

NOMBRE DEL TRABAJO

**TESIS PANEL FOTOVOLTAICO 20-04-20
24 FINAL[1].pdf**

AUTOR

JOEL AUCCASI

RECUENTO DE PALABRAS

26645 Words

RECUENTO DE CARACTERES

144687 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

145 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

6.0MB

FECHA DE ENTREGA

Jun 16, 2024 10:06 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jun 16, 2024 10:08 PM GMT-5**● 21% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 20% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 0% Base de datos de trabajos entregados
- 3% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)



UNIVERSIDAD NACIONAL
TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

**FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA
PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN EN
EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTELS
(Art. 45° de la ley N° 30220 – Ley)**

Autorización de la propiedad intelectual del autor para la publicación de tesis en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur (<https://repositorio.untels.edu.pe>), de conformidad con el Decreto Legislativo N° 822, sobre la Ley de los Derechos de Autor, Ley N° 30035 del Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, Art. 10° del Rgto. Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales en las universidades – RENATI Res. N° 084-2022-SUNEDU/CD, publicado en El Peruano el 16 de agosto de 2022; y la RCO N° 061-2023-UNTELS del 01 marzo 2023.

TIPO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

- 1). TESIS () 2). TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL ()

DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres:	AUCCASI REZA JOEL
D.N.I.:	76700160
Otro Documento:	
Nacionalidad:	PERUANA
Teléfono:	960175883
e-mail:	2016100066@UNTELS.EDU.PE

DATOS ACADÉMICOS

Pregrado

Facultad:	FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
Programa Académico:	TESIS
Título Profesional otorgado:	INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

Postgrado

Universidad de Procedencia:	
País:	
Grado Académico otorgado:	

Datos de trabajo de investigación

Título:	DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO PARA SUMINISTRO DE ENERGÍA DE ELECTROLÍNEAS PARA BUSES ELÉCTRICOS - MUNICIPALIDAD DE SAN ISIDRO
Fecha de Sustentación:	25 DE JUNIO DEL 2024
Calificación:	ARROBADO POR UNANIMIDAD
Año de Publicación:	2024

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN VERSIÓN ELECTRÓNICA

A través de la presente, autorizo la publicación del texto completo de la tesis, en el Repositorio Institucional de la UNTELS especificando los siguientes términos:

Marcar con una X su elección.

- 1) Usted otorga una licencia especial para publicación de obras en el REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR.

Si autorizo No autorizo

- 2) Usted autoriza para que la obra sea puesta a disposición del público conservando los derechos de autor y para ello se elige el siguiente tipo de acceso.

Derechos de autor		
TIPO DE ACCESO	ATRIBUCIONES DE ACCESO	ELECCIÓN
ACCESO ABIERTO 12.1(*)	info:eu-repo/semantics/openAccess (Para documentos en acceso abierto)	(X)

- 3) Si usted dispone de una **PATENTE** puede elegir el tipo de **ACCESO RESTRINGIDO** como derecho de autor y en el marco de confiabilidad dispuesto por los numerales 5.2 y 6.7 de la directiva N° 004-2016-CONCYTEC DEGC que regula el Repositorio Nacional Digital de CONCYTEC (Se colgará únicamente datos del autor y el resumen del trabajo de investigación).

Derechos de autor		
TIPO DE ACCESO	ATRIBUCIONES DE ACCESO	ELECCIÓN
ACCESO RESTRINGIDO	info:eu-repo/semantics/restrictedAccess (Para documentos restringidos)	()
	info:eu-repo/semantics/embargoedAccess (Para documentos con períodos de embargo. Se debe especificar las fechas de embargo)	()
	info:eu-repo/semantics/closedAccess (para documentos confidenciales)	()

(*) <http://renati.sunedu.gob.pe>



UNIVERSIDAD NACIONAL
TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

Rellene la siguiente información si su trabajo de investigación es de acceso restringido:

Atribuciones de acceso restringido:

Motivos de la elección del acceso restringido:

AUCCASI REZA JOEL

APELLIDOS Y NOMBRES

76 700 160

DNI

Firma y huella:



Lima, 28 de JUNIO del 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA



**“DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO PARA
SUMINISTRO DE ENERGIA DE ELECTROLINERAS PARA BUSES
ELECTRICOS - MUNICIPALIDAD DE SAN ISIDRO”**

TESIS

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR EL BACHILLER

AUCCASI REZA, JOEL

ORCID: 0009-0007-2762-1009

ASESOR

PFUYO MUÑOZ, ROBERTO

ORCID: 0000-0002-8823-413X

Villa el Salvador

2024



DECANATO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

En Villa El Salvador, siendo las 10:00 horas del día 25 de junio del año 2024 reunidos en instalaciones de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, los miembros del Jurado Evaluador, integrado por:

PRESIDENTE: Dr. Carlos Vidal Dávila Ignacio ORCID N° 0000-0002-6337-251X Colegiatura N° 96353
SECRETARIO: Mg. Richard Flores Caceres ORCID N° 0000-0001-6773-3872 Colegiatura N° 185839
VOCAL : Mg. Carlos Hernán Flores Velásquez ORCID N° 0000-0002-0581-5001 Colegiatura N° 129506

Nombrados por Resolución de Facultad de Ingeniería y Gestión N° 332-2022-UNTELS-CO-V.ACAD-FIG de fecha 22 de julio del 2022, quienes dan inicio a la Sesión Pública de Sustentación y Evaluación de Trabajo de Investigación, Tesis o Trabajo de Suficiencia Profesional e invitan al **ASESOR:** Dr. Roberto Pfuyo Muñoz con DNI N° 23854398 y N° Colegiatura 46900 a estar presente en la Sustentación Presencial.

Acto seguido, el aspirante al: Grado de Bachiller Título Profesional

Don(ña): **JOEL AUCCASI REZA** identificado(a) con D.N.I. N° 76700160, procedieron a la Sustentación de:
 Trabajo de investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado:

“DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO PARA SUMINISTRO DE ENERGÍA DE ELECTROLINERAS PARA BUSES ELÉCTRICOS – MUNICIPALIDAD DE SAN ISIDRO”.

Autorizado mediante Resolución de Decanato N° 119-2023-UNTELS-R-D de fecha 19 de junio del 2023, de conformidad con las disposiciones del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales vigente, sustentó y absolvió las interrogantes que le formularon los señores miembros del Jurado Evaluador. Concluida la Sustentación se procedió a la evaluación y calificación correspondiente, resultando el aspirante..... APROBADO por..... UNANIMIDAD, con la nota de: 15 De acuerdo al Art. 57° del Reglamento General para optar el Título Profesional.

CALIFICACIÓN		CONDICIÓN	EQUIVALENCIA
NÚMERO	LETRAS		
<u>15</u>	<u>QUINCE</u>	<u>APROBADO POR UNANIMIDAD</u>	<u>BUENO</u>

Siendo las 12:00 horas del día 25 de junio del 2024, se dio por concluido el acto de sustentación, firmando el jurado evaluador el Acta de Sustentación y con firma del sustentante en señal de conformidad; registrando en el Libro de Bachilleres/ Título Profesional en el folio N° del **LIBRO DE ACTAS** que obra en la Facultad.

Dr. CARLOS VIDAL DAVILA IGNACIO
 PRESIDENTE

Mg. RICHARD FLORES CACERES
 SECRETARIO

Mg. CARLOS H. FLORES VELASQUEZ
 VOCAL

JOEL AUCCASI REZA
 SUSTENTANTE

DEDICATORIA

A la memoria de mi madre Cristina,
quien formó en mí el deseo de seguir
estudiando motivándome con su frase
“El que estudia triunfa” ...

AGRADECIMIENTO

A mi familia y amistades que estuvieron y están conmigo motivándome a continuar con mis estudios. Actualmente estoy cursando una carrera de pregrado en la Escuela de Matemática de la Facultad de Ciencias, y una carrera de posgrado en la Maestría en Ingeniería con Mención en Gerencia de Proyectos Electromecánicos en la Facultad de Ingeniería Mecánica, ambas en la Universidad Nacional de Ingeniería, mi segunda Alma Mater.

Al Ing. Carlos Dávila Ignacio por su apoyo y consejos para poder culminar esta tesis.

Al Ing. Oscar Pinto Diaz por la confianza hacia mi persona en el desarrollo de esta tesis y a su vez, por permitirme tomar como unidad de estudio de esta tesis a la municipalidad de San Isidro planteando una mejora ambiental y económica en el servicio municipal “Expreso San Isidro”.

A los ingenieros Jorge Sánchez, Daniel Astudillo y Oscar Pinto por su colaboración en la revisión de esta tesis para el formato juicio de experto presentados en el anexo 3 de esta tesis.

Al encargado del servicio “Expreso San Isidro” Cristyan Dioses Tume, por su apoyo en la toma de datos para realizar los cálculos correspondientes de esta tesis.

Al operario de las electrolinerías Jorge Espinoza Castillo por su apoyo en los parámetros de trabajo de las electrolinerías.

A Dios, por mantenerme bien de salud y por todas las bendiciones que me ha dado hasta hoy y lo que seguirá haciendo en mi vida.

RESUMEN

La presente tesis que lleva como título “Diseño del sistema fotovoltaico aislado para suministro de energía de electrolinerías para buses eléctricos - Municipalidad de San Isidro”, tuvo como temática central el aprovechamiento de la energía solar en la reducción de costos de energía y a su vez, trayendo como consecuencia la disminución de la huella de carbono en el país. La unidad de estudio se definió en la municipalidad de San Isidro, ubicado en la calle Augusto Tamayo Nro. 180, Distrito de San Isidro, Lima, Perú (Parque Augusto Tamayo), lugar donde actualmente se encuentran los grifos eléctricos que abastecen a los buses eléctricos del municipio.

La municipalidad de San Isidro, bajo el servicio que ofrece denominado “Expreso San Isidro”, moviliza a los vecinos del San Isidro por tres rutas definidas que abarcan puntos importantes en el distrito como iglesias, centros comerciales, colegios y parques. Esto se realiza con seis buses eléctricos adquiridos recientemente que son recargados con energía del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN).

En la presente tesis se plantea un cambio en la matriz energética usada en los grifos eléctricos de la municipalidad, pasando de la energía convencional a usar la energía fotovoltaica convirtiendo al servicio municipal en un servicio 100% amigable con el medio ambiente. Los componentes fotovoltaicos se diseñaron en base a los seis buses eléctricos los cuales se muestran continuación: 78 paneles fotovoltaicos JA SOLAR 455W Monocristalino PERC, 9 reguladores BlueSolar MPPT 150/85, 9 inversores PHOENIX VICTRON 48/5000 y 400 baterías Ultracell UZS600 Batería Estacionaria 600Ah 6V.

Esta tesis contribuirá con un diseño fotovoltaico que permita desfasar a la energía convencional por la energía fotovoltaica, reduciendo los costos de energía en el municipio y a su vez, reduciendo también la huella de carbono en el país producto de la generación de energía eléctrica en centrales hidroeléctricas y térmicas, que son las que mayor contaminación producen al medio ambiente.

Palabras claves: electrolinerías, centrales eléctricas, huella de carbono, radiación solar, SEIN, energía fotovoltaica, sistema fotovoltaico aislado, matriz energética.

ABSTRACT

The present thesis, titled "Design of the isolated photovoltaic system for the energy supply of power plants for electric buses - Municipality of San Isidro", had as its central theme the use of solar energy in the reduction of energy costs and, in turn, resulting in a decrease in the carbon footprint in the country. The study unit was defined in the municipality of San Isidro, located on Augusto Tamayo Street No. 180, San Isidro District, Lima, Peru (Augusto Tamayo Park), where the power outlets that supply the buses are currently located. municipality electricity.

The municipality of San Isidro, under the service it offers called "San Isidro Express", mobilizes the residents of San Isidro along three defined routes that cover important points in the district such as churches, shopping centers, schools and parks. This is done with six recently acquired electric buses that are recharged with energy from the National Interconnected Electric System (SEIN).

This thesis proposes a change in the energy matrix used in the municipality's electric taps, moving from conventional energy to the use of photovoltaic energy, converting the municipal service into a 100% environmentally friendly service. The photovoltaic components are designed based on the six electric buses shown below: 78 JA SOLAR 455W Monocrystalline PERC photovoltaic panels, 9 BlueSolar MPPT 150/85 regulators, 9 PHOENIX VICTRON inverters 48/5000 and 400 Ultracell UZS600 Stationary Battery 600Ah 6V.

This thesis will contribute with a photovoltaic design that allows conventional energy to be eliminated with photovoltaic energy, reducing energy costs in the municipality and in turn also reducing the carbon footprint in the country as a consequence of the generation of electrical energy in plants. of energy hydroelectric and thermal, which are the ones that produce the greatest pollution to the environment.

Key words: charging stations, power plants, carbon footprint, solar radiation, SEIN, photovoltaic energy, isolated photovoltaic system, energy matrix.

INDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	2
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1. Descripción del problema	2
1.2. Formulación del problema	5
1.2.1. Problema general	5
1.2.2. Problemas específicos	5
1.3. Objetivos de la investigación	5
1.3.1. Objetivo general	5
1.3.2. Objetivos específicos	6
1.4. Delimitación	6
1.4.1. Espacial	6
1.4.2. Temporal	7
1.4.3. Teórica	7
1.5. Justificación	7
1.5.1. Teórica	7
1.5.2. Práctica	7
1.5.3. Legal	8
1.5.4. Económica	8
1.5.5. Social	8
CAPÍTULO II	10
2. MARCO TEÓRICO	10
2.1. Antecedentes del estudio	10
2.1.1. A nivel internacional	10
2.1.2. A nivel nacional	12

2.2. Bases teóricas	13
2.2.1. La Energía solar en el Perú.....	13
2.2.2. La Energía solar en Lima	14
2.2.3. Radiación Solar	14
2.2.3.1. Irradiación solar.....	15
2.2.3.2. Irradiancia solar.....	15
2.2.3.3. Insolación	15
2.2.3.4. Hora pico solar	15
2.2.3.5. Importancia de la radiación solar	16
2.2.3.6. Tipos de radiaciones solares.....	16
2.2.4. Angulo de inclinación	17
2.2.5. Sistema solar fotovoltaico.....	18
2.2.5.1. Paneles fotovoltaicos.....	18
2.2.5.1.1. Células solares.....	19
2.2.5.1.2. Clasificación de los paneles fotovoltaicos	19
2.2.5.1.3. Conexiones de paneles fotovoltaicos en serie – paralelo	22
2.2.5.2. Inversor.....	25
2.2.5.3. Baterías.....	28
2.2.5.4. Reguladores de Carga	30
2.2.5.5. Sistema de cableado	31
2.2.5.6. Estructura Metálica	32
2.2.6. Tipos de Sistemas fotovoltaicos	32
2.2.6.1. Sistemas fotovoltaicos aislados.....	32
2.2.6.2. Sistemas Fotovoltaicos conectados a la Red.....	33
2.2.6.3. Sistemas fotovoltaicos híbridos.....	34
2.2.7. Electrolineras	35
2.2.7.1. Tipos de conectores	35

2.2.7.2. Modos de recarga	39
2.2.7.3. Velocidad de recarga	40
2.2.7.4. Vehículos eléctricos	41
CAPITULO III.....	42
VARIABLES E HIPOTESIS.....	42
3.1. Operacionalización de las variables	42
3.2. Hipótesis de la investigación:.....	42
3.2.1. Hipótesis general:	42
3.2.2. Hipótesis específica:	43
CAPITULO IV	44
METODOLOGÍA.....	44
4.1. Diseño de investigación	44
4.2. Descripción de la metodología.....	44
4.2.1. Implementación del tema de investigación.....	45
4.2.1.1. Autonomía de operación de los buses eléctricos en la actual gestión	
45	
4.2.1.2. Cálculo de hora solar pico	48
4.2.1.3. Cálculo de la demanda de energía a suministrar	50
4.2.1.4. Cálculo del número de paneles fotovoltaicos.....	52
4.2.1.5. Cálculo del regulador fotovoltaico.....	65
4.2.1.6. Cálculo del inversor fotovoltaico	68
4.2.1.7. Cálculo de las baterías fotovoltaicas	69
4.2.1.8. Cálculo de los conductores eléctricos	73
4.2.1.9. Cálculo de los dispositivos de protección	79
4.2.1.9.1 Cálculo de los fusibles de protección	79
4.2.1.9.2. Cálculo de la llave termomagnética	81
4.2.1.9.3. Cálculo de la llave diferencial	82

4.2.1.10. Sistema de Puesta a Tierra	83
4.2.1.11. Inclinação de los módulos fotovoltaicos.....	87
4.2.1.12. Forma de la estructura metálica de soporte.....	89
4.2.1.13. Cálculo de mitigación de la contaminación ambiental	91
4.2.1.14. Presupuesto total del sistema fotovoltaico	92
4.2.1.15. Estudio de factibilidad del sistema fotovoltaico	93
4.2.1.16. Cálculo del VAN y TIR.....	98
4.3. Población y muestra	99
4.3.1. Población.....	99
4.3.2. Muestra	99
4.4. Técnicas de recolección de datos.....	99
4.4.1. Observación.....	99
4.4.2. Análisis de sitios web	99
4.4.3. Revisión de documentos	99
4.5. Instrumentos de recolección de datos.....	100
4.5.1. Validez.....	100
4.6. Resultados	100
CAPÍTULO V	102
5.1. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	102
CAPÍTULO VI.....	104
CONCLUSIONES.....	104
CAPÍTULO VII	105
RECOMENDACIONES.....	105
CAPÍTULO VIII.....	106
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	106
ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	110
ANEXO 2. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	111

ANEXO 2.1. TABLA DE RADIACIÓN SOLAR DEL DISTRITO DE SAN ISIDRO.....	111
ANEXO 2.2. RECIBO DE LUZ DE LA MUNICIPALIDAD DE SAN ISIDRO	112
ANEXO 2.3. INFORME MENSUAL DE LOS TRABAJOS DE LAS ELECTROLINERAS	113
ANEXO 2.4. CATÁLOGO DE CONDUCTOR NH - 90.....	119
ANEXO 2.5. CATÁLOGO DE PANEL FOTOVOLTAICO	120
ANEXO 2.6. CATÁLOGO DE INVERSOR FOTOVOLTAICO	121
ANEXO 2.7. CATÁLOGO DE REGULADOR FOTOVOLTAICO	122
ANEXO 2.8. CATÁLOGOS DE BATERÍAS FOTOVOLTAICAS	123
ANEXO 2.9. PARÁMETROS DEL BUS ELÉCTRICO.....	124
ANEXO 3. FORMATOS DE JUICIO DE EXPERTOS FIRMADOS.....	125
ANEXO 4. GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	131

INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1</i> Comparativo entre los tipos de recarga.....	41
<i>Tabla 2</i> Definición operacional de las variables.....	42
<i>Tabla 3</i> Hora solar pico de la municipalidad de San Isidro	49
<i>Tabla 4.</i> Balance energético del sistema fotovoltaico	64
<i>Tabla 5</i> Distancias entre los tramos del sistema	75
<i>Tabla 6</i> Sección de conductor neutro norma ITC-BT-07	77
<i>Tabla 7</i> Secciones e intensidades de conductores por tramo	78
<i>Tabla 8</i> Calibres normalizados de fusibles	79
<i>Tabla 9</i> Parámetros de un pozo a tierra.....	87
<i>Tabla 10</i> Ángulo de inclinación para sistemas estáticos.....	88
<i>Tabla 11</i> Presupuesto del sistema fotovoltaico	92
<i>Tabla 12</i> Flujo de Caja del sistema fotovoltaico.....	95
<i>Tabla 13</i> Análisis del estudio económico	98
<i>Tabla 14</i> Dimensionamiento de componentes fotovoltaicos.	101
<i>Tabla 15.</i> Matriz de consistencia.....	110
<i>Tabla 16.</i> Radiación solar en el distrito de San Isidro.....	111

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1</i> Producción de energía eléctrica 2021-2022	3
<i>Figura 2</i> Producción eléctrica según recurso energético	4
<i>Figura 3</i> Ubicación del sistema fotovoltaico	6
<i>Figura 4</i> Flota del servicio "Expreso San Isidro"	9
<i>Figura 5</i> Flujos de la radiación solar en la Tierra.	17
<i>Figura 6</i> Inclinación de un panel fotovoltaico	17
<i>Figura 7</i> Componentes de la célula solar	19
<i>Figura 8</i> Panel Solar Monocristalino	21
<i>Figura 9</i> Panel Solar Monocristalino	22
<i>Figura 10</i> Conexión de paneles en serie	23
<i>Figura 11</i> Conexión de paneles en paralelo	24
<i>Figura 12</i> Conexión mixta.....	24
<i>Figura 13</i> Inversor String.....	26
<i>Figura 14</i> Microinversores instalados en paneles fotovoltaicos	27
<i>Figura 15</i> Optimizadores de potencia.....	28
<i>Figura 16</i> Batería fotovoltaica.....	30
<i>Figura 17.</i> Conexiones del regulador de carga	31
<i>Figura 18</i> Esquema del sistema fotovoltaico aislado.....	33
<i>Figura 19</i> Esquema del sistema fotovoltaico conectado a red.....	34
<i>Figura 20</i> Esquema de sistema fotovoltaico hibrido.....	35
<i>Figura 21</i> Tipos de conectores usados en electrolineras.....	36
<i>Figura 22</i> Conector Yazaki	37
<i>Figura 23</i> Conector Mennekes	37
<i>Figura 24</i> Conector CHAdeMO	38
<i>Figura 25</i> Conector CCS.....	38
<i>Figura 26</i> Modos de recarga.....	40
<i>Figura 27.</i> Línea 1- Expreso San Isidro	46
<i>Figura 28</i> Línea 2- Expreso San Isidro.....	46
<i>Figura 29</i> Línea 3- Expreso San Isidro	47
<i>Figura 30</i> Electrolineras de la Municipalidad de San Isidro	47
<i>Figura 31</i> Carga de buses eléctricos en las electrolineras	48
<i>Figura 32</i> Interfaz de software CCEEA	49

Figura 33	Radiación Solar Promedio de la ubicación de los paneles.....	50
Figura 34	Temperaturas máximas y mínimas estimadas.....	50
Figura 35	Especificaciones técnicas Regulador	66
Figura 36	Cantidad de buses eléctricos.....	72
Figura 37	Esquema de una Puesta tierra del tipo TT.....	84
Figura 38	Resistencias de conductores de cobre desnudos	86
Figura 39	Parque Augusto Tamayo	88
Figura 40	Estructura metálica (vista lateral).....	89
Figura 41	Estructura Metálica (Vista Superior).....	89
Figura 42	Estructura Metálica (Frontal).....	90
Figura 43.	Estructura metálica propuesta	90

INTRODUCCIÓN

La presente tesis titulada “*Diseño del sistema fotovoltaico aislado para suministro de energía de electrolineras para buses eléctricos - Municipalidad de San Isidro*” tuvo como problemática principal la reducción de los costos en facturación de energía eléctrica que a su vez traerá por consecuencia la disminución de la huella de carbono en el medio ambiente producto de la demanda de electricidad que contamina al medio ambiente desde su generación en los diferentes tipos de centrales eléctricas que operan en el país.

