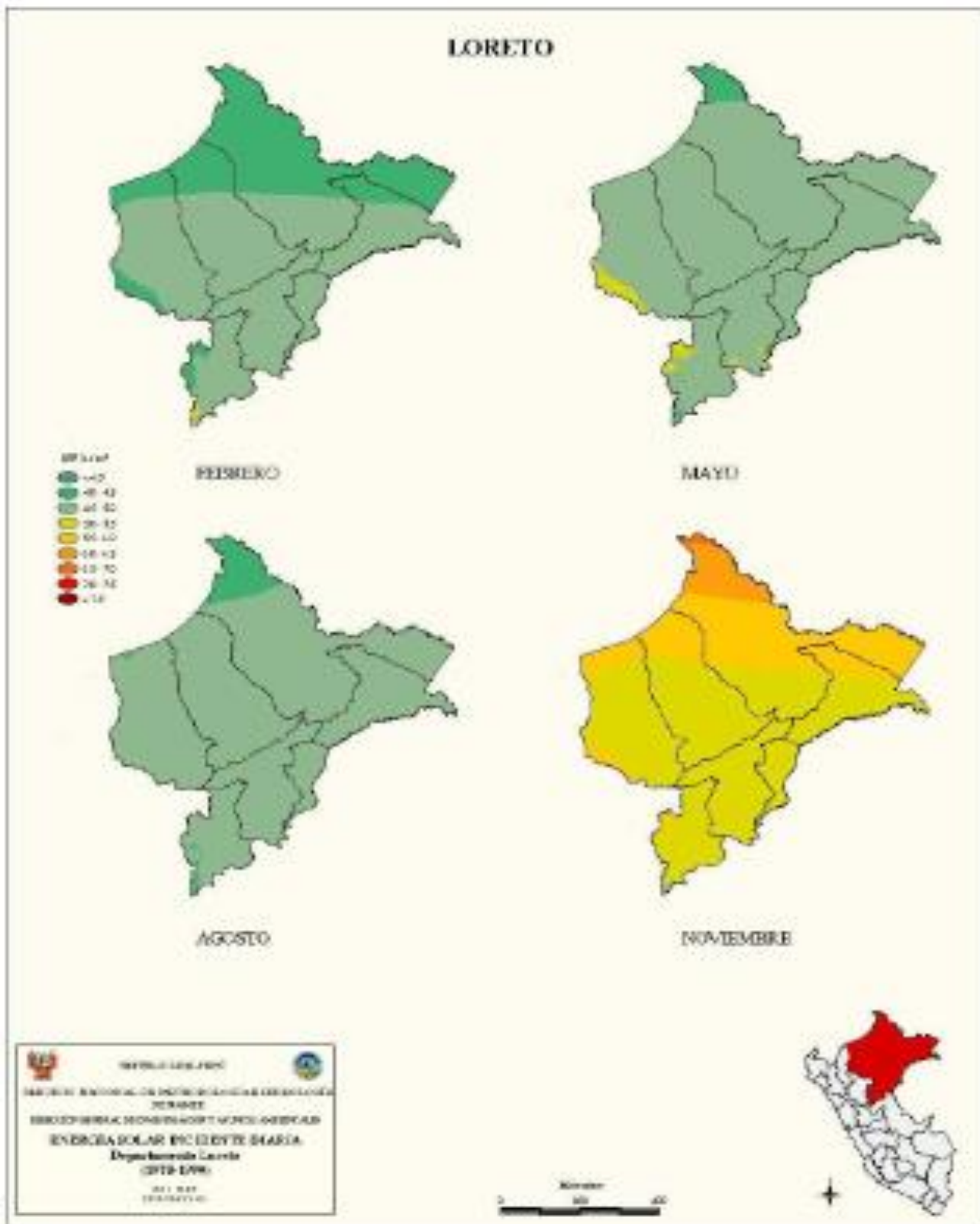
ANEXO N° 07. SISTEMA FOTOVOLTAICO

ANEXO N° 08. PLANO DE RED SECUNDARIA

ANEXO N° 09. DIAGRAMA UNIFILAR DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

ANEXO N° 10. PLANILLA DE LA RS

ANEXO N°01. IRRADIACIÓN SOLAR EN LORETO



ANEXO N°02. FICHA TÉCNICA DE LA BATERÍA TROJAN DE 205 A.h



TROJAN
BATTERY COMPANY

DATA SHEET

SOLAR SAGM 12 205

MODEL SAGM 12 205
 VOLTAGE 12
 CAPACITY 205Ah @ 20Hr
 MATERIAL Polypropylene
 BATTERY VRLA AGM / Non-Spillable / Maintenance-Free
 COLOR Maroon
 WATERING No Watering Required
 IEC 61427 8+ Years Life



12 VOLT

PHYSICAL SPECIFICATIONS

MODEL NAME	TERMINAL TYPE ¹	DIMENSIONS ¹ (INCHES)			WEIGHT ¹ LBS. (kg)	HANDLE	INSTALLATION ORIENTATION
		LENGTH	WIDTH	HEIGHT ²			
SAGM 12 205	M8LT	14.87 (380)	6.94 (176)	14.07 (357)	131 (59)	Enslotted Rope	Horizontal and Vertical

ELECTRICAL SPECIFICATIONS

VOLTAGE	CAPACITY * AMP-HOURS (Ah)					ENERGY (Wh)	INTERNAL RESISTANCE (mΩ)	SHORT CIRCUIT CURRENT (amps)
	10-hr	20-hr	40-hr	75-hr	100-hr			
12	174	205	210	213	216	2,480	4.5	2780

CHARGING INSTRUCTIONS

CHARGER VOLTAGE SETTINGS (AT 77°F/25°C)				
SYSTEM VOLTAGE	12V	24V	36V	48V
Maximum Charge Current (A)	20% of C ₂₀			
Absorption Voltage (2.40 V/cell)	14.40	28.80	43.20	57.60
Float Voltage (2.25 V/cell)	13.50	27.00	40.50	54.00

Do not install or charge batteries in a sealed or non-ventilated compartment. Constant under or overcharging will damage the battery and shorten its life as with any battery.

CHARGING TEMPERATURE COMPENSATION

ADD	SUBTRACT
0.005 volt per cell for every 1°C below 25°C 0.0025 volt per cell for every 1°F below 77°F	0.005 volt per cell for every 1°C above 25°C 0.0025 volt per cell for every 1°F above 77°F

OPERATIONAL DATA

OPERATING TEMPERATURE	SELF-DISCHARGE
-4°F to 122°F (-20°C to +50°C). At temperatures below 32°F (0°C) maintain a state of charge greater than 80%.	Less than 3% per month depending on storage temperature conditions.