Además, la densidad poblacional está en constante aumento ocasionando que se requiera mayor demanda de energía y recursos, por lo que no es de esperarse que los costos de electricidad también aumenten, es por ello que se busca nuevas formas de generar energía eléctrica de forma independiente a la energía de la red. Considerando estos aspectos, el objetivo general de esta tesis es determinar el diseño del sistema fotovoltaico aislado podrá suministrar de energía a las electrolineras de la municipalidad de San Isidro, de manera que el servicio sea 100% libre de emisiones, reduciendo la huella de carbono en el país y la hipótesis general será si el diseño del sistema fotovoltaico aislado logrará suministrar de energía a las electrolineras de la municipalidad de San Isidro.

El contenido de esta tesis está estructurado en siete capítulos; en el Capítulo I se presenta la descripción de la realidad problemática, el planteamiento del problema, los objetivos, la delimitación y la justificación de la tesis; en el Capítulo II se presenta los antecedentes nacionales e internacionales así como el marco teórico que es la base de la tesis; en el Capítulo III se presenta las hipótesis así como las variables analizadas; en el Capítulo IV se muestra la descripción de la metodología seguida de la tesis, la técnica y los instrumentos de recolección de datos necesarios; en el Capítulo V se hará referencia a la discusión de resultados tomando como base investigaciones anteriores que abordan la misma temática; en el Capítulo VI se presenta las conclusiones, en el Capítulo VII se muestra las recomendaciones por parte del autor y en el Capítulo VIII se muestra las referencias bibliográficas usadas en esta tesis.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

A medida que el tiempo transcurre, el aumento de la cantidad de personas en todo el país es notable causando que se requiera más energía eléctrica y recursos no renovables para cubrir la demanda, lo cual genera los gases de efecto invernadero que perjudica la calidad de aire que se respira en el país, agregando a su vez que los costos de energía eléctrica están en constante aumento por lo que se está en constante búsqueda de otras formas de generar electricidad.

Los vehículos eléctricos son la solución más práctica ante estos problemas descritos anteriormente, pues se abarcaría el tema de la emisión de gases tóxicos producto de la combustión utilizando en su lugar un motor eléctrico que produce emisiones mínimas. Estos tipos de vehículos ya se están difundiendo de forma masiva en países vecinos al nuestro debido a las políticas de adquisición que se han tomado y están para desplazar a los vehículos a combustible de forma definitiva.

El estado peruano, a través del proyecto de ley de promoción del uso de vehículos eléctricos propuesto en el congreso el 24 de Junio del 2021, aplica políticas que van a fomentar la adquisición de vehículos eléctricos como es el caso de la exoneración del pago del Impuesto General a las Ventas (IGV) y el Impuesto al Patrimonio Vehicular por el periodo de 5 años contados a partir en vigencia de la presente ley, lo cual demuestra que es cuestión de tiempo que los vehículos eléctricos sean masificados en el país.

La municipalidad de San Isidro, de acuerdo con el Pacto Global de alcaldes por el clima y la energía de América Latina y el Caribe, se comprometió a implementar políticas que permitan reducir o limitar las emisiones de los gases de efecto invernadero (GEI) como es el caso de la aplicación de luminarias integrados con paneles solares en 300 alumbrados peatonales y ornamentales.

Además, el caso de más relevancia es la adquisición de 6 buses eléctricos bajo el servicio municipal denominado “Expreso San Isidro” lo cual es un sistema totalmente gratuito que abarca en su recorrido locales municipales, centros financieros, colegios, iglesias y lugares de interés público dentro del distrito de San Isidro, además que es un servicio del tipo inclusivo, seguro y eco amigable con el medio ambiente.

Estos buses eléctricos cuentan con baterías internas que son recargadas en electrolinerías que actualmente son abastecidas por la energía del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN), que es la red eléctrica donde todas las centrales generadoras del país entregan su producción de energía.

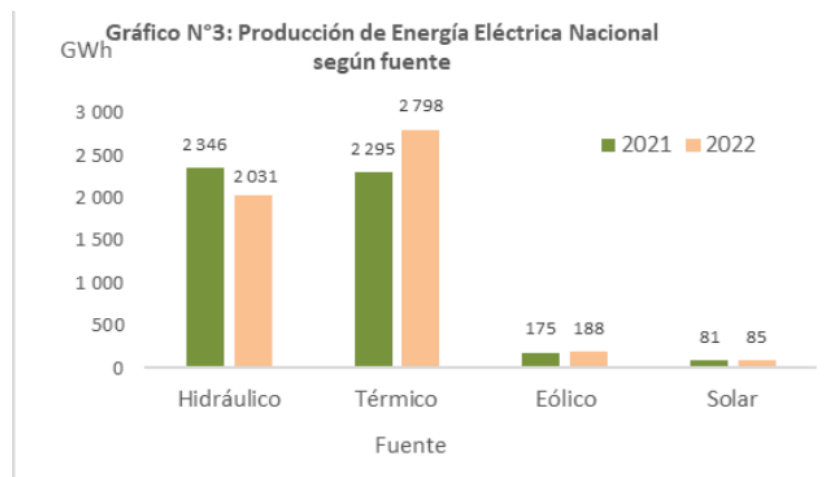
Sin embargo, las centrales termoeléctricas requieren de la combustión de insumos derivados del petróleo para poder generar un trabajo mecánico en la turbina de vapor lo cual ocasiona emisiones de CO₂ al medio ambiente y las centrales hidroeléctricas producen metano, gas más contaminante que el CO₂, producto de la descomposición del material orgánico como la vegetación y sedimentos que se encuentran en las represas que permiten almacenar agua para posteriormente dirigirlo hacia la turbina hidráulica.

A continuación, se muestra la figura 1, la cual muestra la producción de energía eléctrica durante el periodo 2021-2022.

Posterior a ella se muestra la figura 2, la cual muestra la producción de electricidad obtenida a partir de cada forma de generación eléctrica en el país.

Figura 1

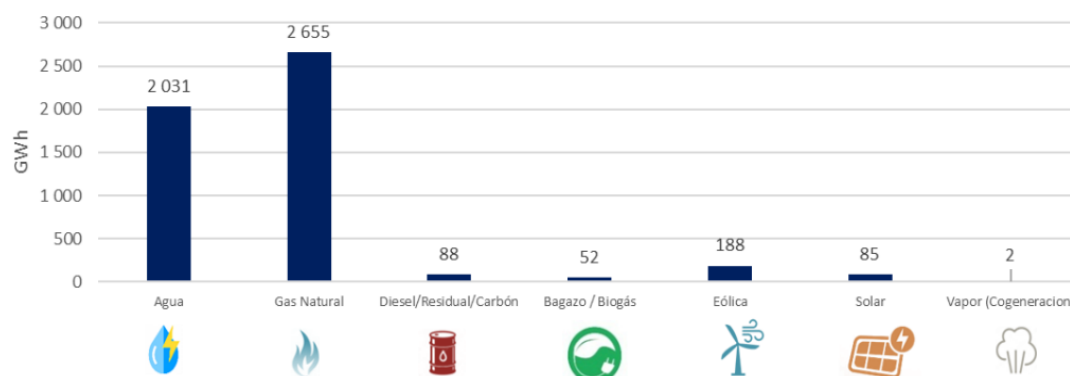
Producción de energía eléctrica 2021-2022



Fuente: MINEM

Figura 2

Producción eléctrica según recurso energético



Fuente: MINEM

De las figuras anteriores se observa que la matriz energética peruana depende de las centrales hidráulicas y térmicas esencialmente, y dadas que ellas son las que mayor contaminación producen al medio ambiente ya sea por el uso de combustibles fósiles de las centrales térmicas o emisión de metano producido en las represas de las centrales hidroeléctricas, se ha considerado un factor de emisión para poder calcular de forma aproximada la contaminación ambiental producida por el uso de la energía eléctrica proveniente del SEIN.

(Saavedra Farfan, 2020) Afirma que “El valor más actualizado del Factor de Emisión de la red eléctrica peruana y recomendada por el MINAM es el calculado por el desarrollador del proyecto Central Hidroeléctrica Poechos II correspondiente al año 2017, el cual es: 0.52144 TonCO₂eq/MWh”.

La difusión y aplicación de las energías renovables como es el caso de la energía solar y eólica, que son las más aplicadas en el país son una opción muy relevante como modo opcional de generar energía eléctrica limpia.

Esta tesis se centró en la aplicación de la energía solar, que es aprovechada de dos maneras en el país: como energía solar térmica y como energía solar fotovoltaica. Esta última es la más aplicada, y es tema de investigación de esta tesis, debido a que se puede generar energía eléctrica en base a la radiación solar.

La problemática en el diseño de sistemas fotovoltaicos es la rentabilidad de la instalación e implementación. Si bien estos sistemas muestran un margen de ganancia durante su vida útil, se necesita realizar una fuerte inversión inicial, motivo por la que no es atractivo para distintas entidades o personas interesadas en estos

tipos de sistemas de generación de energía debido sobre todo al riesgo que se produce si es que el sistema fotovoltaico no pueda suministrar la energía requerida.

Diseñar un generador fotovoltaico se centra especialmente en la determinación del potencial energético solar del lugar de instalación y de la carga eléctrica que el sistema fotovoltaico suministrará de energía, con estos parámetros es posible determinar la reducción de la huella de carbono en el país que el sistema fotovoltaico produce.

Obtener estos parámetros de forma deficiente es motivo de retraso debido a posteriores compras que necesitan realizarse o que el sistema fotovoltaico no pueda suministrar la energía para la que fue diseñada debido al mal estudio de la radiación solar.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿De qué manera el diseño del sistema fotovoltaico aislado logrará suministrar de energía a las electrolinerías para los buses eléctricos de la Municipalidad de San Isidro?

1.2.2. Problemas específicos

- 1- ¿Cómo el potencial energético solar contribuye a cubrir la demanda de energía de los buses eléctricos de la Municipalidad de San Isidro?
- 2- ¿En qué medida se reduce la huella de carbono al implementar el sistema fotovoltaico en las electrolinerías para los buses eléctricos de la municipalidad de San Isidro?
- 3- ¿Es factible la rentabilidad de la instalación del sistema fotovoltaico en las electrolinerías para los buses eléctricos de la municipalidad de San Isidro?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Determinar si el diseño del sistema fotovoltaico aislado logrará suministrar de energía a las electrolinerías para los buses eléctricos de la Municipalidad de San Isidro.

1.3.2. Objetivos específicos

- 1- Determinar cómo el potencial energético solar contribuirá a cubrir la demanda de energía de los buses eléctricos de la Municipalidad de San Isidro.
- 2- Determinar en qué medida se reduce la huella de carbono al implementar el sistema fotovoltaico en las electrolinerías de la municipalidad de San Isidro.
- 3- Determinar si es factible la rentabilidad de la instalación del sistema fotovoltaico en las electrolinerías para los buses eléctricos de la municipalidad de San Isidro.

1.4. Delimitación

1.4.1. Espacial

Desde el punto de vista espacial, el sistema fotovoltaico propuesto estará ubicado en la calle Augusto Tamayo Nro. 180, Distrito de San Isidro, Lima, Perú, donde actualmente se encuentran las electrolinerías que están siendo suministradas de energía por el SEIN.

A continuación, se muestra la figura 3, el cual indica la ubicación del sistema fotovoltaico en el distrito de San Isidro.

Figura 3

Ubicación del sistema fotovoltaico



Fuente: Google Maps

1.4.2. Temporal

Desde el punto de vista temporal, esta tesis se desarrollará en el periodo de la gestión actual, el mismo que ya cuenta con un perfil de perfectibilidad, el cual se pretende ejecutar en este periodo de gestión del alcalde 2023-2026.

El autor continuó laborando en el municipio durante la redacción de esta tesis, el cual con coordinación de su supervisor se presentó la propuesta de cambio de matriz energética en los buses eléctricos del municipio de San Isidro a la gerencia pertinente.

1.4.3. Teórica

Desde el punto de vista teórico, esta tesis se centrará en el aprovechamiento de la energía solar como un modo de generación eléctrica con el uso de los paneles fotovoltaicos para suministrar de energía a las electrolinerías de la municipalidad de San Isidro.

Es por ello que se analizará todos los parámetros que influirán en este trabajo de investigación para determinar el diseño correspondiente y su posterior evaluación económica corroborando si es factible su implementación en la municipalidad de San Isidro.

1.5. Justificación

1.5.1. Teórica

La presente investigación genera un amplio contenido descriptivo, analítico y controversial sobre la aplicación de los paneles fotovoltaicos para desplazar la energía de la red pública por energía solar aplicada a las electrolinerías de la municipalidad de San Isidro, que permite tomarse como modelo representativo para posteriores sistemas fotovoltaicos en electrolinerías.

Se aporta al conocimiento con un diseño fotovoltaico aislado que va a suministrar de energía eléctrica a electrolinerías.

1.5.2. Práctica

Se justifica que, al aprovechar la radiación solar por medio de la implementación del sistema fotovoltaico, el distrito de San Isidro sea un distrito que genere energía limpia a partir del sol. Además de dar ejemplo a otros distritos a promover la generación de energía eléctrica por medio de energías renovables de tal manera que se reduzcan los gases de efecto

invernadero como el dióxido de carbono que promueve el deterioro de la capa de ozono.

1.5.3. Legal

Se justifica este trabajo de investigación en el Decreto Legislativo N° 1002-2008, Decreto Legislativo de promoción de la inversión para la generación de electricidad con el uso de energías renovables, que tiene como misión promover el uso de los Recursos Energéticos Renovables (RER) para el cuidado del medio ambiente usando las energías renovables como un modo de generación de energía eléctrica y el Decreto Supremo N° 064-2010-EM que establece la diversificación de la matriz energética con énfasis en las fuentes renovables, de manera que se impulse y aplique el uso de energías limpias y tecnología con bajas emisiones de gases de efecto invernadero que eviten la biodegradación de los recursos del país.

1.5.4. Económica

Se justifica porque, al aprovechar la energía solar para la generación eléctrica, se pueda reducir el uso de la energía convencional, que en la actualidad tiene uno de los precios más altos.

Adquirir paneles solares para la municipalidad de San Isidro, es una inversión a futuro debido a que se dejará de consumir energía eléctrica de la red pública debido a la energía generada por el sistema fotovoltaico, reduciendo los costos de energía eléctrica de la municipalidad de San Isidro.

De esta manera, la inversión inicial se recuperará durante la vida útil del sistema fotovoltaico, después de ello solo se obtendrá ganancias a partir del sistema.

1.5.5. Social

Desde el punto de vista social se justifica que su implementación creará nuevos puestos de trabajo en el distrito de San Isidro, considerando a las personas que instalarán los paneles fotovoltaicos, equipos encargados de la publicidad y ventas que estén especializados en energías fotovoltaicas o afines y sobre todo del mantenimiento periódico al sistema fotovoltaico.

Además, dado que se desea implementar en electrolinerías de manera que las suministre de energía en lugar de la energía convencional, reducirá la huella de carbono en el país.

Agregando a su vez, al ser un sistema aislado, no depende de la energía de la red para seguir operando, por lo que las electrolinerías serán autónomas ya que los paneles fotovoltaicos las seguirán suministrando de energía aun cuando la red convencional no esté funcionando, de esta manera se asegura que el servicio municipal “Expreso San Isidro” que esté disponible en su horario de funcionamiento para beneficio de los vecinos del distrito.

Figura 4

Flota del servicio "Expreso San Isidro"



Fuente: Municipalidad de San Isidro

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

2.1.1. A nivel internacional

(Sumba Zumba, 2022) Abordó el proyecto de investigación titulado: *“Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico para electrolinera en espacios turísticos de uso público – Caso Aguas Termales de Guapán”*. Trabajo de titulación para optar el título de Ingeniero Eléctrico. Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Ecuador, cuyo objetivo fue el de diseñar un sistema fotovoltaico para electrolinera en el complejo turístico de aguas termales de la parroquia Guapán en el Cantón Azogues, por lo que recopiló información sobre el potencial fotovoltaico en el sector, tabuló la información obtenida de la radiación solar para realizar el diseño fotovoltaico y por último realizó el análisis de factibilidad económica y aporte ambiental de implementarse el generador fotovoltaico. El nivel de investigación fue correlacional, pues se desea determinar el grado de relación entre la demanda de energía de la Parroquia Guapán y la energía solar captada por los paneles fotovoltaicos. Los resultados obtenidos muestran que el complejo de aguas termales de Guapán cuenta con una ubicación ideal para realizar la instalación de paneles fotovoltaicos, esto es debido a que el estado ecuatoriano promueve el uso de energías renovables para generar electricidad, reduciendo drásticamente los costos de este tipo de sistemas. Además, agrega que los vehículos eléctricos tienen un costo inicial elevado en comparación a un vehículo de combustible, sin embargo, con los ahorros en mantenimiento y costo de combustible, es una inversión a largo plazo. El estudio concluye que es factible, de realizarlo se obtendría beneficios tanto en la parte económica como ambiental.

(Merino Tribaldos, 2020) Desarrolló el tema de investigación: *“Análisis técnico-económico y modelo de negocio de una electrolinera con generador fotovoltaico”*. Trabajo fin de grado para obtener el título de Ingeniero en tecnologías industriales. Universidad Pontificia Comillas, Madrid, España, cuyo objetivo fue buscar un modelo de negocio para una electrolinera rentable, haciendo una comparativa usando los criterios TIR y VAN en cada caso en análisis: sistema fotovoltaico conectado a la red, sistema aislado y sistema de la

misma red pública, por lo que estimo la cantidad de energía a suministrar evaluar la factibilidad de un sistema de iluminación en los exteriores de la universidad usando energía fotovoltaica conectada a la red pública, la metodología de investigación utilizada fue correlacional, pues se desea evaluar el grado de relación entre la factibilidad de los 3 tipos de sistemas fotovoltaicos a implementar y energía solar captada por los paneles fotovoltaicos. Los resultados obtenidos muestran que es perfectamente viable suministrar parcialmente de energía eléctrica a la electrolinera y que los sistemas aislados no son viables por el momento, sin embargo, cabe la posibilidad que en un futuro se mejore la tecnología de las baterías de almacenamiento. El estudio concluye que suministrar parcialmente a la electrolinera es viable con recuperación de la inversión en tres años y medio aproximadamente.

(García de Andrés, 2017). Formuló su tesis denominada: “*Proyecto para la implementación de una electrolinera sostenible en Boceguillas*”. Proyecto Fin de grado para obtener el título de Ingeniero de los recursos energéticos, combustibles y explosivos. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas y Energía, Madrid, España. Tuvo como objetivo la creación de una electrolinera sostenible aplicada a la carga de vehículos eléctricos de manera que sea un sistema libre de emisiones al medio ambiente. El nivel de investigación fue correlacional pues se desea determinar el grado de relación entre la demanda de energía de la electrolinera y la energía solar captada por los paneles fotovoltaicos. Los resultados obtenidos muestran lo siguiente: la empresa que realizará la inversión en las electrolineras sostenibles ve la forma de comercializar vehículos eléctricos con una política de mercado que permite que los vehículos recarguen sus baterías de forma gratuita por 6 años, esto fomenta al aumento de la compra de vehículos eléctricos, que realizado un estudio económico ya es rentable comercializar vehículos eléctricos y posterior a los 6 años aumentará mucho más el beneficio económico por lo que es factible.

2.1.2. A nivel nacional

(Espinoza infantes & Quispe Romero, 2018). Plantearon el trabajo de investigación: “*Edificios de oficinas energéticamente sostenibles mediante la aplicación del vidrio fotovoltaico en el distrito de San Isidro*”. Tesis para optar el grado de bachiller en Ingeniería Civil. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú, cuyo objetivo fue determinar la incidencia del vidrio fotovoltaico en la reducción del consumo energético de un edificio de oficinas del distrito de San Isidro. El nivel de investigación fue correlacional, pues se determinará la relación entre la demanda del edificio de oficinas y la energía generada por el vidrio fotovoltaico para suministrar un porcentaje de la demanda total requerida por el usuario. Los resultados obtenidos muestran que el distrito de San Isidro posee un valor alto de radiación para su aprovechamiento como es el caso de la aplicación del vidrio fotovoltaico que permite reducir el 20% de la demanda total del edificio. El estudio concluye que es favorable en el distrito de San Isidro la aplicación del vidrio fotovoltaico en lugar del vidrio común, pues permite aprovechar la energía solar en el distrito generando el 20% de su producción mensual.

(Munarriz Ali & Vargas Alfaro, 2019). Desarrollaron el proyecto de investigación: “*Modelo de negocio para la implementación de electrolinerías en estacionamientos y centros comerciales de la ciudad de Lima*”,”. Trabajo de investigación para optar el grado académico de Maestro en Administración de Empresas. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú, cuyo objetivo fue diseñar un plan de negocio para la implementación de electrolinerías en estacionamientos y centros comerciales de la ciudad de Lima, para ello se analizó la factibilidad técnica y económica de implementarse. El nivel de investigación fue correlacional, pues se determinará la relación entre la demanda de energía las electrolinerías y la energía generada por el sistema fotovoltaico. Los resultados obtenidos muestran que el aumento de la cantidad de electrolinerías debe ir a la par con la cantidad de autos eléctricos en el país, es por ello que se determinó que el modelo de negocio es aún incipiente sin embargo posee gran proyección a futuro debido a la transición de los vehículos de combustible a eléctricos. Se determinó que la investigación es viable con 4 estaciones de 2 puntos de recarga cada uno. El tesista plantea un costo de S/2

351 331 y la TIR calculada es de 102.1% lo cual indica que el sistema genera rentabilidad de manera que se recupera la inversión en 5 años, luego se obtiene ganancias a partir del sistema.

(Eche Espinoza & Espinal Puicón, 2020). Propusieron el trabajo de investigación denominado: “*Identificación de zonas potenciales para el uso de energía fotovoltaica enfocada en la implementación de electrolineras de acuerdo a la realidad geo-meteorológica del distrito de Chiclayo*”. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental. Universidad Cesar Vallejo, Chiclayo, Perú cuyo objetivo fue identificar las zonas potenciales para el uso de energía fotovoltaica enfocando en la implementación de electrolineras de acuerdo a la realidad geo-meteorológica del distrito de Chiclayo, para lo cual se determinó el potencial fotovoltaico del área disponible en los grifos de Chiclayo y se estimó la energía generada por los paneles solares en los grifos eléctricos. El nivel de investigación fue correlacional pues se determinará la relación entre el potencial fotovoltaico del área disponible con la energía generada por el sistema fotovoltaico. Los resultados obtenidos determinaron que el potencial fotovoltaico en el distrito de Chiclayo oscila entre 4.81 y 4.95kWh, lo cual es favorable para generadores fotovoltaicos. Además, se estimó la energía que pueden producir los paneles fotovoltaicos y los resultados obtenidos fueron positivos de manera que todos los grifos seleccionados pueden implementarse paneles fotovoltaicos.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. La Energía solar en el Perú

(Baselga Carreras, Radiación Solar. Parametros caracteristicos, 2019, pág. 53) Indicó que “El sol es una estrella formada por gases que, al fusionarse, producen altísimas temperaturas. Ese calentamiento genera emisión de energía por radiación”. Esta energía se aprovecha de dos formas en el país, usando los paneles solares térmicos y fotovoltaicos, la primera aprovecha la energía térmica procedente del sol, y la segunda aprovecha el efecto fotoeléctrico producido por la radiación solar. De las dos, nos centraremos en los sistemas con paneles solares fotovoltaicos de las cuales se puede obtener a partir de ellos la energía eléctrica, de la cual se puede aprovechar de dos formas en una residencia o industria; una es usando el sistema conectado a la red, en donde se

puede generar electricidad y venderla a las empresas distribuidoras mientras se aprovecha por el usuario (Este tipo de conexión no es válida aún en Perú) o la otra opción del ser del tipo aislada, que funciona sin conexión a la red pública, con unos colectores llamados baterías, que almacenan la energía producida de los paneles solares para posteriormente usarlos cuando ya no se disponga de la radiación solar.

El Perú es privilegiado por ser uno de los países con cercanía a la línea del ecuador, goza de altos niveles de incidencia de los rayos solares, que lo vuelve un lugar muy propicio para la instalación de estos sistemas fotovoltaicos. En gran parte del territorio peruano, el nivel del potencial energético solar es muy uniforme y de gran valor. El promedio anual varía de 4-5 kWh/m²día en la región costa, y la región sierra goza de 5-6 kWh/m²día. (Aquino Nuñez L. E., 2019, pág. 25).

2.2.2. La Energía solar en Lima

(Camasca Tijero, 2022) Afirma que el departamento de Lima es un departamento ubicado en la región costera del país donde tiene un promedio de radiación solar anual de 6.5 kWh/m², ideal para realizar proyectos de energía solar. Sin embargo, no está muy extendida esta aplicación.

La energía solar en Lima se usa de forma individual en domicilios para autoconsumo, el uso que se le da es para cubrir la demanda eléctrica de tomacorrientes (equipos eléctricos esenciales de comunicación) y de alumbrado en zonas específicas de la casa, esto se hace debido, en muchos casos, al desconocimiento de las personas sobre la energía solar, desaprovechando el beneficio de este

2.2.3. Radiación Solar

(Baselga Carreras, Radiación Solar. Parametros caracteristicos, 2019, pág. 28) Menciona que “La radiación que emite el sol es una energía libre, inagotable y limpia, además, es intermitente debido a que solo se recibe en cada lugar. Esa emisión de energía al espacio, llamada radiación solar, es en forma de ondas electromagnéticas de las que una parte incide en la Tierra”.

La radiación solar también puede definirse como la energía radiante que transmite el sol y se propaga en todo el espacio con una velocidad comparable

a la luz. Toda la radiación que llega al planeta Tierra no se aprovecha, esto es debido a que una parte es absorbida por la capa de ozono y por las nubes que se encuentran en la atmósfera.

2.2.3.1. Irradiación solar

(Baselga Carreras, Radiación Solar. Parámetros característicos, 2019, pág. 53) Define que es “La cantidad de energía recibida por unidad de superficie se llama irradiación, H , se mide en Wh/m^2 y no solo se compone de luz visible, sino que también está formada por rayos infrarrojos y ultravioletas, que son invisibles”. En otras palabras, es la potencia que recibe una determinada área en un intervalo de tiempo definido.

2.2.3.2. Irradiancia solar

Asimismo, para Baselga Carreras, la irradiancia es la intensidad del potencial energético solar por unidad de área. Sus unidades en el sistema internacional es el W/m^2 . La diferencia entre irradiancia e irradiación es que la primera mide el potencial energético solar en un instante y en la segunda se considera un cierto espacio de tiempo para su medición.

2.2.3.3. Insolación

(Camarena Rojas & Lozano Vilcarano, 2016) Afirma que “La insolación es la cantidad de energía en forma de radiación solar que llega a un lugar de la Tierra en un día concreto (insolación diurna) o en un año (insolación anual). Básicamente eso significa la cantidad de luz solar que brilla sobre nosotros”.

2.2.3.4. Hora pico solar

(Aquino Nuñez L. , 2019) Define que “Las horas de sol pico son el número de horas al día con una irradiación hipotética de 1000w/m^2 que sumen la misma radiación total que la real ese día”.

En otras palabras, es el número de horas que se logran generar 1000W en 1 metro cuadrado de superficie.

2.2.3.5. Importancia de la radiación solar

La energía que proviene del sol es muy importante para que exista la vida en el planeta. Centrándonos en la cadena alimenticia, todas las plantas necesitan de la energía solar para poder realizar la fotosíntesis, los herbívoros se alimentan de las plantas y los carnívoros de los herbívoros, cuando estos llegan a su etapa final de vida mueren volviendo a la tierra, donde las plantas absorben los restos de estos animales, que les son de utilidad para realizar la fotosíntesis y se vuelva a repetir el ciclo. De esta manera la vida en el planeta se mantiene.

Además, las diversas fuentes de energías que se usan en la actualidad están muy relacionadas con la energía solar. El petróleo y el gas natural, que se usa para generar energía eléctrica por medio de las centrales térmicas, son producto de los restos fósiles de los diversos seres vivos de hace millones de años. La energía potencial del agua, que se usa para generar energía eléctrica por medio de las centrales hidroeléctricas, requiere de la energía del sol para poder realizar el ciclo del agua (Evaporación, condensación y precipitación). Los vientos, que se usa para generar energía eléctrica por medio de los aerogeneradores, se originan debido a la acción directa de la energía solar pues las masas de aire al calentarse ascienden y el aire frío descienden, generándose los vientos.

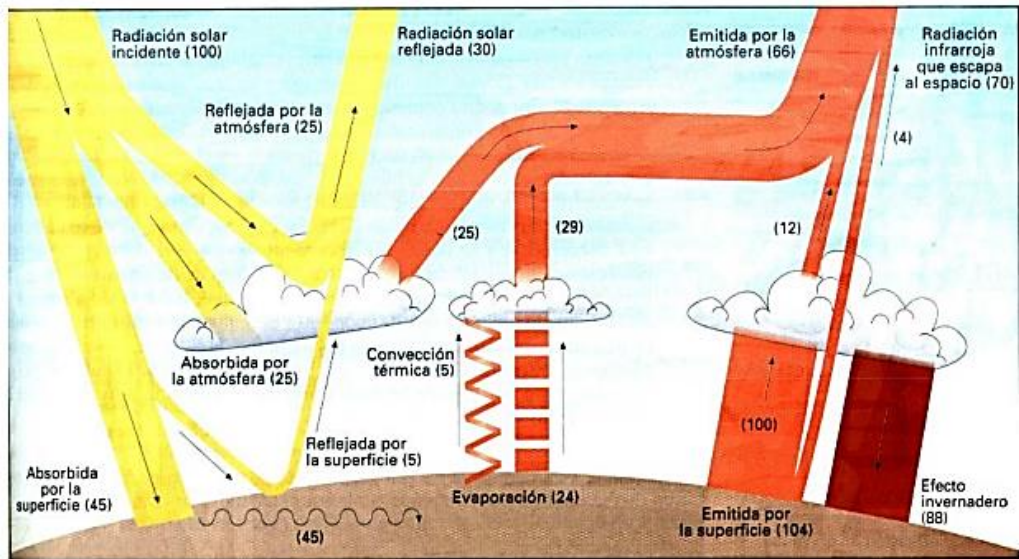
2.2.3.6. Tipos de radiaciones solares

Para (Camarena Rojas & Lozano Vilcarano, 2016), la radiación solar que llega a la Tierra se compone de los siguientes rayos:

- Rayos infrarrojos (IR): Estos rayos son los que entregan calor y componen un 49%.
- Rayos visibles (VI): Estos rayos son los que entregan luz y componen un 43%.
- Rayo ultravioleta (UV): Estos rayos son los que dañan la piel y componen un 7%.
- El 1% restante lo componen otros tipos de rayos.

Figura 5

Flujos de la radiación solar en la Tierra.



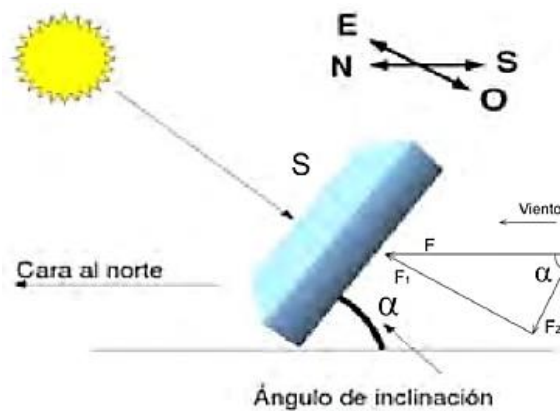
Fuente: (Camarena Rojas & Lozano Vilcarano, 2016)

2.2.4. Angulo de inclinación

(Camarena Rojas & Lozano Vilcarano, 2016) Manifiestan que “El ángulo de inclinación, α , de cualquier superficie se define como el ángulo entre la horizontal y el plano de la superficie del panel fotovoltaico, es óptimo cuando la radiación llegue a aproximarse a ser perpendicular al plano de la superficie del panel”

Figura 6

Inclinación de un panel fotovoltaico



Fuente: (Plasencia Coronel, 2018)

2.2.5. Sistema solar fotovoltaico

(Baselga Carreras, Instalaciones solares fotovoltaicas, 2019, pág. 34) Afirma que “Una instalación solar fotovoltaica (ISFV) es el conjunto de elementos destinados a convertir la radiación solar en energía eléctrica. Esta transformación se lleva a cabo en las células fotovoltaicas.”

En definiciones más específicas, el sistema solar fotovoltaico es un conjunto de equipos eléctricos, electrónicos y el componente metalmecánico que actuara como soporte de los paneles solares manteniéndolos fijo en todo momento. Todos ellos participan en armonía, para que se logre la obtención de la energía eléctrica a partir de la energía solar.

Los sistemas solares fotovoltaicos se caracterizan por tener los siguientes elementos:

2.2.5.1. Paneles fotovoltaicos

Según (Vega Rojas, 2019, pág. 36), sostiene que “Es el elemento captador de energía que recoge la radiación solar y la transforma en energía eléctrica”. El panel fotovoltaico es un dispositivo que está constituido por celdas o células fotovoltaicas, que son los encargados de convertir la energía solar que reciben, en energía eléctrica del tipo continua.

La conversión de la energía luminosa del sol en energía eléctrica se apoya en la teoría del efecto fotoeléctrico, que consiste en el desprendimiento de electrones de un cierto material cuando sobre el incide un haz de luz.

De lo dicho anteriormente, los paneles fotoeléctricos son prácticamente un conjunto de células solares que se encuentran organizadas en filas y columnas, a fin de que la generación de la energía eléctrica sea uniforme. Por ello, la eficiencia y el funcionamiento de los paneles solares estarán muy ligado al tipo de células solares que está compuesto.

2.2.5.1.1. Células solares

Son conocidas también como células solares o fotovoltaicas, y son los encargados de generar la energía eléctrica del tipo continua a partir de la captación de la luz solar que recibe.

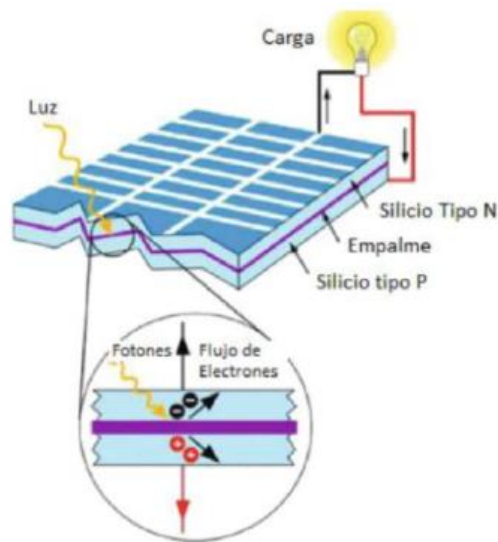
El silicio es el elemento que más aplicación tiene para el diseño de las celdas solares, porque son más económicas y tiene una eficiencia aceptable para su uso.

Los parámetros que distinguen un tipo de célula con otra están dados por:

- Eficiencia del panel fotovoltaico
- Potencia máxima generada
- Valor de la tensión en circuito abierto
- Valor de la corriente eléctrica en cortocircuito
- Factor de forma de la célula solar.

Figura 7

Componentes de la célula solar



Fuente: (Plasencia Coronel, 2018)

2.2.5.1.2. Clasificación de los paneles fotovoltaicos

De acuerdo con (Cornejo Lalupu, 2013), “La mayoría de las células solares están constituidas de silicio mono o

policristalinos.” He de ahí el nombre que toman los paneles fotovoltaicos: Paneles solares monocristalinos y policristalinos. Existen más tipos de paneles fotovoltaicos debido al aumento de la tecnología, sin embargo, los paneles monocristalinos y policristalinos son los más difundidos en el mercado caracterizando el rendimiento elevado que tienen comparados a los otros.

Estos están hechos del mismo elemento químico, sin embargo, sus características están bien definidas, por tanto, su elección dependerá a qué tipo de sistema se desea aplicar.

- **Paneles Solares Monocristalinos:**

Tal como sostiene el autor citado, “Las células solares de silicio monocristalino se fabrican a partir de un único cristal de silicio extraído de un banco de silicio fundido.” Es por eso que es característico en ellos sus células con bordes curvados y su particular color negro, pudiéndose identificar a simple inspección visual.

Este tipo de paneles tienen uno de los mejores rendimientos respecto a las otras por ser extraído directamente de cristales de silicio puro. Sin embargo, esta mayor eficiencia hace que este tipo de paneles fotovoltaicos tengan uno de los costos más elevados en el mercado.

Tal como menciona el autor, este panel tiene una eficiencia relativamente alta (15-18%) es por ello que son adecuadas en los siguientes casos:

- En un clima adverso donde existen lluvias, tormentas, niebla, etc.
- Cuando el cliente necesita mayor producción.
- Cuando el cliente tenga espacio reducido para la instalación de paneles solares.

Figura 8

Panel Solar Monocristalino



Fuente: Autosolar Perú.

- **Paneles solares Policristalinos:**

Como expresa (Cornejo Lalupu, 2013), “Está formado por un conjunto de estructuras macrocristalinas de silicio, esto hace que su eficiencia sea menor que los monocristalinos, pero al ser mucho más barato que el monocristalino también es empleado.”

El silicio se funde para después dirigirlos a conjunto de estructuras macrocristalinas, donde adoptan la forma de una célula solar. Como resultado a este proceso es que las células tienen una forma cuadrada perfecta, sin embargo, al enfriarse, el silicio se fragmenta y se convierte en un conjunto de cristales (policristales), que van a disminuir la eficiencia del panel, lo cual compensa su costo, que es relativamente menor que un panel monocristalino.

De acuerdo a lo que sostiene el autor citado, este tipo de panel tiene una eficiencia menor que la monocristalina (12-14%), es por ello que son adecuadas en los siguientes casos:

- En un clima cálido que se mantiene así en gran parte del año.
- Cuando al cliente le interesa más la parte estética que la producción de energía.
- Cuando el cliente dispone de una gran área para su instalación
- Tienen un costo menor a los paneles monocristalinos, así como su eficiencia.