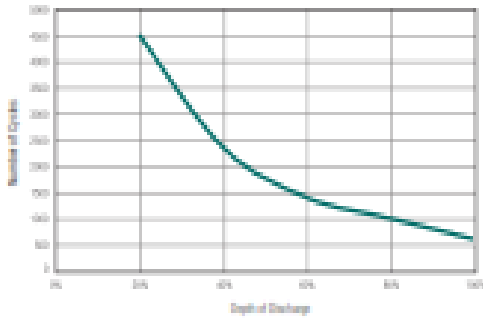
RECYCLE RESPONSIBLY



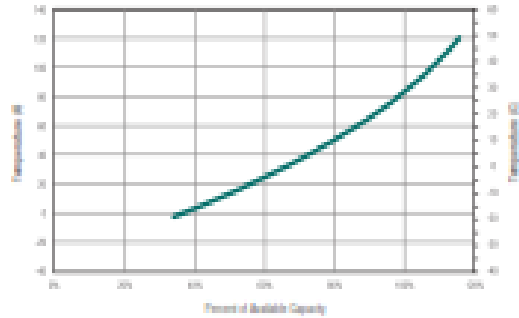
STATE OF CHARGE MEASURE OF OPEN-CIRCUIT VOLTAGE

PERCENTAGE CHARGE	CELL	12 VOLT
100	2.14	12.84
75	2.09	12.54
50	2.04	12.24
25	1.99	11.94
0	1.94	11.64

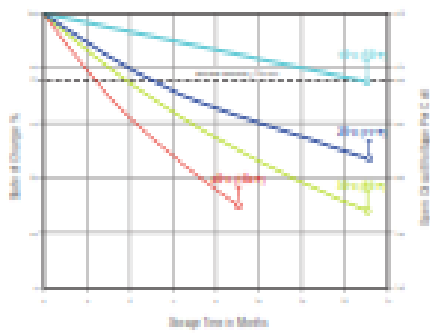
SOLAR CYCLE-LIFE



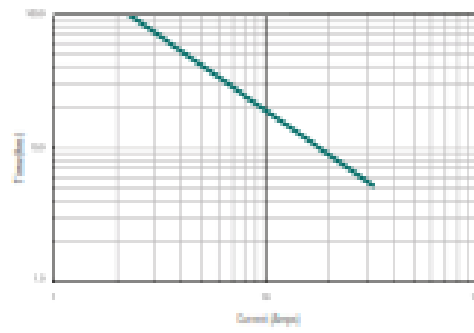
PERCENT CAPACITY VS. TEMPERATURE



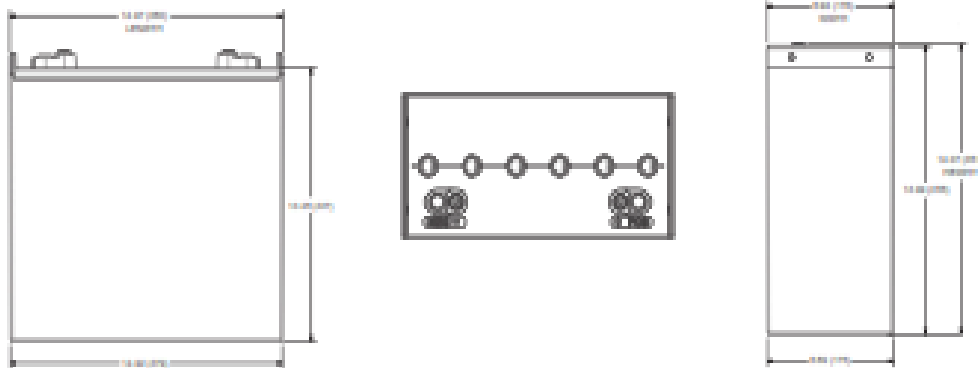
SELF DISCHARGE VS. TIME¹



TROJAN SAGM 12 205 PERFORMANCE



BATTERY DIMENSIONS (shown with M8, height 13.57 (353) with 0)



TERMINAL CONFIGURATIONS²

IS	M8	M8	IS	M8	M8 WITH LT ADAPTER (shown with M8, height 13.57 (353) with 0)
		Battery Height with Terminal in Inches (mm) 14.07 (357)			Battery Height with Terminal in Inches (mm) 13.57 (353)
		Torque Values in-lb (Nm) Set: 85 - 90 (10 - 11)			Torque Values in-lb (Nm) Connection to M8: 85 - 90 (10 - 11) Connection to LT: 85 - 75 (10 - 8.5)
					Bolt Size M8 x 1.25

¹ The amount of energy from (SOI) battery can differ when discharged to a constant rate at 25°C for 20 hours and maximum available capacity is 1700mAh. Capacities are based on grid performance.
² Dimensions may vary depending on type of terminal or terminal. Batteries should be mounted with 1/2 inch (12.7mm) spacing between.
³ Height taken from bottom of the battery to the highest point on the battery height may vary depending on type of terminal.
⁴ Terminal images are representative only.
⁵ Annual charge should be performed every 6 months when batteries are in storage.
⁶ Weight may vary.

Designed in compliance with applicable CE, EN, BS and EC standards.
 Tested in compliance with CE and EC standards.



800.423.6569 / +1.562.236.3000 / trojanbattery.com

ISBN: 12_201_01_01/01

© 2011 Trojan Battery Company, LLC. All rights reserved. Trojan Battery Company is not liable for damages that may result from any information provided in or omitted from this publication, under any circumstances. Trojan Battery Company reserves the right to make adjustments to this publication at any time, without notice or obligation.

ANEXO N°03. FICHA TÉCNICA DEL PANEL FOTOVOLTAICO JINKO DE 275 Wp



Eagle 60P

260-280 Watt

POLY CRYSTALLINE MODULE

Positive power tolerance of 0 ~ +3%

ISO9001:2008, ISO14001:2004, OHSAS18001 certified factory.
IEC61215, IEC61730 certified products.



(5BB)



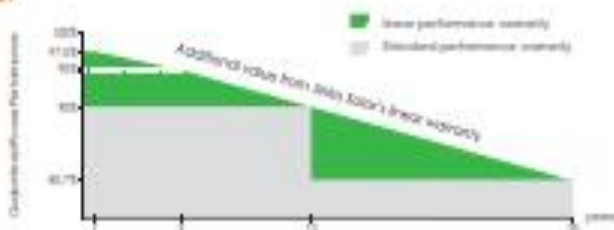
KEY FEATURES



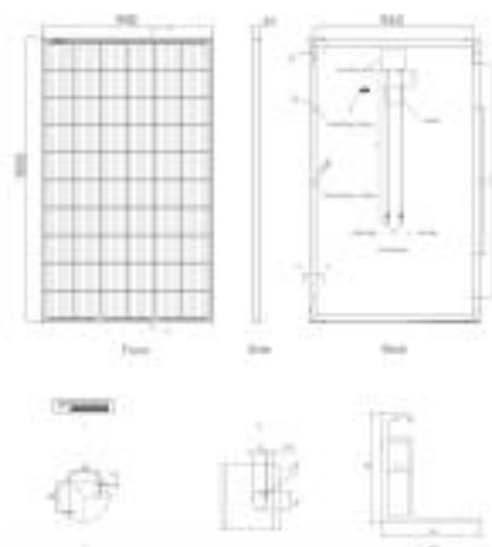
- 
5 Busbar Solar Cell:
 5 busbar solar cell adopts new technology to improve the efficiency of modules, offer a better aesthetic appearance, making it perfect for rooftop installation.
- 
High Power Output:
 Polycrystalline 60-cell module achieves a power output up to 280Wp.
- 
PID RESISTANT:
 Eagle modules pass PID test, limited power degradation by PID test is guaranteed for mass production.
- 
Low-light Performance:
 Advanced glass and surface texturing allow for excellent performance in low-light environments.
- 
Severe Weather Resilience:
 Certified to withstand wind load (3400 Pascal) and snow load (3400 Pascal).
- 
Durability against extreme environmental conditions:
 High salt mist and ammonia resistance certified by TÜV NORD.
- 
Temperature Coefficient:
 Improved temperature coefficient decreases power loss during high temperatures.

LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

10 Year Product Warranty + 25 Year Linear Power Warranty



Engineering Drawings

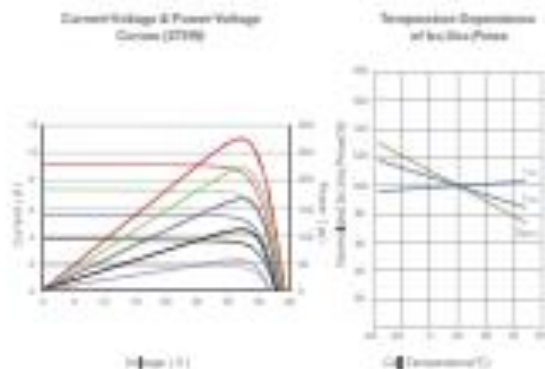


Packaging Configuration

1 Panel per Carton (3000)

Photo: ENVI, Photo: ENVI, 100 g/0.0145 kg/0.0316 lb

Electrical Performance & Temperature Dependence



Mechanical Characteristics

Cell Type	Poly-crystalline 156x156mm (6 inch)
Serial Cells	60 (3x10)
Dimensions	1680x990±0.2mm (66.13±0.01x39.37±0.01 inch)
Weight	10.6 kg (23.3 lbs)
Fixed Glass	3.2mm High Transmission Low Iron Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP67 Rated
Output Cables	100 14AWG/2 length, 100mm or customized length

SPECIFICATIONS

Module Type	JMS200PP-60		JMS300PP-60		JMS270PP-60		JMS270PP-60		JMS200PP-60	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	200Wp	190Wp	300Wp	287Wp	270Wp	256Wp	270Wp	256Wp	200Wp	188Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	31.3V	29.7V	31.4V	29.9V	31.7V	29.8V	32.0V	29.8V	32.0V	29.7V
Maximum Power Current (Imp)	6.37A	6.73A	9.44A	9.59A	8.53A	8.59A	8.51A	8.59A	6.26A	6.31A
Open-circuit Voltage (Voc)	36.7V	35.2V	36.8V	35.3V	36.9V	35.4V	36.7V	35.3V	36.8V	35.3V
Short-circuit Current (Isc)	6.96A	7.01A	9.70A	7.36A	8.94A	7.38A	8.16A	7.24A	8.20A	7.96A
Module Efficiency STC (%)	18.8%		19.3%		18.9%		18.8%		17.1%	
Operating Temperature(°C)	-40°C ~+85°C									
Maximum system voltage	1000VDC (MCC)									
Maximum system fuse rating	20A									
Frame tolerance	±0.2%									
Temperature coefficient of Pmax	-0.47%/°C									
Temperature coefficient of Voc	-0.37%/°C									
Temperature coefficient of Isc	0.05%/°C									
Maximal operating cell temperature (NOCT)	45°C									

STC: ☀️ Irradiance 1000W/m² 🌡️ Cell Temperature 25°C 🌤️ AM=1.5

NOCT: ☀️ Irradiance 300W/m² 🌡️ Ambient Temperature 20°C 🌤️ AM=1.5 🌬️ Wind Speed 1m/s

† Based on measured tolerance ± 3%

The company reserves the final right for explanation on any of the information presented hereby. EN-200-200PP-60_rev2017

ANEXO N°04. FICHA TÉCNICA DEL INVERSOR XTENDER DE 6 kW

Xtender
XTH



Modelo	XTH 3000-12	XTH 3000-24	XTH 6000-48	XTH 6000-96
Inversor				
Tensión nominal de batería	12 Vdc	24 Vdc	48 Vdc	
Rango de tensión de entrada	8.5 - 17 Vdc	18 - 34 Vdc	38 - 68 Vdc	
Potencia continua @ 25°C	2000 VA	4000 VA	8000 VA	7000 VA
Potencia 30 min. @ 25°C	2000 VA	5000 VA	8000 VA	8000 VA
Potencia 5 sec. @ 25°C	7.5 kVA	12 kVA	18 kVA	21 kVA
Carga máxima	Hasta corto circuito			
Carga asimétrica	Hasta Point			
Detección de carga (stand-by)	2 a 25 W			
Coste	0.1-1			
Rendimiento máximo	92 %	94 %	96 %	
Consumo (DF-Stand-by-ON)	1.3 W / 1.4 W / 14 W	1.4 W / 1.8 W / 18 W	1.8 W / 2.2 W / 22 W	1.8 W / 2.4 W / 30 W
Tensión de salida	Sinusoidal pura 230 Vac (+/- 2 % / 120 Vac**)			
Frecuencia de salida	Ajustable 45 - 65 Hz** a 0.05 % (controlado por usuario)			
Distorsión armónica	< 2 %			
Protección de sobrecarga y corto circuito	Desconexión automática con 3 intentos de reinicio			
Protección de sobre temperatura	Alarma antes de corte y reinicio automático			
Cargador de batería				
Características de carga	3 etapas: Bulk- Absorción-Flotación-Equalización-Flotación reducida- Absorción periódica Número de etapas, umbrales, tiempos de fin de etapa y tiempos completamente ajustables con el RCC-02-03			
Corriente de carga máxima	180 A	180 A	100 A	120 A
Compensación por temperatura	Con BTS-01 o BSP 500/200			
Corrección del factor de potencia (PFC)	EN 61000-3-2			
Datos generales				
Rango de tensión de entrada	150 a 260 Vac / 50 a 140 Vdc**			
Frecuencia de entrada	45 - 65 Hz			
Corriente máx. de entrada (baja de transferencia) / corriente máx. de salida	50 Aac / 50 Aac			60 Aac / 60 Aac
Tiempo de transferencia (LPS)	< 10 ms			
Contactos multifuncionales	2 contactos independientes líneas de potencial con 2 puntos, 16 Aac / 5 Aac			
Peso	38 kg	40 kg	42 kg	48 kg
Dimensiones AnxH (mm)	230 / 200 / 500	230 / 300 / 500	230 / 200 / 500	
Índice de protección	IP20			
Declaración UE de conformidad	Directiva de Baja Tensión 2014/35/UE - 2014/35/UE Directiva de Compatibilidad Electromagnética (CEM) 2014/53/UE - EN 61000-2-2006, EN 61000-3-2-2014, EN 61000-3-12-2011			
Rango de temperatura de trabajo	-20 a 50°C			
Humedad relativa de funcionamiento	95% sin condensación			
Ventilación	Forzada a partir de 50°C			
Nivel acústico	< 60 dB / < 45 dB (conson ventilación)			
Garantía	3 años			
Certificado ISO	ISO 9001 / ISO 14001			
Accesorios				
Control remoto RCC-02 o RCC-03	*	*	*	*
Módulo Xcom-210	*	*	*	*
Set de comunicación	*	*	*	*
Xcom-LAN / Xcom-GSM / Xcom-GMS	*	*	*	*
Controlador del estado de carga de batería BSP	*	*	*	*
Módulo de entrada remota RCM-15 (2 m de cable)	*	*	*	*
Módulo con 2 contactos auxiliares ARM-02	*	*	*	*
Módulo de ventilación DCF-01	*	*	*	*
Sensor de temperatura de batería BTS-01 (2 m)	*	*	*	*
Cable de comunicación para 3pin y / CAS RJ45-8-2	*	*	*	*
Mano de montaje X-Connect	*	*	*	*