Figura 9

Panel Solar Monocristalino



Fuente: Autosolar Perú

2.2.5.1.3. Conexiones de paneles fotovoltaicos en serie – paralelo

Cada instalación eléctrica es diferente y única lo cual puede ocurrir que el sistema fotovoltaico a implementarse deba tomar un cierto arreglo en serie o paralelo para poder acoplarse y suministrar de energía de una forma segura respetando los parámetros de tensión e intensidad.

- Conexión en serie

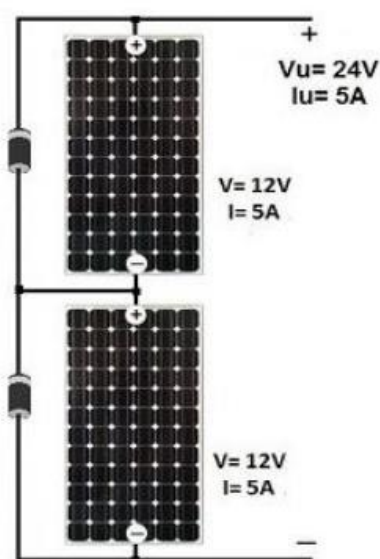
Cuando los paneles fotovoltaicos se conectan en serie, lo que se produce es el aumento de la tensión manteniendo la corriente eléctrica constante. Cabe resaltar que se puede elevar la tensión

del arreglo hasta un cierto rango lo cual está especificado en la placa de fábrica del panel fotovoltaico.

Para obtener un arreglo en serie, los paneles fotovoltaicos se deben conectar desde un polo positivo del panel al polo negativo de otro panel, de esta manera las agrupamos incrementando en valor de la tensión, se muestra una imagen referencial a continuación.

Figura 10

Conexión de paneles en serie



Fuente: (Sumba Zumba, 2022)

- Conexión en paralelo

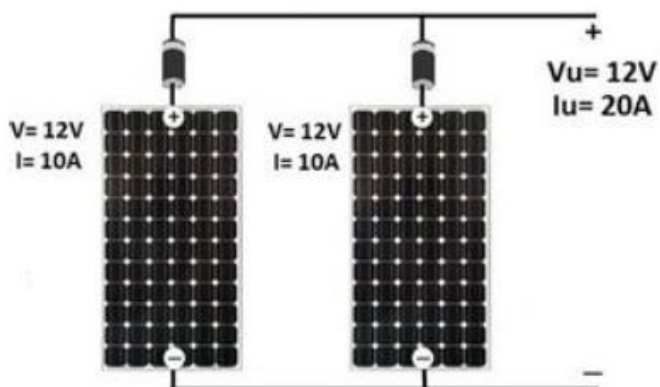
Cuando los paneles fotovoltaicos se conectan en paralelo, lo que se produce es el aumento de la corriente eléctrica manteniendo constante la tensión. De la misma manera que la conexión en serie, se puede elevar la corriente eléctrica hasta un cierto rango respetando las especificaciones técnicas de los paneles.

Para obtener una conexión en paralelo, los paneles fotovoltaicos se deben conectar todos los polos positivos, así como los polos negativos, de esta manera las agrupamos

incrementando el valor de la corriente eléctrica, se muestra una imagen referencial a continuación.

Figura 11

Conexión de paneles en paralelo



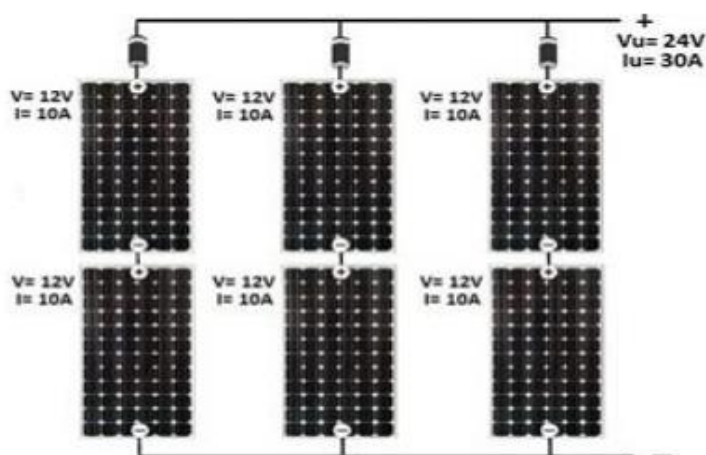
Fuente: (Sumba Zumba, 2022)

- Conexión mixta

Cuando se dice que los paneles fotovoltaicos están conectados en mixto, en realidad están conectados en serie y paralelo al mismo tiempo, lo cual permite obtener variedades de niveles de tensión y corriente según requiera la instalación eléctrica. Se muestra una imagen referencial a continuación.

Figura 12

Conexión mixta



Fuente: (Sumba Zumba, 2022)

2.2.5.2. Inversor

Empleando las palabras de (Aquino Nuñez L. E., 2019, pág. 62), “El inversor es el equipo electrónico que cumple la función principal de convertir la corriente continua producida por el panel fotovoltaico en corriente alterna”.

Los tipos de inversores solares que existen dependen en que instalación solar fotovoltaica se encuentran (de conexión a red o aislado) y si se va a aplicar a una residencia o a la industria solar.

Existen 2 tipos de inversores que va a depender según el tipo de sistema que se tenga en la instalación eléctrica: de conexión a red y aislados.

Los inversores de conexión a red no se pueden emplear en instalaciones aisladas y así mismo, los inversores de sistemas aislados no se pueden aplicar en sistemas de conexión a red.

Existen 3 tipos de inversores recomendados solo para uso residencial: Inversores String, Microinversores y Optimizadores de potencia. Cada tipo de inversor solar mencionado cumple con la misma función, sin embargo, tienen características muy definidas que permitirán obtener la mayor producción de energía dependiendo a qué tipo de clima y residencia se aplicará.

- **Inversores String:**

Son los inversores que más se encuentran difundidos en el mercado debido a su menor costo y que para darle mantenimiento no es para nada complicado, son catalogados como inversores centralizados porque solo existe uno en todo el arreglo de paneles solares. Estos inversores son ideales para residencias que tienen techos o el lugar de instalación sin obstáculos. La desventaja de este inversor solar es que todos los paneles solares deben estar libres de obstáculos y que funcionen correctamente, pues de lo contrario se reducirá la generación eléctrica de los mismos debido a que solo existe 1 inversor solar en la cadena.

Figura 13

Inversor String



Fuente: <https://solar.huawei.com/es>

- **Microinversores:**

Es un tipo de inversor relativamente caro en comparación con los inversores String y optimizadores de potencia, sin embargo, posee ciertas ventajas en comparación a ellos, además, su costo en el mercado continúa disminuyendo convirtiéndolo en una excelente opción para el diseño de un sistema fotovoltaico.

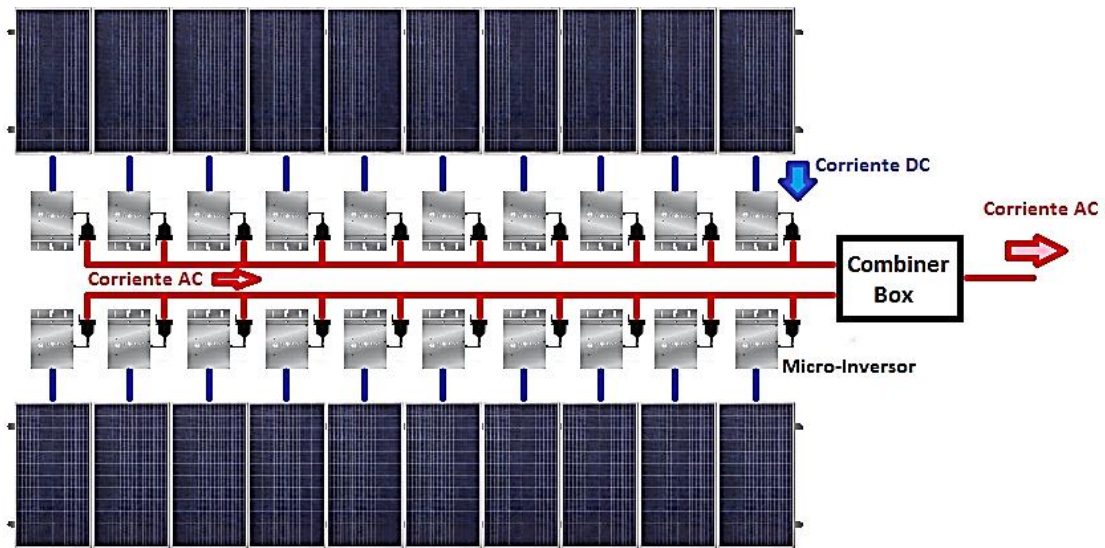
Los microinversores están catalogados como inversores distribuidos, debido a que se le instala en cada panel solar, esto hace que aumente la eficiencia del sistema en comparación a un inversor String.

Un ejemplo claro está en el efecto de la sombra, un sistema String reduce su producción total en un 40%, sin embargo, en un sistema con microinversores, la producción solo afectaría en panel que esta con sombra, eso quiere decir que los demás paneles continúan con su producción al 100%.

Además, uno de los beneficios que da este tipo de inversores es la seguridad debido a que al tener cada panel su respectivo microinversor, la energía generada se recolecta por partes por lo que se tendría parámetros eléctricos de bajo valor.

Figura 14

Microinversores instalados en paneles fotovoltaicos



Fuente: Thermokold

- **Optimizadores de potencia:**

Es considerado un tipo de inversor sin embargo no hace el papel fundamental de realizar la conversión de la corriente continua en alterna, sino que recibe y envía corriente continua, con la diferencia que lo hace con los parámetros bien definidos de voltaje e intensidad de corriente.

El optimizador de potencia resulta de una combinación, por así decirlo, entre el inversor String y los microinversores. Va acoplado a cada panel solar, así como el microinversor, pero no realiza la conversión a corriente alterna, por lo que necesita un inversor central, así como el inversor String. Por ello se dice que combina ambas tecnologías, solo que con una mayor eficiencia.

Los beneficios que posee es que se puede monitorear el funcionamiento de cada panel solar, además de reducir los problemas de las sombras en los paneles solares.

El problema de este tipo de componentes es su elevado costo, lo cual puede que no sea rentable el sistema fotovoltaico.

Figura 15

Optimizadores de potencia



Fuente: <https://autosolar.es>

2.2.5.3. Baterías

(García Pérez, 2020) Afirma que “La batería es el elemento que se encarga de almacenar energía eléctrica generalmente en forma de energía química”. Es aplicado esencialmente en sistemas fotovoltaicos aislados donde el excedente de energía eléctrica producida se almacena en las baterías. Las baterías más aplicadas en sistemas fotovoltaicos son:

- **Baterías de plomo-acido**

(García Pérez, 2020) Sostiene que “Son las más usadas debido a su buena relación calidad/precio y a una gran adaptabilidad a condiciones de carga diferentes”. Sin embargo, cabe resaltar que tienen una desventaja que son altamente contaminantes y poseen un peso elevado lo cual se debe tener en cuenta de elegir este tipo de baterías.

- **Baterías de Litio**

(García Pérez, 2020) Afirma que “Ocupan poco espacio, pesan poco y no emiten gases. Tienen el tiempo de carga más rápido y se pueden realizar descargas totales sin verse afectada su vida útil”. Sin embargo, su mayor desventaja es su alto precio en el mercado.

- **Baterías de níquel-cadmio**

(García Rodríguez, 2018) Sustenta que “Admiten un gran rango de temperaturas de funcionamiento y sobrecargas”. Sin embargo, su

desventaja es su precio elevado y la aplicación del cadmio, lo cual es un elemento químico altamente contaminante.

Al momento de realizar el diseño de un banco de acumuladores, se debe determinar la capacidad que el sistema fotovoltaico va a suministrar, la vida útil de la batería que depende del tipo que elija el proyectista y la profundidad de descarga que viene en el catálogo de la batería, a continuación, se detalla más de estos indicadores.

- **Capacidad**

Es la cantidad total de energía que puede suministrar la batería desde que se encuentra totalmente cargada hasta un tiempo definido por el proyectista.

La capacidad de la batería está directamente relacionada a la temperatura en la que se encuentre, el régimen de descarga y el arreglo de las baterías.

- **Vida Útil**

Es el tiempo de duración que tiene la batería para que siga funcionando a una eficiencia aceptable. La vida útil está relacionada a la temperatura a la que está sometida y los ciclos de carga y sobrecarga.

Es necesario acoplar al banco de acumuladores un regulador de carga a cada batería, esto prolongará su vida útil

- **Profundidad de descarga**

Es la relación entre la capacidad de la batería en real con referente a la teórica dada por el fabricante. Usualmente tiene un valor al 80% y son los que más están relacionados a la vida útil y eficiencia de la batería.

Figura 16

Batería fotovoltaica



Fuente: Autosolar.pe

2.2.5.4. Reguladores de Carga

(Cieza Coronado, 2017) Afirma que “El regulador tiene como misión fundamental impedir que la batería continúe recibiendo energía del colector solar una vez alcanzada su carga máxima”. Evitar esto es de suma importancia pues de lo contrario se forman gases de hidrogeno y oxígeno en el interno de las baterías reduciendo drásticamente su vida útil afectando la producción de energía. Su ubicación debe estar comprendida entre los paneles fotovoltaicos y las baterías (debe estar más cerca de las baterías para reducir las caídas de tensión), para lo cual se debe tener bien definidos los parámetros eléctricos de los paneles y las baterías de manera que se seleccione correctamente el regulador de carga.

Existen dos tipos de reguladores de carga:

- **Reguladores de carga PWM**

(Rico Jiménez, 2016) Afirma que “Son reguladores que tienen años en el mercado, poseen una vida útil relativamente larga y de precio económico”. Su principal desventaja es que su voltaje nominal no es variable por lo que se debe dimensionar en base al voltaje nominal del banco de baterías, además de que tiene una capacidad limitada con respecto al número de baterías que puede controlar.

- **Reguladores de carga MPPT**

(Rico Jiménez, 2016) Afirma que “Son reguladores con tecnología más moderna, con una eficiencia de carga hasta un 30% superior al PWM”. Su ventaja es que se adaptan a diversos tipos de arreglos de paneles fotovoltaicos con parámetros eléctricos distintos al del banco de baterías, además que ofrecen una capacidad más abierta con referente al número de baterías que puede controlar, sin embargo, su principal desventaja es su precio al ser prácticamente el doble del costo que un regulador PWM.

Figura 17. *Conexiones del regulador de carga*



Fuente: Autosolar.pe

2.2.5.5. Sistema de cableado

El sistema de cableado son todos los cables conductores que están presente en la instalación fotovoltaica. Su importancia radica en que, por medio de este, la energía eléctrica producida en los paneles fotovoltaicos se dirige hacia los diversos componentes eléctricos del sistema para su posterior uso. Por tanto, es de suma importancia que cada conductor del sistema este correctamente diseñado, además de prolongar su vida útil y no tener problemas a futuro.

Tomaremos como base a la norma española UNE-EN 61851, que contempla todo lo referente a los sistemas de generación en baja tensión debido a que el CNE (Código Nacional de Electrificación) no ha considerado este tema en sus normativas.

La norma española indica:

- a. Los conductores se dimensionarán con una Intensidad de corriente de diseño de 125% a más, con respecto a la nominal.
- b. La caída de tensión entre el panel fotovoltaico y el punto donde se conecta a la red será a lo máximo el 1.5%.

2.2.5.6. Estructura Metálica

La estructura metálica aparenta estar bastante alejado del sistema fotovoltaico, sin embargo, cumple un papel fundamental: Es el encargado de mantener fijo a los paneles fotovoltaicos para que puedan generar energía eléctrica sin ningún inconveniente.

Estos pueden tomar diferentes formas y va a depender crucialmente el lugar donde se hará la instalación. Estas estructuras pueden instalarse en los techos o en el suelo, variando su geometría.

Además de mantener fijo a los paneles fotovoltaicos, cumplen la función de dar la inclinación del panel.

2.2.6. Tipos de Sistemas fotovoltaicos

Actualmente, existen 3 tipos los sistemas fotovoltaicos que se detallará a continuación:

2.2.6.1. Sistemas fotovoltaicos aislados

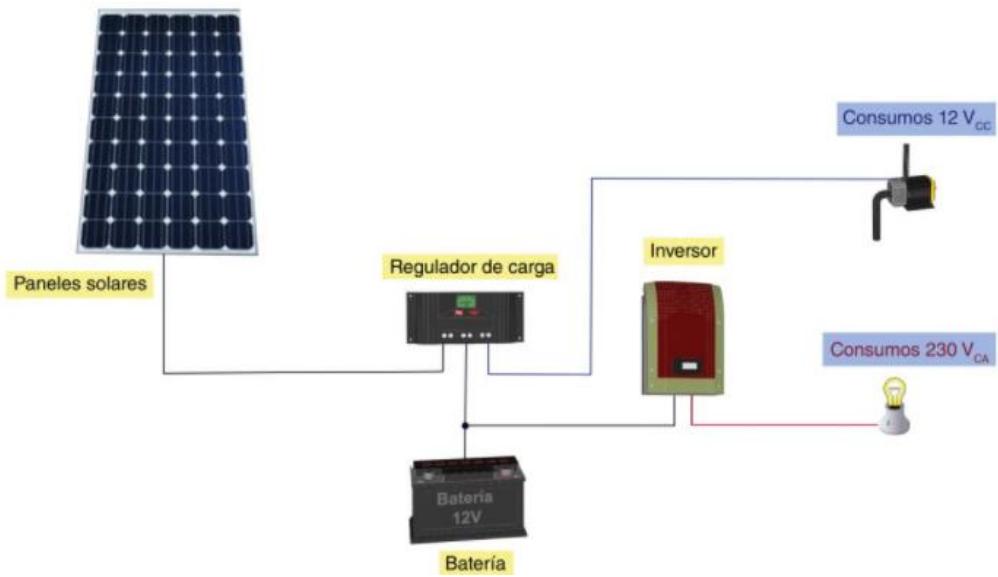
(Baselga Carreras, Clasificación de las instalaciones solares fotovoltaicas y sus componentes , 2019, pág. 39) Señala que “Una instalación solar fotovoltaica aislada es un sistema de producción en el que la energía eléctrica es aportada únicamente por el sol”.

Usualmente, este tipo de sistemas fotovoltaicos son muy aplicados en zonas sin acceso a electricidad o cuando es muy costoso contar con el servicio eléctrico de las empresas distribuidoras.

En general, estos sistemas tienen el siguiente funcionamiento: la energía solar es captada a través de los paneles fotovoltaicos, que son los encargados de la conversión en energía eléctrica en corriente continua, luego pasaran por el regulador de carga, que es el encargado de controlar los niveles de tensión y corriente que está ingresando a las baterías, y por último el inversor, que es encargado de la conversión de la corriente continua en corriente alterna para su posterior uso.

Figura 18

Esquema del sistema fotovoltaico aislado



Fuente: (Baselga Carreras, 2019, pág. 39)

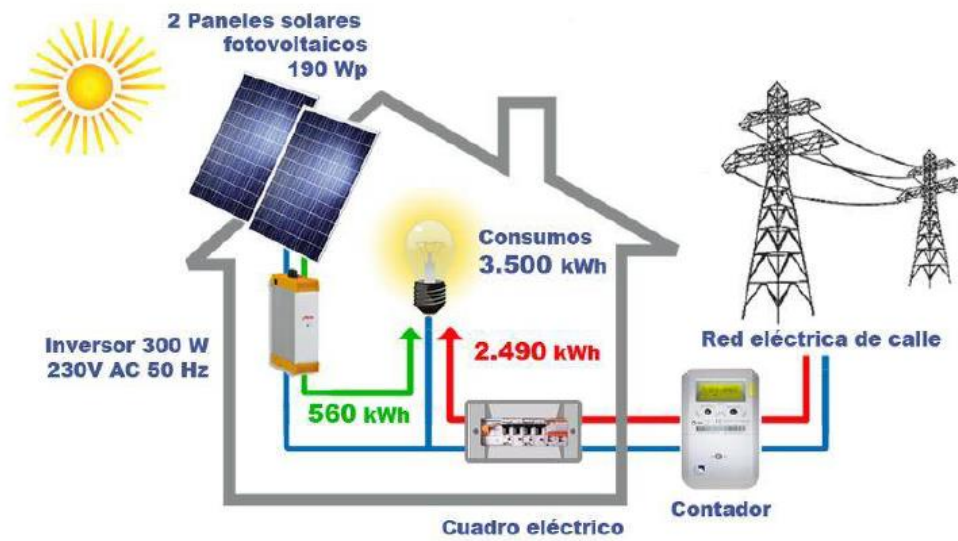
2.2.6.2. Sistemas Fotovoltaicos conectados a la Red

Tal como menciona el autor, son conocidos también como sistemas On-Grid, y se caracterizan específicamente por que se encuentran conectados a la red eléctrica. Estos sistemas fotovoltaicos suministran energía eléctrica cuando el sol proporcione suficiente energía luminosa para convertirlo en electricidad, en este momento la red no proporcionara energía para cubrir la demanda eléctrica debido a que tiene prioridad el sistema fotovoltaico. Cuando en un cierto tiempo, no se disponga de la suficiente energía luminosa del sol, en este caso la red será el que suministre energía para cubrir la demanda eléctrica.

Cuando el sistema fotovoltaico genere energía eléctrica que no se puede aprovechar por el usuario, la energía que excede se dirige directamente a la red eléctrica debido a que este tipo de sistema no cuenta con colectores o baterías capaces de almacenar esta energía para usarlo posteriormente.

Figura 19

Esquema del sistema fotovoltaico conectado a red



Fuente: (Vega Rojas, 2019)

2.2.6.3. Sistemas fotovoltaicos híbridos

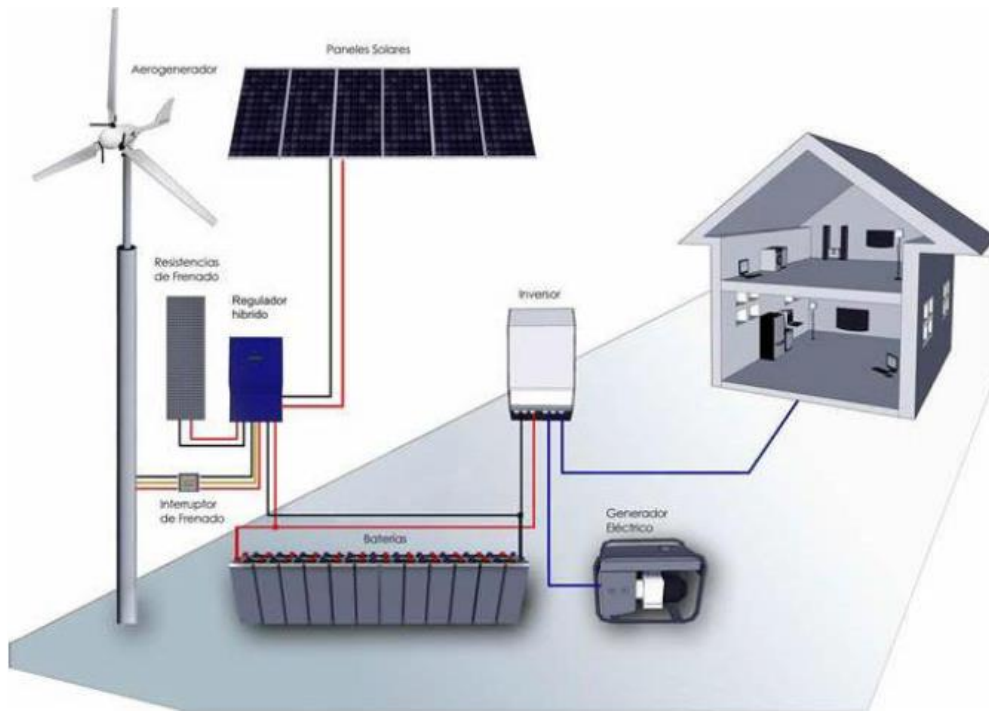
(Aquino Nuñez L. E., 2019) Sostiene que “Son los tipos de instalaciones que combinan los sistemas fotovoltaicos con una o más fuente de energía renovable o no renovable.”

Son sistemas que combinan al sistema fotovoltaico con otros modos de generación de energía eléctrica, de manera que se pueda abastecer de energía eléctrica a la residencia o lugar de instalación cuando la energía solar no sea suficiente.

Usualmente, el uso de aerogeneradores, la red de distribución eléctrica y el uso de generadores de motor de combustión dan origen a este tipo de sistema fotovoltaico, con la ayuda del inversor, que es el elemento que permite que el sistema fotovoltaico pueda fusionarse con los otros tipos de sistemas de generación.

Figura 20

Esquema de sistema fotovoltaico híbrido



Fuente: (Vega Rojas, 2019)

2.2.7. Electrolineras

(Ministerio de Industria, 2014) Define a las electrolineras como “Conjunto de elementos necesarios para efectuar la conexión del vehículo eléctrico a la instalación eléctrica fija necesaria para su recarga”. Pueden ser suministradas por energía eléctrica de origen convencional o renovable, en este presente trabajo de investigación se usará la energía eléctrica de origen renovable proveniente de la radiación solar.

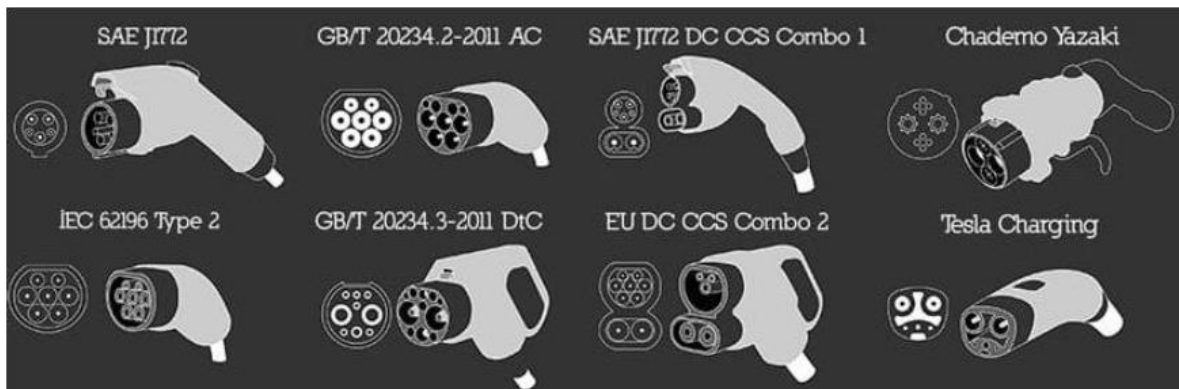
Con referente a su ubicación, se necesita determinar el potencial energético solar del sitio, la demanda de energía de los vehículos a suministrar y la accesibilidad a la electrolinera.

2.2.7.1. Tipos de conectores

Las electrolineras tienen a su disposición diferentes tipos de conectores, lo cual dependerá que tipo de vehículo eléctrico se desea suministrar. Existen múltiples tipos de conectores lo cual se muestran en la siguiente figura.

Figura 21

Tipos de conectores usados en electrolineras



Fuente: (Sumba Zumba, 2022)

A continuación, se detallará los conectores que son más difundidos:

- **Conector Yazaki**

El conector Yazaki, comúnmente conocido, de modelo SAE J1772 o tipo 1 tiene una configuración para hacer recargas en corriente alterna. Tiene la misma estructura que una toma monofásica normal agregando 2 contactos.

Tiene 5 contactos: dos de las líneas de alimentación, 1 de tierra y dos contactos de detección de proximidad. Está diseñado para soportar tensiones de 250 V y corrientes hasta 80 amperios, por lo que pueden suministrar una potencia de 19,2 kW como potencia máxima, también es aplicado a recargas de 3,7 kW a 16 amperios o 7,4kW a 32 amperios. (García de Andrés, 2017)

Este tipo de conector es usado para los vehículos Nissan Leaf, el vehículo eléctrico más vendido.

Figura 22

Conector Yazaki



Fuente: (Garcia de Andrés, 2017)

- **Conector Mennekes**

El conector Mennekes, comúnmente conocido, o modelo IEC 62196 type 2 es el cargador estándar europeo según la Asociación Europea de Fabricantes de automóviles (ACEA) pues es compatible con todos los modos de recarga en corriente alterna.

Tiene 7 contactos: 4 contactos para las líneas de alimentación incluyendo el neutro, 1 contacto a tierra y 2 contactos para comunicación. Se emplea para corrientes monofásicas de 16-32 amperios y trifásicas de 63 amperios con potencias entre 3,7kW y 43,5kW.

Este tipo de conector es usado para los vehículos BMW i3 o el Renault ZOE.

Figura 23

Conector Mennekes



Fuente: (Garcia de Andrés, 2017)

- **Conector CHAdeMO**

El conector CHAdeMO es un tipo de conector de origen japonés, tiene una configuración para realizar cargas rápidas en corriente continua.

Cuenta con 10 contactos, 2 contactos para alimentación, 7 de señal y 1 que no tiene asignación. Puede suministrar una potencia máxima de 62,5kW en corriente continua de hasta 200 amperios.

Figura 24

Conector CHAdeMO



Fuente: (Garcia de Andrés, 2017)

- **Conector CCS**

Este conector, conocido comúnmente como Combo 2, tiene una configuración para recargar en corriente continua.

Cuenta con 5 contactos, 2 de corriente, 1 de protección a tierra y otro de comunicación a red.

Es aplicado en vehículos de marca BMW i3.

Figura 25

Conector CCS



Fuente: (Garcia de Andrés, 2017)

2.2.7.2. Modos de recarga

Debido a que en Perú no está regulado los modos de recarga de las electrolineras, nos basaremos en la norma española UNE-EN 61851 que adapta la IEC 61851 y en ella se define los modos de recarga. Existen cuatro formas de realizar la recarga en una electrolinera. (Galvarro Cano, 2020).

- **Modelo 1**

Se emplea corriente monofásica a 230 voltios con una intensidad de 16 amperios, lo cual puede llegar a una potencia máxima de 3,7kW. También puede variarse usando un voltaje de 400 con una intensidad de 16 amperios, lo cual puede llegar a una potencia de 11kW. Este tipo de instalación requiere como protección un interruptor termomagnético, diferencial y puesta a tierra. Es considerado como una instalación a nivel privado lo cual solo puede cargar vehículos pequeños como bicicletas o ciclomotores. (Galvarro Cano, 2020)

- **Modelo 2**

Se emplea corrientes no más de 32 amperios en 250 voltios monofásicos y 480 trifásica. La potencia máxima alcanzada varía entre los 7,4kW y 22kW para monofásico y trifásico. La instalación debe contar con todos los dispositivos de protección y control como el de detección de puesta a tierra y verificar la conexión del vehículo.

Modelo 3

Se emplea corrientes desde los 32 amperios hasta los 63 amperios en 250 voltios y en 480 en trifásico. La potencia máxima alcanzada varía entre los 14kW y 43kW para monofásico y trifásico. La instalación debe incluir todas las funciones de protección y control.

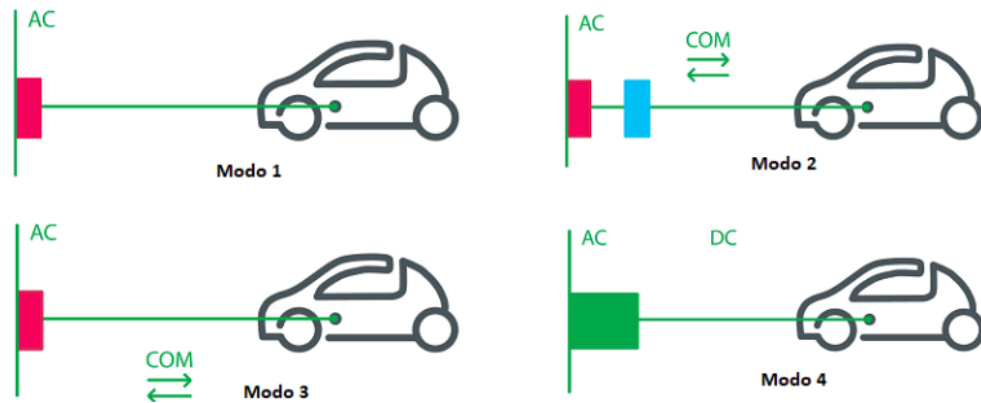
- **Modelo 4**

Se emplea corrientes en continua a 400 amperios como máximo pudiendo suministrar como máximo 240kW. La conexión a la red de suministro es mediante un rectificador que regula los parámetros eléctricos de entrada. La comunicación con el vehículo es imprescindible para controlar el estado del rectificador externo. Esta

instalación debe contar con todas las funciones de control y protección. (Galvarro Cano, 2020)

Figura 26

Modos de recarga



Fuente: (Galvarro Cano, 2020)

2.2.7.3. Velocidad de recarga

Existen tres tipos de recarga: nivel 1 o carga lenta, nivel 2 o carga semi rápida y nivel 3 o carga rápida. (Galvarro Cano, 2020).

- **Nivel 1**

Se emplea corriente monofásica a 230V con una intensidad de corriente de 16 amperios. La potencia máxima suministrada es de 3,7kW por lo que la carga puede demorar alrededor de 5 horas a más. Es usado comúnmente para la carga doméstica.

- **Nivel 2**

Se encuentra en la vía pública donde el usuario esperara un tiempo relativamente largo. Se emplea corriente alterna de 32 amperios a 230Voltios alcanzando una potencia máxima de 14,5kW por lo que la carga es relativamente corta en un tiempo de 3 horas a menos.

- **Nivel 3**

Se encuentra en la vía pública. Emplea corriente a un valor de 400 amperios a una tensión de 600 voltios, lo cual puede llegar a potencias entre 220kW y 250kW por lo que la carga es muy corta, demorando menos de 30 minutos.

Tabla 1*Comparativo entre los tipos de recarga*

Parámetros	Carga lenta	Carga semi rápida	Carga rápida
Tensión (V)	230	230	600
Intensidad (A)	16	32	400
Potencia (kW)	3,7	14,5	220
Tiempo de recarga (min)	330	180	10

Fuente: (Serna José, 2021)

2.2.7.4. Vehículos eléctricos

(Sumba Zumba, 2022) Manifiesta que “El vehículo es impulsado por un motor a base de energía eléctrica gracias a las baterías recargables que tiene el sistema, estas baterías de ciclo profundo brindan energía eléctrica que es transformada en energía mecánica produciendo el movimiento del vehículo”. Para este trabajo de investigación, nuestro vehículo en análisis serán buses eléctricos que tienen la misma configuración de almacenamiento de energía eléctrica.

CAPITULO III

VARIABLES E HIPOTESIS

3.1. Operacionalización de las variables

Tabla 2

Definición operacional de las variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Nivel de medición
Independiente	(Baselga Carreras, Instalaciones solares fotovoltaicas, 2019) “Una instalación solar Fotovoltaica es el conjunto de elementos destinados a convertir la radiación solar en energía eléctrica. Esta transformación de energía se lleva a cabo en las células fotovoltaicas que posteriormente son almacenados en las baterías”.	El sistema solar fotovoltaico se dimensionará en función al nivel de irradiación del lugar, la eficiencia de los paneles fotovoltaicos, ángulo de inclinación que tendrán estos en la instalación y la cantidad de baterías dependerá de la energía que requiera el sistema.	1. Potencial energético solar	Determinar el nivel de irradiación en la Municipalidad de San Isidro.	Intervalo
			2. Reducción de la huella de carbono	Determinar la cantidad de CO2 que se dejará de emitir a la atmosfera de implementarse el sistema fotovoltaico.	Intervalo
			3. Rentabilidad de la implementación del sistema fotovoltaico	Determinar la rentabilidad aplicando los indicadores económicos VAN y TIR	Intervalo
Dependiente	(Baselga Carreras, Instalaciones solares fotovoltaicas, 2019) “La energía es la potencia por el tiempo, ya que cuantifica el trabajo que ha generado o consumido un aparato a lo largo de un periodo de tiempo”.	El cálculo de la demanda de energía eléctrica se determinará sumando la potencia eléctrica de los buses eléctricos a suministrar	1. Demanda total de energía de los seis buses eléctricos de la municipalidad.	Determinar la energía eléctrica necesaria para energizar a los buses eléctricos	Intervalo
			2. Demanda de energía suministrada a la electrolinerera.	Determinar la energía eléctrica necesaria para que la electrolinerera pueda suministrar de energía a los buses eléctricos	Intervalo
			3. Modo de recarga de las electrolinereras (carga rápida, semi rápida y lenta)	Determinar el modo de recarga que se desea implementar en la electrolinerera	Intervalo

Fuente: Elaboración propia

3.2. Hipótesis de la investigación:

3.2.1. Hipótesis general:

El diseño del sistema fotovoltaico aislado permite suministrar energía suficiente a las electrolinereras para los buses eléctricos de la municipalidad de San Isidro.

3.2.2. Hipótesis específica:

- 1- El potencial energético solar contribuye a cubrir la demanda de energía de los buses eléctricos de la municipalidad de San Isidro.
- 2- La huella de carbono se reduce al implementar el sistema fotovoltaico en las electrolinerías de los buses eléctricos de la municipalidad de San Isidro.
- 3- Es rentable la instalación del sistema fotovoltaico aislado en las electrolinerías para los buses eléctricos de la municipalidad de San Isidro

CAPITULO IV

METODOLOGÍA.

4.1. Diseño de investigación

El diseño de investigación de la presente tesis es descriptivo – correlacional porque se describirán los equipos y materiales de implementarse el sistema fotovoltaico (paneles fotovoltaicos monocristalinos, inversores, reguladores y baterías) así como las variables empleadas en esta investigación (el potencial energético solar y la demanda de energía eléctrica de los buses eléctricos de la municipalidad de San Isidro), teniendo en cuenta que no se involucrará otra variable a parte de ellas y no se manipularán.

El enfoque de la investigación es cuantitativo debido a que se desea medir de forma numérica las variables usadas en esta tesis, y explicativo debido a que se busca determinar los factores que influyen en las variables.

El nivel de investigación es correlacional - aplicativo debido a que se busca determinar la relación entre la variable independiente y dependiente sin manipularlas, y es aplicativo debido a que se busca desarrollar una solución a la problemática y mejorar procesos existentes como el suministro de las electrolineras.

El tipo de investigación es aplicada debido a que se desea implementar el conocimiento de los sistemas fotovoltaicos para dar solución a la problemática.

4.2. Descripción de la metodología

La metodología seguida en esta investigación es descriptiva – de investigación y acción debido a que, además de describir los componentes a usarse, se mejorará una situación problemática.

Esta tesis tiene como finalidad disminuir los costos por energía eléctrica en la municipalidad y a su vez reducir la contaminación ambiental generada por el uso de las energías convencionales en el distrito de San Isidro, para ello se diseñará un sistema fotovoltaico aislado que suministrará de energía a los buses eléctricos de la municipalidad de San Isidro.

Se realizará el cálculo de las dimensiones del lugar donde se instalará el sistema fotovoltaico. De igual modo se calculará la demanda total de energía eléctrica que debe suministrar el sistema fotovoltaico a las electrolineras para poder determinar la cantidad de paneles solares que se instalaran, así como los accesorios restantes del sistema

fotovoltaico. Con estos datos se procederá a realizar la evaluación económica y determinar si la tesis es factible para su implementación.

4.2.1. Implementación del tema de investigación

Para realizar el diseño fotovoltaico se necesita determinar en primer lugar el actual estado de los buses eléctricos, el estudio del tiempo de funcionamiento y que parámetros eléctricos necesitan para operar de una manera adecuada, después de ello determinar la radiación solar del sitio donde se implementará el sistema fotovoltaico, posteriormente se calculará la demanda de la flota de buses eléctricos de la municipalidad y por último se dimensionará los accesorios del sistema fotovoltaico (Numero de paneles, baterías, reguladores de carga e inversores).

4.2.1.1. Autonomía de operación de los buses eléctricos en la actual gestión

Los 6 buses actualmente están distribuidos de a dos en las tres líneas que ofrece la municipalidad de San Isidro.

La línea 1 – Periférica que cuenta con 24 paraderos en todo el tramo, la línea 2 – Norte Centro Financiero que cuenta con 19 paraderos en todo el tramo y la línea 3 – Sur Centro Financiero que cuenta con 31 paraderos en todo su tramo. Estas son las tres líneas que ofrece el “Expreso San Isidro” lo cual en total cuenta con 74 paraderos. Cada línea recorre una serie de sitios importantes y concurridos por los vecinos del distrito lo cual comprende desde colegios emblemáticos, iglesias, gimnasios públicos y centros comerciales.