* Ajustable con el RCC-02/03

** Valores mencionados únicamente válidos con el módulo de ventilación DCF-01

†† Con 61 al final de la referencia, significa 120/60Hz. Disponible para todos los Xtender excepto el XTH 6000-6

Entre datos pueden cambiar sin previo

ANEXO N°05. FICHA TÉCNICA DEL CONTROLADOR 150/70



Controladores de carga BlueSolar con conexión rosca- o MC4 PV
 MPPT 150/45, MPPT 150/60, MPPT 150/70, MPPT 150/85, MPPT 150/100

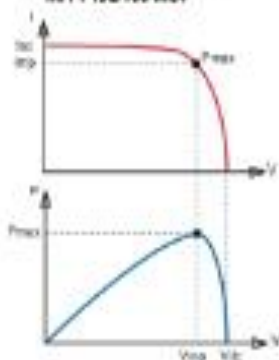
www.victronenergy.com



Controlador de carga solar
MPPT 150/100-Tr



Controlador de carga solar
MPPT 150/100-MC4



Seguimiento del punto de potencia máxima

Curva superior:

Corriente de salida (I) de un panel solar como función de tensión de salida (V). El punto de máxima potencia (MPP) es el punto Pmax de la curva en el que el producto de I x V alcanza su pico.

Curva inferior:

Potencia de salida (P) a I x V como función de tensión de salida (V). Si se utiliza un controlador PWM (o MPPT) la tensión de salida del panel solar será casi igual a la tensión de la batería, o inferior a ella.

Seguimiento ultrarrápido del punto de máxima potencia (MPPT, por sus siglas en inglés)

Especialmente con cielos nubosos, cuando la intensidad de la luz cambia continuamente, un controlador MPPT ultrarrápido mejora la recogida de energía hasta en un 30%, en comparación con los controladores de carga PWM, y hasta en un 10% en comparación con controladores MPPT más lentos.

Detección Avanzada del Punto de Máxima Potencia en caso de nubosidad parcial

En casos de nubosidad parcial, pueden darse dos o más puntos de máxima potencia (MPP) en la curva de tensión de carga.

Los MPPT convencionales tienden a seleccionar un MPP local, que pudiera no ser el MPP óptimo.

El innovador algoritmo de BlueSolar maximizará siempre la recogida de energía seleccionando el MPP óptimo.

Excepcional eficiencia de conversión

Sin ventilador. La eficiencia máxima excede el 98%.

Algoritmo de carga flexible

Algoritmo de carga totalmente programable (consulte la sección Ayuda y Descargas > Software en nuestra página web), y ocho algoritmos preprogramados, seleccionables mediante interruptor giratorio (ver manual para más información).

Amplia protección electrónica

Protección de sobretemperatura y reducción de potencia en caso de alta temperatura.

Protección de cortocircuito y polaridad inversa en los paneles PV.

Protección de corriente inversa IV.

Sensor de temperatura interna

Compensa la tensión de carga de absorción y flotación, en función de la temperatura.

Opciones de datos en pantalla en tiempo real

- ColorControl GX u otros dispositivos GX: consulte los documentos **Venus** en nuestro sitio web.
- Un smartphone u otro dispositivo con Bluetooth se necesita la mochila VE.Direct Bluetooth Smart.




Controlador de carga BlueSolar	MPPT 150/45	MPPT 150/60	MPPT 150/70	MPPT 150/85	MPPT 150/100
Tensión de batería	Tensión máxima 12.7-28.5V. Se necesita una herramienta de software para calibrar 28.5V.				
Corriente de carga nominal	45A	60A	70A	85A	100A
Potencia PV nominal 12V 1s/c	450W	600W	700W	1200W	1000W
Potencia PV nominal 24V 1s/c	1350W	1720W	2030W	3600W	3000W
Potencia PV nominal 48V 1s/c	2700W	3440W	4060W	7200W	6000W
Corriente de sobrecorriente máxima (VFD)	55A	65A	75A	90A	105A
Tensión máxima del circuito eléctrico PV	140V máxima (definida en los condiciones más altas I _{sc} y en tiempo y bajo cualquier ambiente).				
Alimentación	28V				
Autosensado	Siempre				
Tensión de carga de "absorción"	Valores predefinidos: 13.2-13.8 / 13.2-13.8V (ajustable)				
Tensión de carga de "flotación"	Valores predefinidos: 13.6 / 13.6 / 13.6 / 13.6V (ajustable)				
Algoritmo de carga	casi todos los tipos				
Compensación de temperatura	10 mV / °C - 12 mV / °C a 40V / °C				
Protección	Faltas de tensión de la batería flexible (se ajusta con el potencial de batería interna). Corriente máxima de salida / sobrecorriente				
Temperatura de trabajo	-20 a +60°C (potencia nominal completa hasta 50°C)				
Humedad	95% de condensación				
Punto de conexión de datos y control remoto	VE.Direct conectado al bus interno y/o comunicación de datos en tiempo real a través de un puerto				
Funcionamiento en paralelo	Si los conectamos				

CARACTERÍSTICAS	
Color	Azul / Gris / Negro
Tensión PV - V	0-140V (MPPT) / 0-28V (IV)
Tensión de salida - V	12V / 24V / 48V (ajustable) / 0-140V (IV)
Corriente de salida - A	0-100A (ajustable) / 0-100A (IV)
Tipo de protección	IP21 (interiores) / IP65 (exteriores)
Peso	4kg
Dimensiones (l x a x p)	Modelo Tr: 180 x 210 x 30mm Modelo MC4: 210 x 210 x 30mm
ESTANDEÁRDIS	
Seguridad	EN 60362-001, EN 60362-002, EN 60362-003
1) Si se conectan más paneles PV, el controlador detecta la potencia de potencia. 2) La tensión PV debe ser de 12V o 24V (la tensión de la batería) para que arranque el controlador. Una herramienta de software (Venus) es necesaria para calibrar la tensión PV mínima con el "0V". 3) De conectarse los paneles con un controlador de sobrecorriente más alto, se debe definir el controlador. 4) Modelos MC4 se pueden conectar a un controlador más alto, se debe definir la tensión de sobrecorriente. Corriente máxima que consume MC4: 10A. Se necesitan MC4 cable conectados en paralelo a un controlador MPPT.	