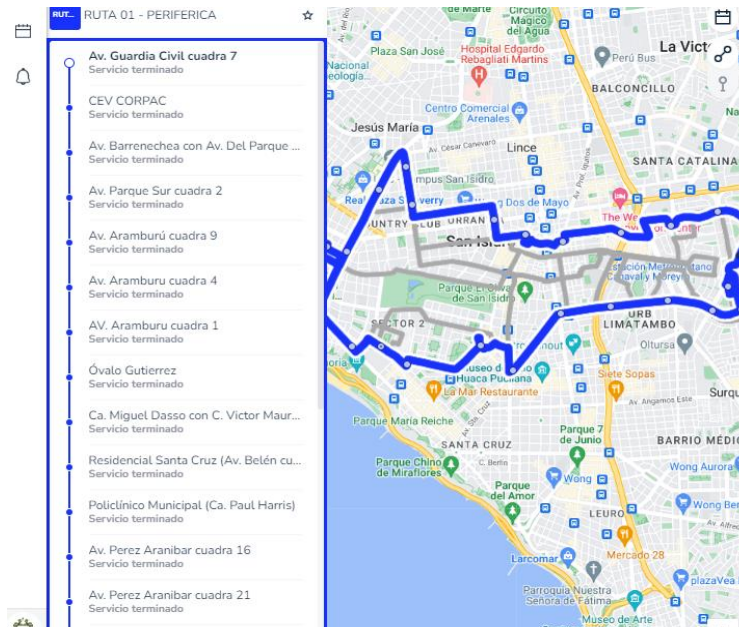
Ahora bien, con respecto a los grifos eléctricos que tiene la municipalidad, solo cuenta con 2 grifos que abastecen a los 6 buses eléctricos, los cuales se encuentran en el frontis de la misma municipalidad.

Por el momento lo que se viene realizando con respecto a la carga de las baterías es realizarlo durante el turno noche – madrugada debido a que los buses ya deben estar completamente cargados para el siguiente día de trabajo pues el Expreso San Isidro funciona de 6am a 6pm. Si bien el turno de uso del bus es de 12 horas, existen dos turnos para el manejo de los

buses, un conductor en turno día y otro en turno noche completando así las 12 horas.

Figura 27.

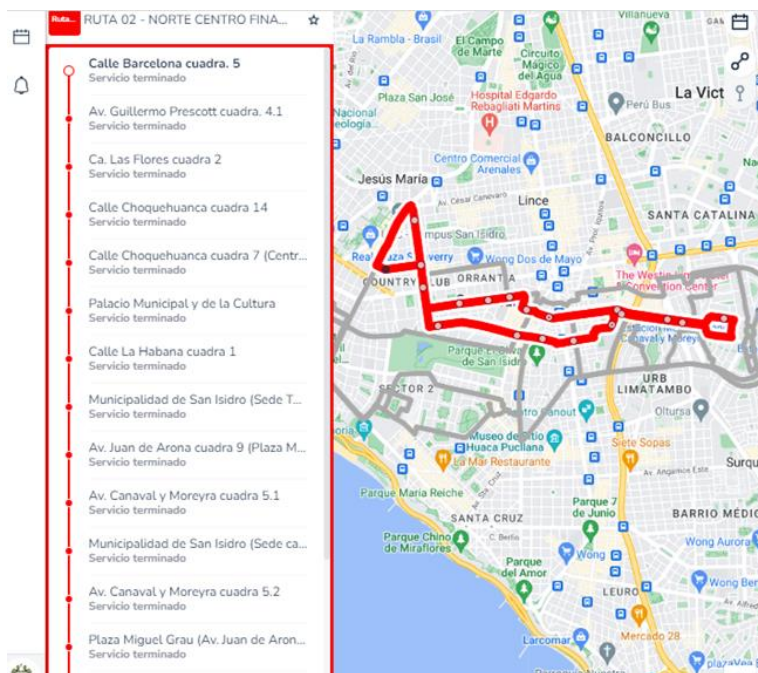
Línea 1- Expreso San Isidro



Fuente: <http://msi.gob.pe/portal/expresosanisidro/>

Figura 28

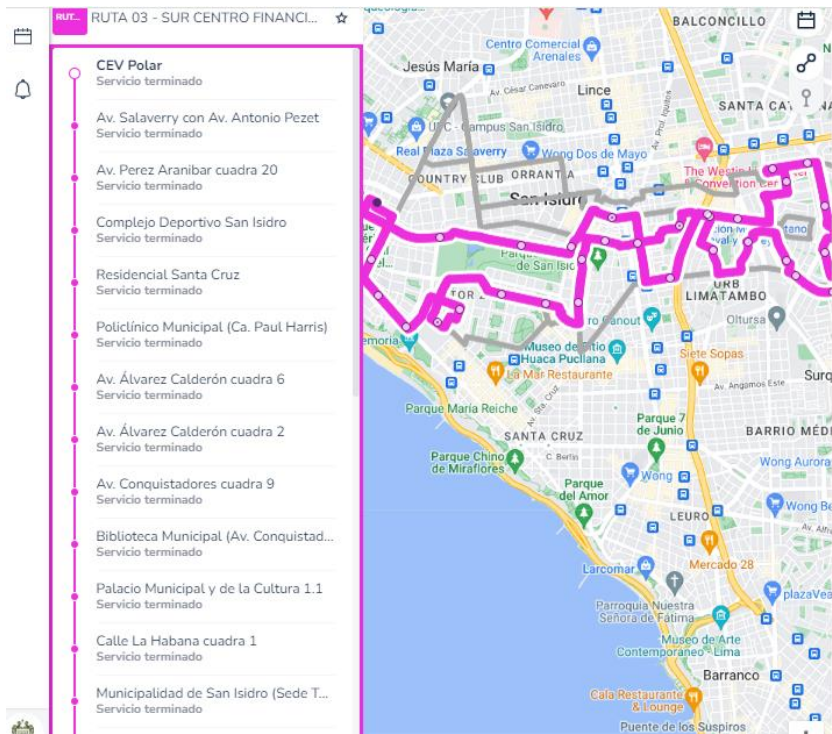
Línea 2- Expreso San Isidro



Fuente: <http://msi.gob.pe/portal/expresosanisidro/>

Figura 29

Línea 3- Expreso San Isidro



Fuente: <http://msi.gob.pe/portal/expresosanisidro/>

Figura 30

Electrolineras de la Municipalidad de San Isidro



Fuente: Elaboración propia

Figura 31

Carga de buses eléctricos en las electrolineras



Fuente: Elaboración propia

4.2.1.2. Cálculo de hora solar pico

Se necesita determinar las horas pico solar del parque Augusto Tamayo (lugar definido para implementar el sistema fotovoltaico), el cual posee un espacio amplio que permite la radiación directa sin interrupciones hacia los módulos fotovoltaicos.

Para calcularlo nos apoyaremos en el software online gratuito CCEEA (Centro de Capacitación Eléctrica y Energías Alternas) que basa sus resultados en la base de datos de la NASA. Este software nos permite conocer la temperatura promedio, la insolación promedio a -12°C y la radiación mensual. Cabe resaltar que los datos arrojados de radiación mensual se nos proporcionan en hora solar pico (HSP).

Los datos mostrados a continuación se basan en la latitud del distrito de San Isidro, el cual se muestra a continuación en la parte inferior de la figura 32.

Figura 32

Interfaz de software CCEEA



Fuente: <https://ccea.mx>

Tabla 3

Hora solar pico de la municipalidad de San Isidro

Mes	Hora Solar Pico (HSP)
Enero	6.09
Febrero	6.24
Marzo	6.27
Abril	6.07
Mayo	4.69
Junio	3.22
Julio	2.81
Agosto	3.18
Setiembre	3.81
Octubre	4.75
Noviembre	5.30
Diciembre	5.54

Fuente: <https://ccea.mx>

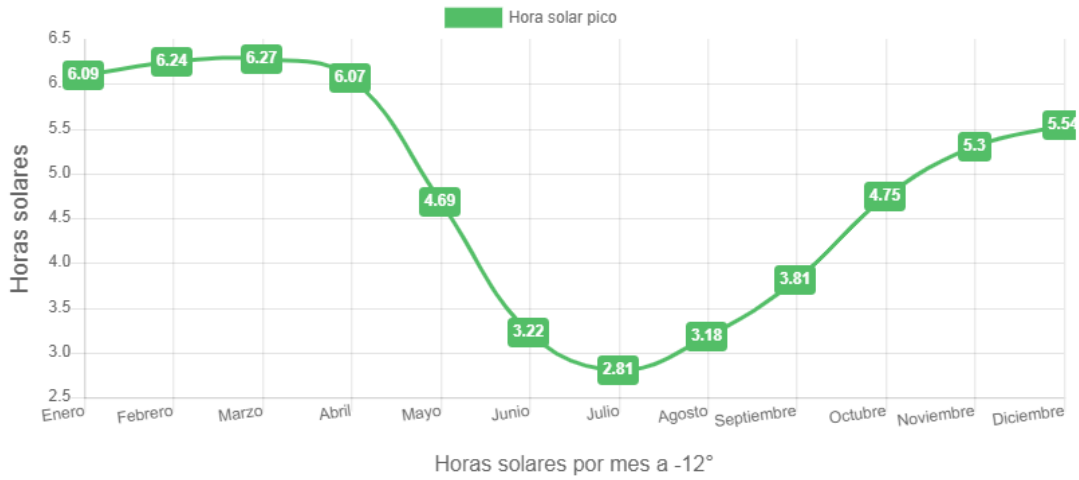
Para determinar la Hora Solar Pico que se utilizará en la tesis se considera la radiación solar media (Sumba Zumba, 2022), lo cual es un dato que ya nos entrega el software CCEEA: HSP= 4.83

A continuación, se muestra los datos de la tabla de forma gráfica:

Figura 33

Radiación Solar Promedio de la ubicación de los paneles

Radiación solar promedio en Parque Augusto Tamayo Moller, Av Juan de Arona 830, San Isidro 15046, Perú (4.83 h)




Fuente: <https://ccea.mx>

Además, nos proporciona también las temperaturas máximas y mínimas, cabe resaltar que las temperaturas mostradas se basan en la latitud y longitud del parque Augusto Tamayo ubicadas en la parte media de la figura 34, el cual es el lugar en análisis.

Figura 34

Temperaturas máximas y mínimas estimadas

 Promedio mínimo y máximo de la temperatura media diaria de la tierra (°C)

Latitud: -12.0974 | Longitud: -77.0278

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Máximas	36.57	36.52	36.58	34.24	32.65	31.8	31.33	33.23	33.49	34.63	34.65	35.61
Mínimas	12.03	13.42	12.19	10.63	8.61	8.45	7.79	7.96	8.58	7.66	8.82	10.47

 Datos obtenidos de: nasa.gov

Fuente: <https://ccea.mx>

4.2.1.3. Cálculo de la demanda de energía a suministrar

Según los datos obtenidos vía internet según catálogo de fabricante, los buses eléctricos que se tienen en el servicio municipal “Expreso San Isidro” son de la marca Skywell Bus NJL6859BEV teniendo un torque máximo de 1100 Nm alcanzando una velocidad máxima de 60 Km/h.

Además, la batería del bus eléctrico tiene una capacidad de 161.28 kWh compatible con cargador DC para que se pueda cargar con 75kW-90kW - 120kW y 150kW (20% a 95%) recomendado por el fabricante que garantiza una vida útil no menor a ocho años.

Las baterías de los buses eléctricos, de acuerdo a su capacidad y la afluencia de la flota, se debe definir el modo de carga si será de lenta o rápida. Para ello se debe calcular el consumo real que se necesita debido a las pérdidas que se obtienen en el sistema fotovoltaico, es por ello que se ha optado un factor de pérdida.

Según (Erique Cruz, 2016), el consumo real se calcula de la siguiente forma:

$$E = \frac{Et}{R} \quad (1)$$

Donde:

E: Energía fotovoltaica que requiere 1 bus (en kWh)

Et: Energía que requiere 1 bus (en kWh)

R: Factor de pérdida en el sistema fotovoltaico

Además, (Erique Cruz, 2016) calcula el factor de pérdida en el sistema fotovoltaico de la siguiente manera:

$$R = (1 - Kb - Kc - Kv) * \left[1 - \frac{Ka * N}{PD} \right] \quad (2)$$

Donde:

Kb: Coeficiente de pérdida por rendimiento del acumulador, considerando:

- 0.5, si el sistema no demande descargas profundas.
- 0.1, si el sistema demande descargas profundas.

Kc: Coeficiente de pérdidas en el convertidor, considerando:

- 0.05, si se emplea convertidores senoidales puros, trabajando en régimen óptimo.
- 0.1, en otras condiciones de trabajo lejos del óptimo.

Kv: Coeficiente de pérdidas varias, agrupa el rendimiento de red, efecto joule. Se considera desde 0.05 – 0.15.

Ka: Coeficiente de autodescarga diaria, los cuales se considera:

- 0.002, para baterías de autodescarga Ni-Cd
- 0.005, para baterías estacionarias de Pb-acido
- 0.012, para baterías de alta autodescarga

N: Número de días de autonomía de la instalación, son los días en la cual no hay mucho sol y las baterías son las encargadas de suministrar. Se considera de 4 – 10 como valores de referencia.

PD: Profundidad de descarga diaria de la batería, cabe recalcar que esta profundidad no excederá el 80% previniendo el deterioro de las baterías.

Reemplazando en la ecuación (2), tenemos:

$$R = (1 - 0.1 - 0.05 - 0.1) * \left[1 - \frac{0.005 * 5}{0.75} \right]$$

$$R = 0.725$$

Por tanto, con el consumo teórico y el factor de pérdidas se calcula el consumo real del sistema necesita suplir para un bus eléctrico.

Reemplazando en (1), tenemos:

$$E = \frac{161.28 \text{ kWh}}{0.725}$$

$$E = 222.46 \text{ kWh}$$

4.2.1.4. Cálculo del número de paneles fotovoltaicos

Para esta tesis se está considerando un panel de 455W de la marca JA SOLAR Monocristalino PERC alcanzando una eficiencia de 20.2%, siendo una de las más altas en el mercado peruano.

Para el cálculo de los paneles fotovoltaicos se necesita el consumo real y las horas de promedio de exposición al sol, lo cual para este caso se considera 6 horas.

Nos apoyaremos de los cálculos de (Sumba Zumba, 2022) para determinar la cantidad de paneles fotovoltaicos a emplear.

$$P_{fot} = \frac{E * 1000}{H} \quad (3)$$

Donde:

- P_{fot}: Potencia fotovoltaica que requiere 1 bus (en W)
- E: Energía fotovoltaica que consume 1 bus (en kWh)
- H: Promedio diario de exposición al sol (en horas)

Reemplazando en (3):

$$P_{fot} = \frac{222.46 * 1000}{6h}$$

$$P_{fot} = 37076.67 W$$

Del valor de P_{fot}, los 6 buses requieren 222.46 kW.

Antes de seguir con los cálculos se debe considerar que, de acorde con el fabricante, el bus llena al grifo eléctrico con una carga mínima del 25% (este valor es teórico, pues usualmente llega al grifo con 40% ± 10 de carga el cual es mostrado en el Anexo 2, por tanto, se usa el valor de 30% como porcentaje de carga inicial) y es cargado hasta el 95% según indica el manual de uso.

De lo dicho anteriormente, solo es cargado en el grifo el 65% de la capacidad de la batería, entonces tenemos la potencia demandada de 1 bus:

$$P_{fot} = 0.65 x 37076.67 W$$

$$P_{fot} = 24 099.84 W$$

Por tanto, para los 6 buses se requerirá una potencia fotovoltaica de 144 599.04 W o 144.59kW

Con estos datos obtenidos, procedemos a calcular la cantidad de paneles fotovoltaicos para 1 bus, posterior se generalizará para todo el sistema

$$NP = \frac{P_{fot}}{0.9 * W_p * HSP} \quad (4)$$

Donde:

- NP: Numero de Paneles solares
- P_{fot}: Potencia fotovoltaica consumida por 1 bus (W)
- W_p: Potencia pico del panel fotovoltaico (W)
- HSP: Hora solar Pico (en horas)

Reemplazando en (4):

$$NP = \frac{24\ 099.84}{0.9 * 455 * 4.83}$$

$$NP = 12.18 \text{ paneles}$$

Redondeando al valor entero superior:

$$NP = 13 \text{ paneles}$$

Considerando que 13 paneles alimentan a 1 bus eléctrico, para los 6 en total se requeriría 78 paneles fotovoltaicos.

Con 13 paneles se obtiene:

$$P_{fot} = NP * 0.9 * W_p * HSP \text{ promedio}$$

$$P_{fot} = 13 * 0.9 * 455 * 4.83$$

$$P_{fot} = 25\ 712.50 \text{ W} > 24099.84 \text{ W}$$

Antes de continuar con los cálculos correspondientes, se tiene una temporada de 6 meses donde los niveles de radiación están por debajo de la radiación promedio usada en esta tesis (4.83 HSP), motivo por el cual se calculará la energía generada por el sistema en cada mes. Se determinará la energía sobrante que el sistema genera en los meses de mayor radiación comparado a los meses de menor radiación, y posteriormente realizar un balance de energía. Todos estos datos se organizarán en una tabla para su mejor análisis.

Para este cálculo se tiene presente que los buses eléctricos no funcionan los domingos, por lo que se restará 4 días a cada mes del año de forma general aproximando a la realidad.

(Sumba Zumba, 2022) Calcula la energía total generada de los paneles de la siguiente forma:

$$E_{fot} = I_m * V_m * HSP * 0.9 \quad (4)$$

Donde:

E_{fot} : Energía generada por un panel fotovoltaico (Wh)

I_m : Corriente máxima de un panel fotovoltaico (A)

V_m : Tensión máxima de un panel fotovoltaico (V)

HSP: Hora solar Pico (en horas)

Primero se calcula la energía generada promedio y el consumo por mes, considerando también un factor de conversión entre energía fotovoltaica y la energía real o de red (**1kWh fot = 4.3502 kWh real**), el cual se explica su cálculo más adelante:

- **Energía generada mensual promedio**

$$E_{fot\ gen} = I_m * V_m * HSP * \#paneles * 0.9 * 30\ días$$

$$E_{fot\ gen} = 10.88 * 41.82 * 4.83 * 78 * 0.9 * 30$$

$$\mathbf{E_{fot\ gen\ mensual} = 4\ 628.26\ kWh\ fot}$$

Aplicando factor de conversión:

$$E_{real} = 4\ 628.26\ kWh\ fot * \frac{4.3502\ kWh\ real}{1\ kWh\ fot}$$

$$\mathbf{E_{real\ gen\ mensual} = 20\ 133.86\ kWh\ de\ red}$$

- **Consumo mensual promedio**

$$E_{fot\ cons.\ mes\ enero} = \text{Consumo 6 buses} * 26\ días$$

$$E_{fot\ cons.\ mensual} = 144.59\ kWh * 26$$

$$\mathbf{E_{fot\ cons.\ mensual} = 3759.34\ kWh\ fot}$$

Aplicando factor de conversión:

$$E_{real\ cons.\ mensual} = 3759.34\ kWh\ fot * \frac{4.3502\ kWh\ real}{1\ kWh\ fot}$$

$$\mathbf{E_{real\ cons.\ mensual} = 16\ 353.88\ kWh\ de\ red}$$

Reemplazando en (4) los datos según los parámetros eléctricos del panel fotovoltaico JA SOLAR para cada mes del año, se tiene:

- **Mes de enero**

$$HSP = 6.09$$

$$E_{fot\ (1\ panel)} = 10.88 * 41.82 * 6.09 * 0.9$$

$$E_{fot\ (1\ panel)} = 2493.864 \frac{Wh}{dia}$$

$$E_{fot\ (total\ paneles)} = E(1\ panel) * \# \text{ paneles fotovoltaicos}$$

$$E_{fot\ (total\ paneles)} = 2493.864 * 78$$

$$E_{fot\ (total\ paneles)} = 194\ 521.4 \frac{Wh}{dia} = \frac{194.521\ kWh}{dia}$$