ANEXO N°06. FICHA TÉCNICA DEL AEROGENERADOR ENAIR DE 3 kW






E30PRO


FICHA TÉCNICA

Con una velocidad de viento medio situado en la nominal de 11m/s el modelo Enair 30PRO es capaz de generar más de 30kWh/día

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS, ELÉCTRICAS Y DE FUNCIONAMIENTO

Numero de palas	3
Material de palas	Fibra de vidrio con resinas y núcleo de poliuretano
Generador	2500rpm nominales imanes de neodimio
Potencia	3000W
Potencia Nominal	1000W (según IEC 61400-2)
Tensión	24-48V/220V
Clase de viento	CLASS I-IEC B1400-2/NVNE-A
Díámetro	3,80m
Sentido de Giro	Horario
Área de barrido	11,34m²
Peso	225kg
Aplicaciones	Carga de baterías 24 o 48V y conexión a red
Viento de arranque	2m/s
Velocidad nominal	11m/s
Vel. regulación paso variable	12m/s
velocidad de supervivencia	60m/s
Rango de generación eficiente	De 2 a 60m/s
Tipo	Rotor de eje horizontal a beta viento
Orientación	Sistema pasivo con limón de orientación
Control de potencia	Sistema de paso variable pasivo centrifugo con dos vel.
Transmisión	Directa
Freno	- Electro magnético por cortocircuito - Mecánico opcional - Aerodinámico mediante paso variable - Manual o automático por viento o por tensión de baterías
Controlador	Carga de baterías y conexión a red
Inversor eólico	Eficiencia 97%, algoritmo MPPT
Ruido	48dB Reducción al mínimo gracias al diseño de las palas y a las bajas revoluciones. 1% más que el ruido ambiente del viento
Protección anti-corrosión	Hiermético, pintura epoxi de secado al horno de alta temperatura, generando un recubrimiento plástico
Torre	Celoso, presilla y tubular; abatibles o fijas, altura variable



Avenida del Ib. 44 - PO. 182 C.P. 03420 | Castilla (Albacete, España)
+34 96 550 00 38 info@enair.es

www.enair.es



E30PRO Wind Turbine FICHA TÉCNICA

PAISO VARIABLE PASIVO

Tecnología patentada para maximizar la producción de energía. Es un sistema mecánico que gracias a la fuerza centrífuga, modifica el ángulo de las palas y nunca se sobrepasan sus rpm de diseño.



Operación:

- Menos ruido
- Más capacidad de absorber rachas de viento
- Más constancia en la generación
- Más energía con menos viento

CONTROL ELECTRÓNICO

Sistema de gestión de la energía inteligente.



Conexión de baterías:

7 tipos de baterías programables (lilo, plomo, gel, etc.)
Cargador con puentes de derivación o resistencias en caso de sobrecarga. Solo de la el exceso que no puede cargar para proteger las baterías.

Conexión a red:

Los inversores MPPT programable con la curva de potencia eólica maximizan la producción en todo momento. Compatibles con redes trifásicas y monofásicas en sistemas rurales y amarillos.



MAYOR ENERGÍA



MAYOR EFICIENCIA



MAYOR ROBUSTEZ



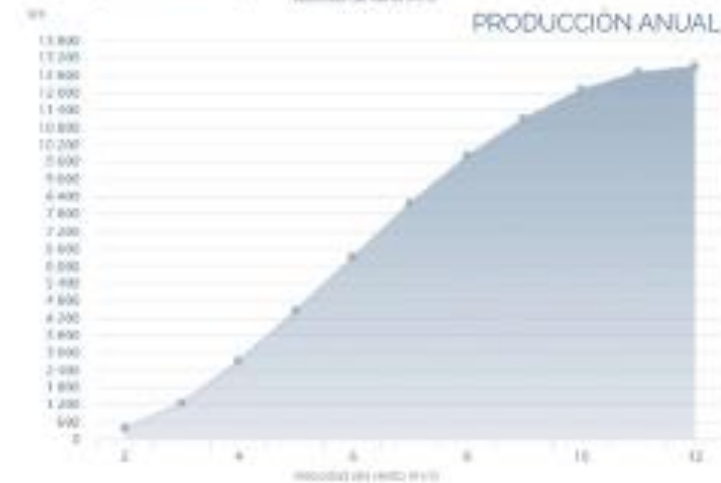
MAYOR SEGURIDAD

CLASS I WIND TURBINE IEC 61400-2/NVI-A

CURVA DE POTENCIA



PRODUCCIÓN ANUAL



Mínimo ruido

El viento nunca sopla a un 45 por ciento del ruido ambiental excepto en la zona de las helioestructuras del material de las palas.

Safety-Break

Máximo sistema de seguridad mecánica. Capacidad de frenado de emergencia para condiciones de sobrecarga, para evitar el sobrecalentamiento de los cables.

Anticorrosivo

El uso de pintura epoxi lo convierte en un conjunto anticorrosivo y antirratas para vida y costo.

Anti-icing and Hermetic

Unidad crítica de energía reducida con la temperatura que evita el congelamiento de las y de helio y de helio y de helio para las palas de helio. MPPT, Sistema de helio.

Storm-detection

Algoritmo inteligente de detección de tormentas y bloqueo de la generación del aerogenerador. Algoritmo de detección de tormentas para el Safety-Break.

Remote-Control

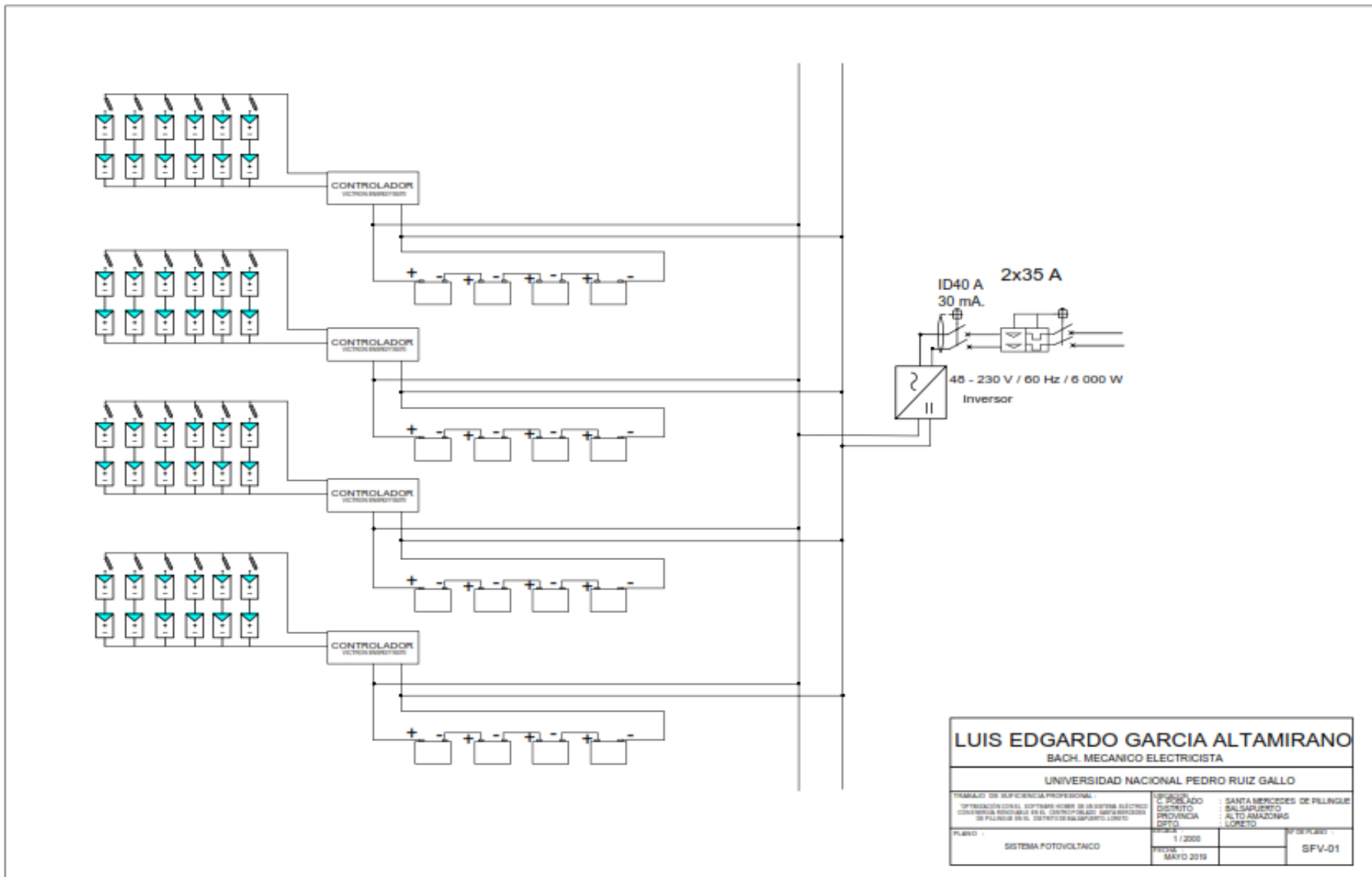
Control centralizado con el helio de helio para helio la monitorización del aerogenerador de helio helio.

BBS (Battery Brake System)

Sistema de helio que reduce el nivel de carga de helio y permite detener el aerogenerador cuando la batería llega a la máxima capacidad de helio o cuando se produce un fallo de helio.

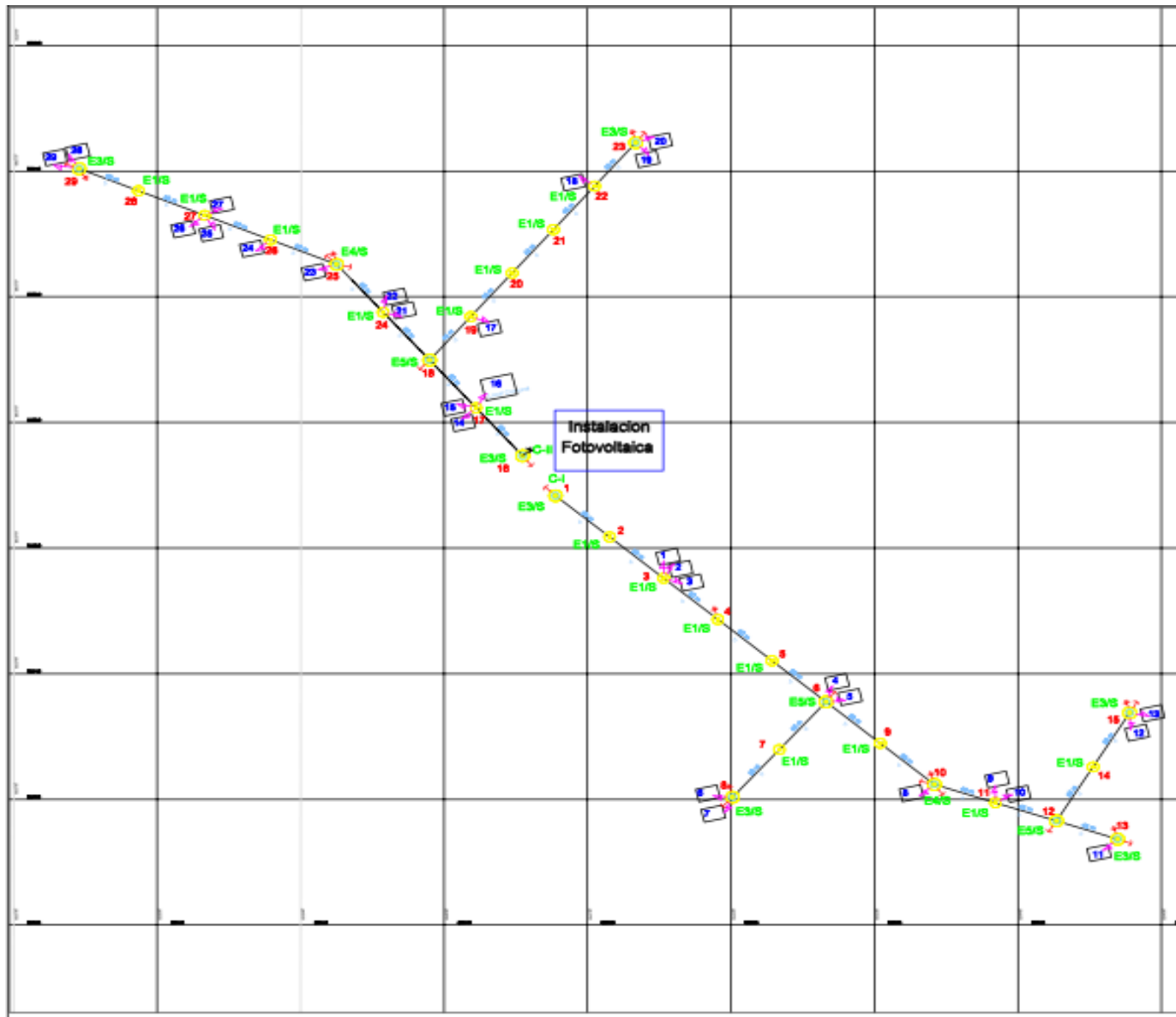


ANEXO N° 07. SISTEMA FOTOVOLTAICO



LUIS EDGARDO GARCIA ALTAMIRANO		
BACH. MECANICO ELECTRICISTA		
UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO		
TITULO DE EFICIENCIA PROFESIONAL OPTIMIZACION DEL SOFTWARE SCADA DE UN SISTEMA ELECTRO CONTIENE INFORMACION EN EL CONTROL DE UN SISTEMA DE PLANTAS DE A.C. DEL DISTRITO DE SALASURTO, LONDO	LUGAR DE NACIMIENTO C. PUEBLO DISTRITO PROVINCIA DEPTO.	SANTA MERCEDES DE PILINGUE SALASURTO ALTO MAIZONAS LONDO
PLANO SISTEMA FOTOVOLTAICO	FECHA MAYO 2019	N° DE PLANO SFV-01

ANEXO N° 08. PLANO DE RED SECUNDARIA



LEYENDA	
SEÑALES	
[Symbol]	POBOS DE CALIDAD - 25KV
[Symbol]	POBOS DE CALIDAD - 10KV
[Symbol]	POBOS DE CALIDAD - 5KV
[Symbol]	POBOS DE CALIDAD - 2KV
[Symbol]	POBOS DE CALIDAD - 1KV
[Symbol]	POBOS DE CALIDAD - 0.5KV
[Symbol]	POBOS DE CALIDAD - 0.2KV
[Symbol]	POBOS DE CALIDAD - 0.1KV
[Symbol]	POBOS DE CALIDAD - 0.05KV
[Symbol]	POBOS DE CALIDAD - 0.02KV
[Symbol]	POBOS DE CALIDAD - 0.01KV