El mes de enero cuenta con 31 días de exposición al sol, de manera que la energía generada en este mes sería:

$$E_{fot\ gen\ mes\ enero} = 194.521 * 31$$

$$\mathbf{E_{fot\ gen\ mes\ enero} = 6\ 030.151\ kWh}$$

Además, la energía consumida en los 31 días – 4 domingos no laborados será:

$$E_{fot\ cons.\ mes\ enero} = 144.59\ kWh * 27$$

$$\mathbf{E_{fot\ cons.\ mes\ enero} = 3903.93\ kWh}$$

- **Mes de febrero**

$$HSP = 6.24$$

$$E_{fot\ (1\ panel)} = 10.88 * 41.82 * 6.24 * 0.9$$

$$E_{fot\ (1\ panel)} = 2\ 555.289 \frac{Wh}{dia}$$

$$E_{fot\ (total\ paneles)} = E_{fot\ (1\ panel)} * \# \text{ paneles fotovoltaicos}$$

$$Efot (total paneles) = 2\,555.289 * 78$$

$$Efot (total paneles) = 199\,312.542 \frac{Wh}{dia} = \frac{199.313 kWh}{dia}$$

El mes de febrero cuenta con 27 días de exposición al sol, de manera que la energía generada en este mes sería:

$$Efot gen. mes febrero = 199.313 * 27$$

$$**Efot gen. mes febrero = 5\,381.45 kWh**$$

Además, la energía consumida en los 27 días – 4 domingos no laborables será:

$$Efot cons. mes febr = 144.59 kWh * 23$$

$$**Efot cons. mes febr = 3\,325.57 kWh**$$

- **Mes de marzo**

$$HSP = 6.27$$

$$Efot (1 panel) = 10.88 * 41.82 * 6.27 * 0.9$$

$$Efot (1 panel) = 2567.574 \frac{Wh}{dia}$$

$$Efot(total paneles) = Efot (1 panel) * \# paneles fotovoltaicos$$

$$Efot (total paneles) = 2567.574 * 78$$

$$Efot (total paneles) = 200\,270.78 \frac{Wh}{dia} = \frac{200.271 kWh}{dia}$$

El mes de marzo cuenta con 31 días de exposición al sol, de manera que la energía generada en este mes sería:

$$Efot gen. mes marzo = 200.271 * 31$$

$$**E mes gen. mes marzo = 6\,208.401 kWh**$$

Además, la energía consumida en los 31 días – 4 domingos no laborables será:

$$E cons. mes marzo = 144.59 kWh * 27$$

$$**E cons. mes marzo = 3\,903.93 kWh**$$

- **Mes de abril**

$$HSP = 6.07$$

$$E_{fot} (1 \text{ panel}) = 10.88 * 41.82 * 6.07 * 0.9$$

$$E_{fot} (1 \text{ panel}) = 2485.674 \frac{Wh}{\text{dia}}$$

$$E_{fot}(\text{total paneles}) = E_{fot}(1 \text{ panel}) * \# \text{ paneles fotovoltaicos}$$

$$E_{fot} (\text{total paneles}) = 2485.674 * 78$$

$$E_{fot}(\text{total paneles}) = 193\ 882.57 \frac{Wh}{\text{dia}} = \frac{193.883 \text{ kWh}}{\text{dia}}$$

El mes de febrero cuenta con 30 días de exposición al sol, de manera que la energía generada en este mes sería:

$$E_{fot} \text{ gen. mes abril} = 193.883 * 30$$

$$\mathbf{E_{fot} \text{ gen. mes abril} = 5\ 816.49 \text{ kWh}}$$

Además, la energía consumida en los 30 días - 4 domingos no laborables será:

$$E_{fot} \text{ cons. mes abril} = 144.59 \text{ kWh} * 26$$

$$\mathbf{E_{fot} \text{ cons. mes abril} = 3\ 759.34 \text{ kWh}}$$

- **Mes de mayo**

$$HSP = 4.69$$

$$E_{fot} (1 \text{ panel}) = 10.88 * 41.82 * 4.69 * 0.9$$

$$E_{fot} (1 \text{ panel}) = 1920.562 \frac{Wh}{\text{dia}}$$

$$E_{fot}(\text{total paneles}) = E_{fot}(1 \text{ panel}) * \# \text{ paneles fotovoltaicos}$$

$$E_{fot}(\text{total paneles}) = 1920.562 * 78$$

$$E_{fot}(\text{total paneles}) = 149\ 803.84 \frac{Wh}{\text{dia}} = \frac{149.804 \text{ kWh}}{\text{dia}}$$

El mes de mayo cuenta con 31 días de exposición al sol, de manera que la energía generada en este mes sería:

$$E_{fot} \text{ gen. mes mayo} = 149.804 * 31$$

$$E_{fot\ gen. \ mes \ mayo} = 4\ 643.92\ kWh$$

Además, la energía consumida en los 31 días – 4 domingos no laborados será:

$$E_{fot\ cons. \ mes \ mayo} = 144.59\ kWh * 27$$

$$E_{fot\ cons. \ mes \ mayo} = 3903.93\ kWh$$

- **Mes de junio**

$$HSP = 3,22$$

$$E_{fot\ (1\ panel)} = 10.88 * 41.82 * 3.22 * 0.9$$

$$E_{fot\ (1\ panel)} = 1318.595 \frac{Wh}{dia}$$

$$E_{fot\ (total\ paneles)} = E_{fot\ (1\ panel)} * \# \ paneles \ fotovoltaicos$$

$$E_{fot\ (total\ paneles)} = 1318.595 * 78$$

$$E_{fot\ (total\ paneles)} = 102\ 850.41 \frac{Wh}{dia} = \frac{102.85\ kWh}{dia}$$

El mes de junio cuenta con 30 días de exposición al sol, de manera que la energía generada en este mes sería:

$$E_{fot\ gen. \ mes \ junio} = 102.85\ kWh * 30$$

$$E_{fot\ gen. \ mes \ junio} = 3085.5\ kWh$$

Además, la energía consumida en los 30 días – 4 domingos no laborados será:

$$E_{fot\ cons. \ mes \ junio} = 144.59\ kWh * 26$$

$$E_{fot\ cons. \ mes \ junio} = 3759.34\ kWh$$

- **Mes de julio**

$$HSP = 2.81$$

$$E_{fot\ (1\ panel)} = 10.88 * 41.82 * 2.81 * 0.9$$

$$E_{fot\ (1\ panel)} = 1150.699 \frac{Wh}{dia}$$

$$E_{fot\ (total\ paneles)} = E_{fot\ (1\ panel)} * \# \ paneles \ fotovoltaicos$$

$$E_{fot\ (total\ paneles)} = 1150.699 * 78$$

$$E_{\text{fot}}(\text{total paneles}) = 89\,754.522 \frac{\text{Wh}}{\text{dia}} = \frac{89.755 \text{ kWh}}{\text{dia}}$$

El mes de julio cuenta con 31 días de exposición al sol, de manera que la energía generada en este mes sería:

$$E_{\text{fot gen. mes julio}} = 89.755 \text{ kWh} * 31$$

$$\mathbf{E_{\text{fot gen. mes julio}} = 2782.405 \text{ kWh}}$$

Además, la energía consumida en los 31 días -4 domingos no laborados será:

$$E_{\text{fot cons. mes julio}} = 166.845 \text{ kWh} * 27$$

$$\mathbf{E_{\text{fot cons. mes julio}} = 4\,504.815 \text{ kWh}}$$

- **Mes de agosto**

$$\text{HSP} = 3.18$$

$$E_{\text{fot}}(1 \text{ panel}) = 10.88 * 41.82 * 3.18 * 0.9$$

$$E_{\text{fot}}(1 \text{ panel}) = 1302.215 \frac{\text{Wh}}{\text{dia}}$$

$$E_{\text{fot}}(\text{total paneles}) = E_{\text{fot}}(1 \text{ panel}) * \# \text{ paneles fotovoltaicos}$$

$$E_{\text{fot}}(\text{total paneles}) = 1302.215 * 78$$

$$E_{\text{fot}}(\text{total paneles}) = 101\,572.77 \frac{\text{Wh}}{\text{dia}} = \frac{101.573 \text{ kWh}}{\text{dia}}$$

El mes de agosto cuenta con 31 días de exposición al sol, de manera que la energía generada en este mes sería:

$$E_{\text{fot gen. mes agost}} = 101.573 \text{ kWh} * 31$$

$$\mathbf{E_{\text{fot gen. mes agost}} = 3\,148.76 \text{ kWh}}$$

Además, la energía consumida en los 31 días - 4 domingos no laborados será:

$$E_{\text{fot cons. mes agost}} = 144.59 \text{ kWh} * 27$$

$$\mathbf{E_{\text{fot cons. mes agost}} = 3\,903.93 \text{ kWh}}$$

- **Mes de setiembre**

$$\text{HSP} = 3.81$$

$$E_{fot} (1 \text{ panel}) = 10.88 * 41.82 * 3.81 * 0.9$$

$$E_{fot} (1 \text{ panel}) = 1560.2005 \frac{Wh}{\text{dia}}$$

$$E_{fot}(\text{total paneles}) = E_{fot}(1 \text{ panel}) * \# \text{ paneles fotovoltaicos}$$

$$E_{fot} (\text{total paneles}) = 1560.2005 * 78$$

$$E (\text{total paneles}) = 121\ 695.64 \frac{Wh}{\text{dia}} = \frac{121.696 \text{ kWh}}{\text{dia}}$$

El mes de setiembre cuenta con 30 días de exposición al sol, de manera que la energía generada en este mes sería:

$$E_{fot} \text{ gen. mes setiem} = 121.696 * 30$$

$$\mathbf{E_{fot} \text{ gen. mes setiem} = 3650.88 \text{ kWh}}$$

Además, la energía consumida en los 30 días -4 domingos no laborados será:

$$E_{fot} \text{ cons. mes setiem} = 144.59 \text{ kWh} * 26$$

$$\mathbf{E_{fot} \text{ cons. mes setiem} = 3\ 759.34 \text{ kWh}}$$

- **Mes de octubre**

$$HSP = 4.75$$

$$E_{fot} (1 \text{ panel}) = 10.88 * 41.82 * 4.75 * 0.9$$

$$E_{fot} (1 \text{ panel}) = 1945.132 \frac{W}{\text{dia}}$$

$$E_{fot}(\text{total paneles}) = E_{fot}(1 \text{ panel}) * \# \text{ paneles fotovoltaicos}$$

$$E_{fot} (\text{total paneles}) = 1945.132 * 78$$

$$E_{fot} (\text{total paneles}) = 151\ 720.296 \frac{Wh}{\text{dia}} = \frac{151.72 \text{ kWh}}{\text{dia}}$$

El mes de octubre cuenta con 31 días de exposición al sol, de manera que la energía generada en este mes sería:

$$E_{fot} \text{ gen. mes octub} = 151.72 \text{ kWh} * 31$$

$$\mathbf{E_{fot} \text{ gen. mes octub} = 4\ 703.32 \text{ kWh}}$$

Además, la energía consumida en los 31 días -4 domingos no laborados será:

$$E_{fot\ cons.\ mes\ octub} = 144.59\ kWh * 27$$

$$E_{fot\ cons.\ mes\ octub} = 3\ 903.93\ kWh$$

- **Mes de noviembre**

$$HSP = 5.30$$

$$E_{fot\ (1\ panel)} = 10.88 * 41.82 * 5.30 * 0.9$$

$$E_{fot\ (1\ panel)} = 2170.358 \frac{Wh}{dia}$$

$$E_{fot\ (total\ paneles)} = E_{fot\ (1\ panel)} * \# \text{ paneles fotovoltaicos}$$

$$E_{fot\ (total\ paneles)} = 2170.358 * 78$$

$$E_{fot\ (total\ paneles)} = 169\ 287.92 \frac{Wh}{dia} = \frac{169.287\ kWh}{dia}$$

El mes de noviembre cuenta con 30 días de exposición al sol, de manera que la energía generada en este mes sería:

$$E_{fot\ gen.\ mes\ nov} = 169.287\ kWh * 30$$

$$E_{fot\ gen.\ mes\ nov} = 5\ 078.61\ kWh$$

Además, la energía consumida en los 30 días -4 domingos no laborados será:

$$E_{fot\ cons.\ mes\ nov} = 144.59\ kWh * 26$$

$$E_{fot\ cons.\ mes\ nov} = 3759.34\ kWh$$

- **Mes de diciembre**

$$HSP = 5.54$$

$$E_{fot\ (1\ panel)} = 10.88 * 41.82 * 5.54 * 0.9$$

$$E_{fot\ (1\ panel)} = 2268.638 \frac{Wh}{dia}$$

$$E_{fot\ (total\ paneles)} = E_{fot\ (1\ panel)} * \# \text{ paneles fotovoltaicos}$$

$$E_{fot\ (total\ paneles)} = 2268.638 * 78$$

$$E_{\text{fot}}(\text{total paneles}) = 176\,953.76 \frac{\text{Wh}}{\text{día}} = \frac{176.954 \text{ kWh}}{\text{día}}$$

El mes de diciembre cuenta con 31 días de exposición al sol, de manera que la energía generada en este mes sería:

$$E_{\text{fot gen. mes diciem}} = 176.954 * 31$$

$$\mathbf{E_{\text{fot gen. mes julio diciem}} = 5\,485.574 \text{ kW}}$$

Además, la energía consumida en los 31 días – 4 domingos no laborado será:

$$E_{\text{fot cons. mes diciem}} = 144.59 \text{ kWh} * 27$$

$$\mathbf{E_{\text{fot cons. mes diciem}} = 3903.93 \text{ kWh}}$$

Con estos datos calculados procedemos a armar la tabla de balance de energía, por tanto, tenemos:

Tabla 4.

Balance energético del sistema fotovoltaico

Mes	Hora solar Pico (HSP)	Energía fot. Generada (kWh)	Energía fot. Consumida (KWh)	Balance Energético (KWh)
PROMEDIO	4.83	4628.26	3759.34	+ 868.92
-	-	-	-	-
Enero	6.09	6030.151	3903.93	+ 2126.221
Febrero	6.24	5381.45	3325.57	+ 2055.88
Marzo	6.27	6208.401	3903.93	+ 2304.471
Abril	6.07	5816.49	3759.34	+ 2057.15
Mayo	4.69	4643.92	3903.93	+ 739.99
Junio	3.22	3085.5	3759.34	- 673.84
Julio	2.81	2782.405	3903.93	- 1121.525
Agosto	3.18	3148.76	3903.93	- 755.17
Setiembre	3.81	3650.88	3759.34	- 108.46
Octubre	4.75	4703.32	3903.93	+ 799.39
Noviembre	5.3	5078.61	3759.34	+ 1319.27
Diciembre	5.54	5485.574	3903.93	+ 1581.644
BALANCE ENERGÉTICO TOTAL POR AÑO				+ 10325.021

Fuente: Elaboración propia

En base al balance de energía, se observa que el sistema generó más energía de la que fue consumida. Por tanto, no se requiere de otras fuentes de energía en los meses de baja radiación solar.

Este excedente de energía de 10 325.021 kWh fotovoltaica se agregará al total de arreglo de baterías que conforman el sistema.

4.2.1.5. Cálculo del regulador fotovoltaico

Empleando los cálculos de (Cieza Coronado, 2017), el regulador se dimensiona calculando la corriente y el voltaje máximo que puede soportar, cabe resaltar que se plantea 3 arreglos de 26 paneles (2 en serie y 13 en paralelo):

- **Cálculo de la corriente máxima del regulador:**

$$I_{reg} = 1,2 * I_{ccp} * N_{rp} \quad (6)$$

Donde:

- I_{reg} : Corriente máxima que soporta el regulador (A)
- I_{ccp} : Corriente de cortocircuito del panel fotovoltaico (A)
- N_{rp} : Numero de ramas en paralelo del arreglo
- 1,2: Factor de sobredimensionamiento al 20%

Reemplazando en (6):

$$I_{reg} = 1,2 * 11.41 * 13$$

$$I_{reg} = 177.996 \text{ A}$$

- **Cálculo del voltaje máximo del regulador:**

$$V_{reg} = 1,2 * V_{op} * N_{ps} \quad (7)$$

Donde:

- V_{reg} : Voltaje máximo que soporta el regulador (V)
- V_{op} : Voltaje de circuito abierto del panel fotovoltaico (V)
- N_{ps} : Numero de paneles en serie
- 1,2: Factor de sobredimensionamiento al 20%

Reemplazando en (6):

$$V_{reg} = 1,2 * V_{op} * N_{ps} \quad (7)$$

$$V_{reg} = 1.2 * 49.85 * 2$$

$$V_{reg} = 119.64 \text{ V}$$

Con estos parámetros se elige el regulador o controlador de carga BlueSolar MPPT 150/100.

- **Cálculo del número de reguladores en el sistema**

$$N_{reg} = \frac{I_{reg}}{I_{cr}} \quad (8)$$

Donde:

- N_{reg} : Numero de reguladores
- I_{reg} : Corriente máxima que soporta el regulador
- I_{cr} : Corriente de carga nominal del regulador

Reemplazando en (8):

$$N_{reg} = \frac{177.996 \text{ A}}{85 \text{ A}}$$

$$N_{reg} = 2.09 = 3 \text{ reguladores por arreglo}$$

Figura 35

Especificaciones técnicas Regulador

Controlador de carga BlueSolar	MPPT 150/45	MPPT 150/60	MPPT 150/70	MPPT 150/85	MPPT 150/100
Tensión de la batería	Selección automática 12 / 24 / 48 V (se necesita una herramienta de software para seleccionar 36 V)				
Corriente de carga nominal	45A	60A	70A	85A	100A
Potencia FV nominal, 12V 1a,b)	650W	860W	1000W	1200W	1450W
Potencia FV nominal, 24V 1a,b)	1300W	1720W	2000W	2400W	2900W
Potencia FV nominal, 48V 1a,b)	2600W	3440W	4000W	4900W	5800W
Corriente de cortocircuito máxima FV 2)	50A	50A	50A	70A	70A
Tensión máxima del circuito abierto FV	150 V máximo absoluto en las condiciones más frías 145 V en arranque y funcionando al máximo				
Eficacia máxima	98%				
Autoconsumo	10mA				
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6V (ajustable)				
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2V (ajustable)				
Algoritmo de carga	variable multietapas				
Compensación de temperatura	-16 mV / -32 mV / -68 mV / °C				
Protección	Polaridad inversa de la batería (fusible, no accesible por el usuario) Polaridad inversa/Cortocircuito de salida/Sobretensión				
Temperatura de trabajo	-30 a +60°C (potencia nominal completa hasta los 40°C)				
Humedad	95%, sin condensación				
Puerto de comunicación de datos y on-off remoto	VE.Direct (consulte el libro blanco sobre comunicación de datos en nuestro sitio web)				
Funcionamiento en paralelo	Sí (no sincronizado)				

Fuente: Catalogo de regulador BlueSolar

Una vez obtenido la cantidad de reguladores y sus parámetros eléctricos bien definidos pasamos a la comprobación para constatar que los parámetros generados en el sistema fotovoltaico estén por debajo de los parámetros sugeridos por el fabricante.

- **Cálculo de tensión**

Teniendo en cuenta el arreglo formado por 26 paneles (2 en serie y 13 en paralelo)

- El fabricante recomienda no sobrepasar los 150V en tensión a circuito abierto, por tanto, tenemos:

$$Tension\ a\ ckt.\ abierto = \#Panel\ serie * Tension\ Vacio\ 1\ panel$$

$$Tension\ a\ ckt.\ abierto = 2 * 49.85$$

$$Tension\ a\ ckt.\ abierto = 99.7\ V < 150V\ (Cumple)$$

- **Cálculo de potencia**

Tomando en consideración aplicar al sistema baterías de 48V, la potencia fotovoltaica nominal que puede soportar es de 4900W.

Del arreglo de 26 paneles se tiene:

$$Potencia\ fotovolta. = \# paneles * Potencia\ pico\ de\ 1\ panel$$

$$Potencia\ fotovolta. = 26 * 455$$

$$Potencia\ fotovolta. = 11830\ W$$

Al tener 3 reguladores se tiene:

$$Potencia\ max.\ regulad. = \# regulad. * Potencia\ de\ 1\ regulad.$$

$$Potencia\ max.\ regulad. = 3 * 4900W$$

$$Potencia\ max.\ regulad. = 14700\ W$$

Comparando los resultados obtenidos, cumple los parámetros eléctricos:

$$11830\ W < 14700\ W$$

Con esto se está dejando un margen de diferencia de:

$$Potencia\ fotovolta. = \# paneles * Potencia\ pico\ de\ 1\ panel$$

$$Potencia\ fotovolta. = (26 + 5) * 455$$

$$Potencia\ fotovolta. = 14105\ W$$

$$14105\ W < 14700\ W$$

Se deja en reserva para 5 paneles fotovoltaicos más y considerando 3 arreglos de paneles, se está dejando en reserva 15 paneles lo cual es

suficiente para energizar a 1 bus adicional con un margen de reserva adicional tambien (Cada bus necesita solo 13 paneles para ser cargado).

Por tanto, se necesita de 9 reguladores de la marca Smartsolar MPPT 150V 85A VICTRON en todo el sistema fotovoltaico.