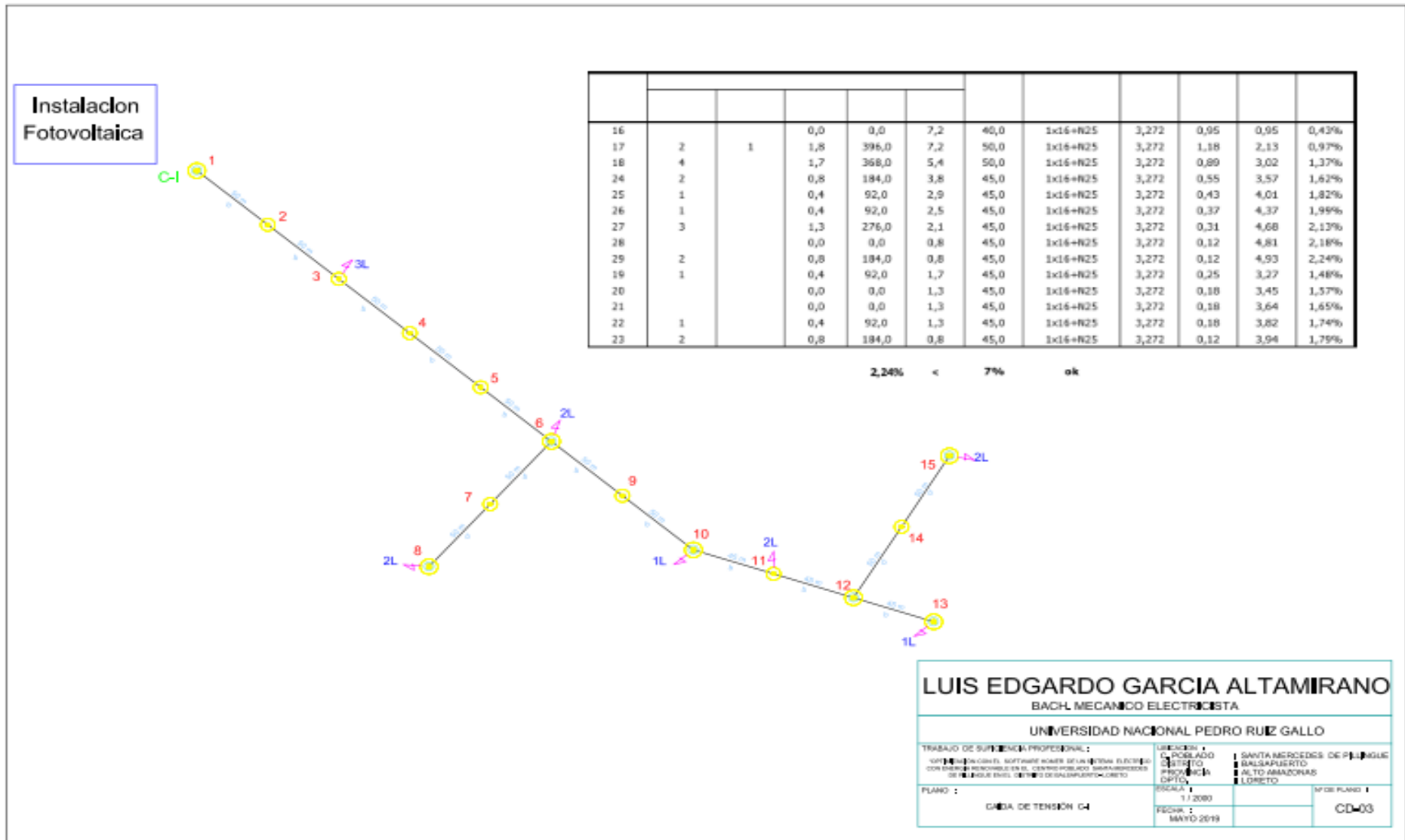
CUADRO DE CONDUCTORES	
a	2x16/25
b	1x16/25

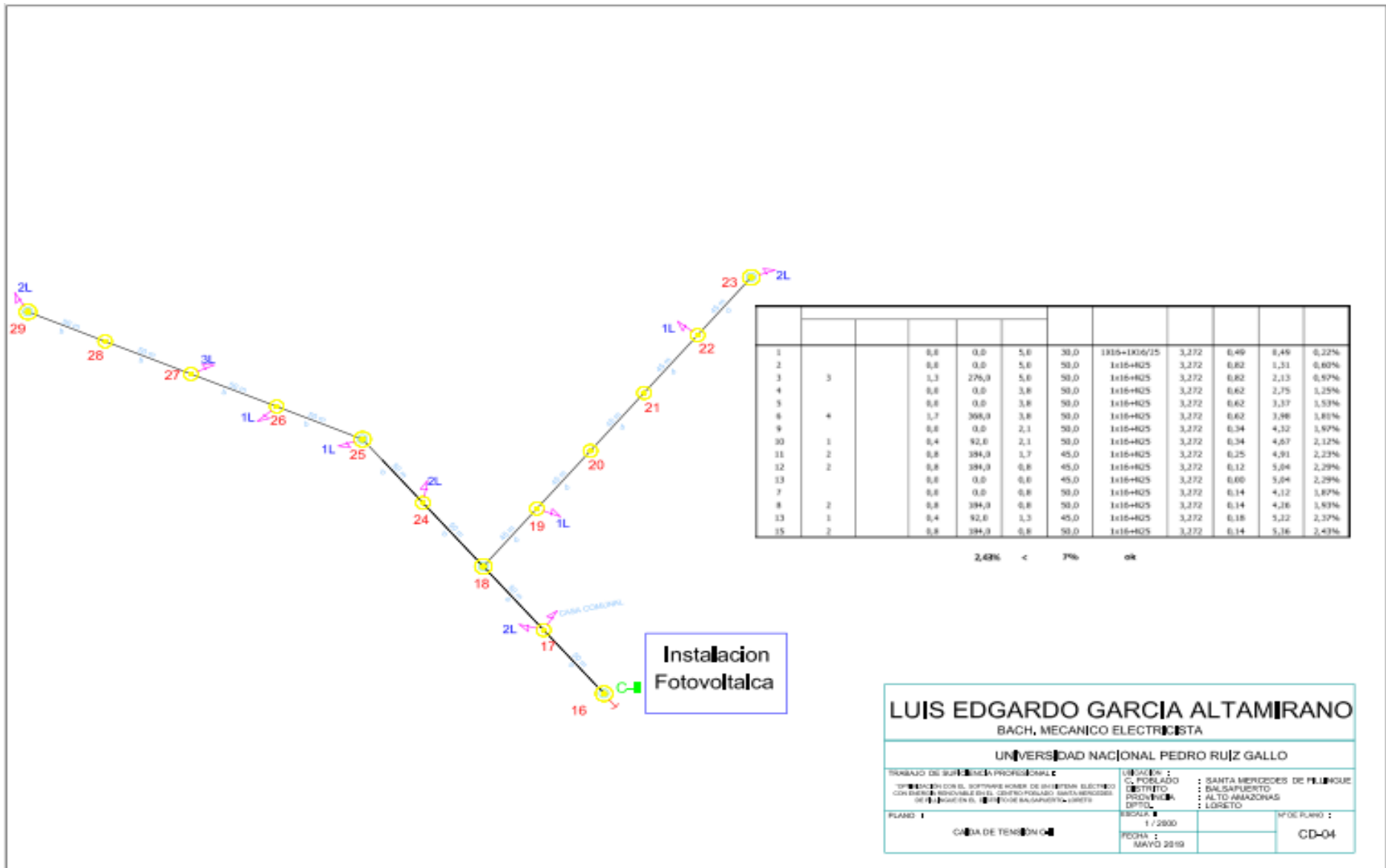
LUIS EDGARDO GARCIA ALTAMIRANO
 BACH. MECANICO ELECTRICISTA
 UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

TITULO DE OBRERA PROFESIONAL	C. 000000	ALUMNOS DE PLAZA
FECHA	11/2000	ALUMNOS DE PLAZA
FECHA DE OBRERA PROFESIONAL	11/2000	ALUMNOS DE PLAZA
FECHA DE OBRERA PROFESIONAL	11/2000	ALUMNOS DE PLAZA

FECHA DE OBRERA PROFESIONAL: 11/2000
 FECHA DE OBRERA PROFESIONAL: 11/2000
 FECHA DE OBRERA PROFESIONAL: 11/2000
 FECHA DE OBRERA PROFESIONAL: 11/2000

ANEXO N° 09. DIAGRAMA UNIFILAR DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN





1											
2											
3	3										
4											
5											
6	4										
9											
10	1										
11	2										
12	2										
13											
7											
8	2										
13	1										
15	2										

2,48% < 7% ok

LUIS EDGARDO GARCIA ALTAMIRANO

BACH. MECANICO ELECTRICISTA

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

TRABAJO DE GRADUACION PROFESIONAL	UBICACION :	SANTA MERCEDES DE PULLINQUE
TRABAJO EN EL SUPORTE TECNICO DE SISTEMAS ELECTRICOS	C. POBLADO :	DALSAPUERTO
CON BIENIO RENOVABLE EN EL CENTRO POBLADO SANTA MERCEDES	DISTRITO :	ALTO AMAZONAS
DE LA CIUDAD DE BALSAPUERTO, LORETO	PROVINCIA :	LORETO
PLANO 1	ESCALA :	
CADA DE TENSION 04	1 / 2000	NO DE PLANO :
	FECHA :	CD-04
	MAYO 2019	

ANEXO N° 10. PLANILLA DE LA RS

PLANILLA DE METRADO REDES SECUNDARIAS Y CONEXIONES DOMICILIARIAS CENTRO POBLADO SANTA MERCEDES DE PILLINGUE"

DETALLE Y UBICACION		METRADO	POSTES DE C.A.C		RETENIDAS Y PUESTA A TIERRA		PASTORALES Y LUMINARIAS		AUTOPORTANTE				CONDUCTORES	ACCESORIOS DE FERRETERIA																						
ESTRUCT. POSTE N°	ARMADO	VANO ATRAS (m)	POSTE DE CAC 8/200	POSTE DE CAC 8/300	RETENIDA SIMPLE	RETENIDA CON TRAPUNTA	PUESTA A TIERRA CON VARILLA	PASTORAL DE TUBO DE A°/3°	LUMINARIA CON LAMPARA DE VAPOR DE SODIO	2X16+16P25	2X16P25	1X16+16P25	1X16P25	Cu RECOCIDO N2XY 10 mm ²	GRAPA DE SUSPENSION ANGULAR	GRAPA DE ANCLAJE CONICA	CONECTOR Bimetálico PARA AI	CONECTOR Bimetálico AISLADO	CONECTOR PARA AI. 25mm ² TIPO CUN A	CONECTOR AISLADO TIPO PERFORACION	CORREPLASTICAS DE AMARRE	CINTA AUTOFUNDEnte PARA EXTREMO DE CABLE	PERNO CON GANCHO DE 16mm Ø. LONG. 254 mm	PERNO CON GANCHO DE 16mm Ø. LONG. 305 mm	PERNO DE A°/3° DE 13mmØ LONG. 254mm	PERNO DE A°/3° DE 13mmØ LONG. 305mm	PERNO CON CUAL DE 13mmØ. LONG. 254 mm	PERNO CON CUAL DE 13mmØ. LONG. 305mm	FLEJE DE ACERO INOX.	ARANDA LA CUADRADA CURVA	TUERCA CULO DE A°/3° PARA PERNO DE 16mmØ	CAJA DE DERIVACION	PORTALINEA UNIPOLAR			
C-I																																				
1	E3B	40,0		1,0	1,0							44,0										4,0	2,0			1,0		1,0					2,0			2,0
2	E1B	50,0	1,0									55,0			1,0							4,0		1,0		1,0										2,0
3	E1B	50,0	1,0									55,0			1,0							4,0		1,0		1,0										2,0
4	E1B	50,0	1,0				1,0					55,0			1,0							4,0		1,0		1,0										2,0
5	E1B	50,0	1,0									55,0			1,0							4,0		1,0		1,0										2,0
6	E9B	50,0		1,0	1,0							55,0										4,0	2,0	2,0		1,0		1,0				3,0			2,0	
7	E1B	50,0	1,0									55,0			1,0							4,0		1,0		1,0										2,0
8	E3B	50,0		1,0	1,0		1,0					55,0										4,0	2,0		1,0		1,0				2,0				2,0	
9	E1B	50,0	1,0									55,0			1,0							4,0		1,0		1,0										2,0
10	E4B	50,0		1,0	2,0		1,0					55,0			1,0							4,0	2,0	1,0		1,0		1,0			2,0				2,0	
11	E1B	45,0	1,0									49,5			1,0							4,0		1,0		1,0										2,0
12	E9B	45,0		1,0	1,0							49,5										4,0	2,0	2,0		1,0		1,0			3,0				2,0	
13	E3B	45,0		1,0	1,0		1,0					49,5										4,0	2,0		1,0		1,0			2,0					2,0	
14	E1B	50,0	1,0									55,0			1,0							4,0		1,0		1,0										2,0
15	E3B	50,0		1,0	1,0		1,0					55,0										4,0	2,0		1,0		1,0				2,0					2,0
C-II																																				
16	E3B	40,0		1,0				1,0	1,0			44,0										4,0	2,0			1,0		1,0				2,0				2,0
17	E1B	50,0	1,0									55,0			1,0							4,0		1,0		1,0										2,0
18	E9B	50,0		1,0								55,0										4,0	2,0	2,0		1,0		1,0			3,0					2,0
19	E1B	45,0	1,0									49,5			1,0							4,0		1,0		1,0										2,0
20	E1B	45,0	1,0									49,5			1,0							4,0		1,0		1,0										2,0
21	E1B	45,0	1,0									49,5			1,0							4,0		1,0		1,0										2,0
22	E1B	45,0	1,0									49,5			1,0							4,0		1,0		1,0										2,0
23	E3B	45,0		1,0			1,0					49,5										4,0	2,0		1,0		1,0			2,0						2,0
24	E1B	50,0	1,0									55,0			1,0							4,0		1,0		1,0										2,0
25	E4B	50,0		1,0			1,0					55,0			1,0							4,0	2,0	1,0		1,0		1,0			2,0					2,0
26	E1B	50,0	1,0									55,0			1,0							4,0		1,0		1,0										2,0
27	E1B	50,0	1,0									55,0			1,0							4,0		1,0		1,0										2,0
28	E1B	50,0	1,0									55,0			1,0							4,0		1,0		1,0										2,0
29	E3B	50,0		1,0			1,0					55,0										4,0	2,0		1,0		1,0				2,0					2,0
TOTAL		1390,00	17,00	12,00	8,00	0,00	8,00	1,00	1,00	0,00	0,00	44,00	1485,00	0,00	19,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	116,00	24,00	25,00	0,00	29,00	0,00	12,00	0,00	0,00	27,00	0,00	0,00	0,00	58,00		