4.2.1.6. Cálculo del inversor fotovoltaico

Considerando que se determinará la cantidad de inversores por arreglo (26 paneles agrupados en 3 arreglos)

- Cálculo de la potencia de la entrada del inversor

$$Potencia\ fotovoltaica = \#paneles * Potencia\ cada\ panel$$

$$Potencia\ fotovoltaica = 26 * 455W$$

$$Potencia\ fotovoltaica = 11830\ W$$

$$Potencia\ entr.\ Inver = \frac{Potencia\ fotovoltaica}{Rendimiento}$$

$$Potencia\ entr.\ Inver = \frac{11830\ W}{0.95}$$

$$Potencia\ entr.\ Inver = 12452.6\ W$$

Entonces, con este dato se calcula el número de inversores de la siguiente manera:

$$\#Inversores = \frac{Potencia\ fotovolta.}{Potencia\ del\ inversor} \quad (9)$$

$$\#Inversores = \frac{12452.6\ W}{5000\ W}$$

$$\#Inversores = 2.49 = 3\ inversor\ por\ arreglo$$

Considerando de igual manera 5 paneles fotovoltaicos de reserva y 3 inversores de 5000 W, tenemos:

$$Potencia\ fotovoltaica = \#paneles * Potencia\ cada\ panel$$

$$Potencia\ fotovoltaica = (26 + 5) * 455W$$

$$Potencia\ fotovoltaica = 14105\ W$$

$$Potencia\ entr.\ Inver = \frac{Potencia\ fotovoltaica}{Rendimiento}$$

$$Potencia\ entr.\ Inver = \frac{14105\ W}{0.95}$$

$$Potencia\ entr.\ Inver = 14847.4\ W < 15000W \text{ (Cumple)}$$

El inversor está diseñado para ser suministrado por 5 paneles fotovoltaicos más y considerando 3 arreglos de paneles, se está dejando en reserva 15 paneles lo cual es suficiente para energizar a 1 bus adicional con un margen de reserva adicional también.

Por lo tanto, se usará en todo el sistema fotovoltaico 9 inversores de la marca VICTRON PHOENIX 48V/5000W.

4.2.1.7. Cálculo de las baterías fotovoltaicas

La capacidad de la batería está determinada en función al consumo del sistema, número de días de autonomía, la profundidad de descarga y la tensión de la batería. (Cieza Coronado, 2017). A su vez también se adicionó el balance energético positivo a la energía fotovoltaica que requieren los 6 buses.

$$Cb = \frac{(E\ real\ de\ 6\ buses + Balance) * N}{PD * Vb * n(inver) * n(rb)} \quad (10)$$

Donde:

- Cb: Capacidad del banco de batería (Ah)
- E red de 6 buses: Energía de la red que requieren los 6 buses (Wh)
- Balance: Saldo de energía sobrante entre la generación y consumo convertida a red (Wh).
- PD: Profundidad de descarga de la batería (70%)
- N: Número de días de autonomía del sistema (1 día)
- Vb: Tensión de la batería definida por el proyectista (V)
- n(inver): Eficiencia del inversor (98.1%)
- n(rb): Eficiencia del conjunto regulador - batería (80%)

Considerando que el balance energético fotovoltaico por año nos resultó + 10 325.021kWh anual, lo convertimos en balance diario, de manera que:

$$\text{Balance fot. anual} = + 10325.021 \text{ kWh}$$

$$\text{Balance fot. diario} = \frac{+ 10325.021 \text{ kWh}}{365}$$

$$\text{Balance fot. diario} = + 28.29 \text{ kWh}$$

Ahora bien, de acorde a cálculos anteriores, existe una relación de conversión entre la energía de la red y la energía fotovoltaica para este sistema fotovoltaico, el cual se muestra a continuación:

- **Energía de la red consumida diariamente**

$$\text{Energía de 6 buses} = \text{porcentaje de carga} * \text{energía(kWh)} * \#\text{buses}$$

$$\text{Energía de 6 buses} = 0.65 * 161.28 \text{ kWh} * 6$$

$$\text{Energía de 6 buses} = 628.992 \text{ kWh de la red}$$

- **Energía fotovoltaica consumida diariamente calculada con la ecuación (3)**

$$\text{Energía de 6 buses} = 144.59 \text{ kWh fotovoltaica}$$

Entonces igualamos ambos valores y obtenemos la relación que se busca:

$$628.992 \text{ kWh de red} = 144.59 \text{ kWh fotovoltaica}$$

$$\mathbf{4.3502 \text{ kWh de red} = 1 \text{ kWh fotovoltaica}}$$

Aplicando la relación de conversión tenemos:

$$\text{Balance en red diario} = 28.29 \text{ kWh fot} * \frac{4.3502 \text{ kWh red}}{1 \text{ kWh fot.}}$$

$$\text{Balance en red diario} = 123.07 \text{ kWh de red}$$

Esta conversión es importante debido a que la ecuación (10) acepta solo en términos de energía de red el excedente generado por el sistema, además de considerar 1 día de autonomía debido a que existe un balance energético positivo entre los paneles, por ende, considerar más días sería sobredimensionar el sistema de almacenamiento.

Reemplazando en (10):

$$Cb = \frac{(628\,992 + 123\,070) * 1}{0.70 * 48 * 0.95 * 0.8}$$

$$Cb = 29451.05 \text{ Ah.}$$

Calcularemos la cantidad de baterías en serie y paralelo (Cieza Coronado, 2017)

- **Baterías en Serie**

$$\#Baterías \text{ Serie} = \frac{\textit{Tensión de trabajo del sistema fotovolta.}}{\textit{Tension de 1 batería}} \quad (11)$$

$$\#Baterías \text{ Serie} = \frac{48V}{6V} = 8 \text{ baterías en serie}$$

- **Baterías en paralelo**

$$\#Baterías \text{ Serie} = \frac{\textit{Capacidad del banco de baterías}}{\textit{Capacidad Individual de 1 batería}} \quad (12)$$

$$\#Baterías \text{ Serie} = \frac{29451.05 \text{ Ah}}{600Ah}$$

$$\#Baterías \text{ Serie} = 50 \text{ baterías en paralelo}$$

Por tanto, se requerirá de 8 baterías en serie y 50 en paralelo formando en total 400 baterías para suministrar de energía al sistema de la marca Ultracell UZS600 Batería Estacionaria 600Ah 6V.

Cabe recalcar que en los cálculos de la cantidad de baterías del sistema fotovoltaico se fundamenta en 6 buses eléctricos pues es la flota total de buses que están dando el servicio municipal “Expreso San Isidro” en la actual gestión, según la página web oficial de la municipalidad de San Isidro. Sin embargo, debido a la creciente demanda se espera aumentar la flota de buses, todo depende de la gerencia de salud, bienestar y deportes del municipio.

Figura 36

Cantidad de buses eléctricos



Fuente: <http://msi.gob.pe/portal/expresosanisidro/>

El sistema fotovoltaico en general está preparado para abastecer a 1 bus eléctrico adicional sin agregar ningún componente debido al margen de seguridad de carga que es del 65% del total de almacenamiento del bus y el balance energético positivo calculado.

Si la municipalidad desea agregar 2 buses solo deben añadir 15 paneles (5 paneles por arreglo) para suplir la demanda, pues se dejó en reserva estos 15 paneles para cada componente fotovoltaico. Sin embargo, si la municipalidad decide ampliar de 3 a más buses eléctricos, bastará con sumar la cantidad de paneles fotovoltaicos necesarios para poder suministrar la nueva demanda de energía y también la cantidad de baterías que se necesitará para poder almacenar esta energía.

Incorporar más componentes al sistema fotovoltaico no afecta el funcionamiento del sistema fotovoltaico original debido a que cada arreglo es autónomo, sin embargo, se debe considerar los siguientes aspectos:

- Se debe considerar adquirir otro controlador para las nuevas baterías a incorporar.
- Las baterías nuevas deben ser compatibles con las existentes, de esta manera se garantiza un buen rendimiento.

- Los inversores nuevos deben ser compatibles con los anteriores para evitar diferentes parámetros eléctricos en la energía generada, lo mismo ocurre con los paneles fotovoltaicos.
- Lo más importante, se debe considerar que el espacio de parque Augusto Tamayo sea lo suficiente para seguir aumentando la cantidad de buses eléctricos del servicio municipal “Expreso San Isidro”.

4.2.1.8. Cálculo de los conductores eléctricos

Ahora bien, una vez que ya tenemos definidos todos los componentes del sistema fotovoltaico se diseñará los conductores encargados de unir todos los componentes. Se debe tener en cuenta la distancia de cada componente hacia el tablero general a fin de reducir la caída de tensión.

(Ruiz Hernandez, 2019) Afirma que “El IDAE (Instituto para la diversificación y Ahorro de la energía de España) considera que la caída de tensión no podrá ser mayor a 1.5% en ningún caso”. Por tanto, tomaremos de referencia este valor para el cálculo de la caída de tensión.

Nos apoyaremos en el cálculo de la intensidad de corriente en cada tramo analizado aplicando las fórmulas mostradas a continuación.

- En Trifásico (CA):

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \text{Cos}(\phi)} \quad (13)$$

- En Monofásico (CA):

$$I = \frac{P}{U * \text{Cos}(\phi)} \quad (14)$$

- En corriente continua (CC):

$$I = \frac{P}{U} \quad (15)$$

Donde:

- P: Potencia en Watts

- U: Tensión en voltios
- Cos (\emptyset): Factor de potencia, que se considera 1 para todos los casos

Posterior al cálculo de la intensidad de corriente, se procede a calcular la caída de tensión en cada tramo teniendo en cuenta si es trifásico, monofásico o en corriente continua de manera que se compruebe que la sección de conductor elegida sea el idóneo evitando sobrepasar el 1.5% de la caída de tensión permitida.

La caída de tensión se calcula en función al tipo de energía eléctrica que se tenga en el tramo analizado.

- En trifásico:

$$e = \frac{\sqrt{3} * L * I * \text{Cos}(\emptyset)}{C * S} \quad (16)$$

- En monofásico:

$$e = \frac{2 * L * I * \text{Cos}(\emptyset)}{C * S} \quad (17)$$

- En corriente continua:

$$e = \frac{2 * L * I}{C * S} \quad (18)$$

Donde:

- L: Longitud de la línea (m)
- S: Sección del conductor (mm)
- C: conductividad de material conductor considerando

$$Cu = 56 \frac{m}{\Omega * mm^2} \text{ Y } Al = 35 \frac{m}{\Omega * mm^2}$$

- I: Intensidad de corriente (A)
- Cos (\emptyset): Factor de potencia

Para analizar mejor los conductores que intervendrán en el sistema, se ha considerado repartir el recorrido de la energía eléctrica desde su generación en los paneles solares hacia las electrolineras, estos tramos considerados están bien definidos para un análisis más entendible considerando la distancia entre ellos.

Tabla 5

Distancias entre los tramos del sistema

Tramos	Distancia (m)
Tramo Módulos - Inversor	25
Tramo Inversor - Tablero	10
Tramo Tablero - Electrolinera	40

Fuente: Elaboración propia

- **Tramo Módulo - Inversor**

Considerando los cálculos para cada arreglo (Array), se procede a calcular la intensidad de corriente en base a la corriente de cortocircuito y el número de paneles en paralelo que conforman el arreglo.

Entonces tenemos:

$$I_{max} = I_{cc} * N_{pp} \quad (19)$$

Donde:

- I_{max} : Intensidad de corriente máxima (A)
- I_{cc} : Intensidad de corriente en cortocircuito (A)
- N_{pp} : Numero de paneles en paralelo

Reemplazando en (19):

$$I_{max} = 11.41 * 13$$

$$I_{max} = 148.33 A$$

De la tabla 4 se obtiene la distancia entre los módulos fotovoltaicos y el inversor, con este dato ya podemos obtener la caída de tensión en corriente continua aplicando la ecuación (18) considerando la tensión como el producto del voltaje en vacío de 1 panel por el número de paneles en serie obteniendo $U = 99.7V$:

$$e = 1.5\% * U$$

$$e = 1.5\% * 99.7V$$

$$e = 1.4955V$$

$$e = \frac{2 * L * I}{C * S}$$

Despejando “S”:

$$s = \frac{2 * 25 * 148.33}{56 * 1.4955}$$

$$s = 88.56 \text{ mm}^2$$

De acorde con los conductores aplicados en esta tesis, se basó en los conductores NH-90, los cuales son conductores con aislamiento termoplástico libre de halógenos y con poca emisión de humos

Siguiendo la tabla de datos técnicos NH-90, se elegiría el conductor de sección 95 mm² el cual tiene una capacidad de 241 A por ser el inmediato superior, además de mantener la caída de tensión a menos del 1.5% de la tensión. Por tanto, se selecciona el conductor NH-90.

- **Tramo Inversor – Tablero general**

La intensidad de corriente que circula entre el inversor y el tablero general se calcula aplicando la formula (13), considerando la potencia de salida del inversor igual a 20000W a un voltaje de 380V

$$I = \frac{20000}{\sqrt{3} * 380 * 1} = 30.39A$$

Considerando la tabla 4, se considera una distancia de 10 metros entre el inversor y el tablero, con este dato se procede a calcular la caída de tensión aplicando la formula (18).

$$e = 1.5\% * 380$$

$$e = 5.7V$$

Ahora calcularemos la sección de conductor aplicando la formula (16):

$$5.7 = \frac{\sqrt{3} * 10 * 30.39 * 1}{56 * S}$$

$$S = 1.65\text{mm}^2$$

(Ruiz Hernandez, 2019) Sustenta que “La sección mínima para los conductores de acuerdo a la ITC-BT-06 es de 10 mm² para los conductores de cobre y 16 para los conductores de aluminio”.

Por tanto, se elige para este tramo una sección de 10 mm² el cual tiene una capacidad máxima de 62A.

Además, debemos agregarle a este tramo el conductor neutro que es requerido según el fabricante de la electrolinera.

(Ruiz Hernandez, 2019) Recomienda que “El conductor neutro se seleccione de acuerdo a la ITC-BT-07 de acuerdo a la siguiente tabla”

Tabla 6

Sección de conductor neutro norma ITC-BT-07

Conductor fase (mm2)	Sección neutra (mm2)
6 (Cu)	6
10(Cu)	10
16 (Cu)	10
16 (Al)	16
25	16
35	16
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185

Fuente: (Ruiz Hernandez, 2019)

Fuente: (Ruiz Hernandez, 2019)

Por lo tanto, para nuestro sistema fotovoltaico se elige el conductor neutro NH-90 de 10 mm² el cual tiene una capacidad máxima de 62A.

- **Tramo tablero general – Electrolinera**

Para este tramo se tiene en consideración que estamos en corriente alterna, por lo que usando la formula (13)

$$I = \frac{20000}{\sqrt{3} * 380 * 1} = 30.39A$$

Considerando la tabla 4, se considera una distancia de 40 metros entre el tablero y las electrolineras, con este dato se procede a calcular la caída de tensión aplicando la formula (18).

$$e = 1.5\% * 380$$

$$e = 5.7V$$

Ahora calcularemos la sección de conductor aplicando la formula (16):

$$5.7 = \frac{\sqrt{3} * 40 * 30.39 * 1}{56 * S}$$

$$S = 6.6 \text{ mm}^2$$

(Ruiz Hernandez, 2019) Sustenta que “La sección mínima para los conductores de acuerdo a la ITC-BT-06 es de 10 mm² para los conductores de cobre y 16 para los conductores de aluminio”.

Por tanto, se selecciona un NH-90 de 10 mm² el cual tiene una capacidad máxima de 62A. y de igual manera se selecciona el conductor neutro de acuerdo a la tabla (4) siendo de 10 mm² tambien.

Se muestra a continuación los datos calculados de los tres tramos.

Tabla 7

Secciones e intensidades de conductores por tramo

Tramo del sistema fotovoltaico	Sección conductora	Intensidad de corriente
Tramo Módulo - Inversor	2x95 mm ²	148.33 A
Tramo Inversor - Tablero	3x10 mm ² + 1x10 mm ²	30.39 A
Tramo tablero - Electrolinera	3x10 mm ² + 1x10 mm ²	30.39 A

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.9. Cálculo de los dispositivos de protección

Se tomará en cuenta como dispositivos de protección a los fusibles, la llave termomagnética y diferencial en cada tramo.

4.2.1.9.1 Cálculo de los fusibles de protección

Para el cálculo de los fusibles se debe tener en cuenta la intensidad de diseño del tramo y la corriente máxima que soporta el cable, entonces tenemos:

$$I_b \leq I_n \leq I_z \quad (20)$$

$$I_f \leq 1.45 * I_z \quad (21)$$

$$I_f = 1.6 * I_n \quad (22)$$

Donde:

- I_b : Intensidad de corriente de diseño del tramo
- I_n : Calibre del fusible
- I_z : Corriente máxima que soporta el conductor
- I_f : Intensidad de fusión del fusible

Los calibres normalizados a seleccionar se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 8

Calibres normalizados de fusibles

Calibres normalizados de fusibles

2	4	6	10	16	20	25	35
40	50	63	80	100	125	160	200
250	315	400	425	500	630	800	1000

Fuente: (Ruiz Hernandez, 2019)

- **Tramo Modulo – Inversor**

- I_b : Intensidad de diseño del tramo = 148.33 A
- Secc. de conductor: 95 mm² soportando un I_{max} = 241 A = I_z
- I_n : Calibre del fusible

Aplicando la formula (20)

$$148.33A \leq I_n \leq 241A$$

Según la tabla 7, $I_n = 160A$ o $I_n = 200 A$ por lo cual se debe comprobar aplicando la fórmula (22)

Para un $I_n=160 A$:

$$1.6 * 160A \leq 1.45 * 241A$$
$$256 A \leq 349.45 A \dots \text{Cumple}$$

Para un $I_n=200 A$:

$$1.6 * 200A \leq 1.45 * 241A$$
$$320 A \leq 349.45 A \dots \text{Cumple}$$

Por tanto, se elige un fusible calibre 160 para el tramo Modulo – Inversor.

• **Tramo Inversor – Tablero General**

- I_b : Intensidad de diseño del tramo = 30.39 A
- Sección de conductor: 10mm^2 soportando un $I_{\text{max}}= 62A = I_z$
- I_n : calibre del fusible

Aplicando la formula (20)

$$30.39 \leq I_n \leq 62$$

Según la tabla 7, $I_n = 35A$, $40A$, $50A$ y $60A$ por lo cual se debe comprobar aplicando la fórmula (22)

Para un $I_n=35A$:

$$1.6 * 35A \leq 1.45 * 62A$$
$$56A \leq 89.9 A \dots \text{Cumple}$$

Para un $I_n=40A$:

$$1.6 * 40A \leq 1.45 * 62A$$
$$64A \leq 89.9 A \dots \text{Cumple}$$

Para un $I_n=50A$:

$$1.6 * 50A \leq 1.45 * 62A$$
$$80A \leq 89.9 A \dots \text{Cumple}$$

Para un $I_n=60A$:

$$1.6 * 60A \leq 1.45 * 62A$$
$$96A \leq 89.9 A \dots \text{No Cumple}$$

Se observa que 3 calibres pueden ser elegidos y uno falla, sin embargo, por reducción de costos se elige el fusible calibre 35 en el tramo Inversor – Tablero general.

- **Tramo Tablero General - Electrolinera**

- I_b : Intensidad de diseño del tramo = 30.39 A
- Sec de conductor: 10mm² soportando un $I_{max} = 62A = I_z$
- I_n : calibre del fusible

Aplicando la formula (20)

$$30.39 \leq I_n \leq 62$$

Según la tabla 7, $I_n = 35A, 40A, 50A$ y $60A$ por lo cual se debe comprobar aplicando la fórmula (22)

Para un $I_n=35A$:

$$1.6 * 35A \leq 1.45 * 62A$$
$$56 A \leq 89.9 A \dots \text{Cumple}$$

Para un $I_n=40A$:

$$1.6 * 40A \leq 1.45 * 62A$$
$$64 A \leq 89.9 A \dots \text{Cumple}$$

Para un $I_n=50A$:

$$1.6 * 50A \leq 1.45 * 62A$$
$$80 A \leq 89.9 A \dots \text{Cumple}$$

Para un $I_n=60A$:

$$1.6 * 60A \leq 1.45 * 62A$$
$$96 A \leq 89.9 A \dots \text{Cumple}$$

Se observa que los 3 calibres pueden ser elegidos y uno falla, sin embargo, por reducción de costos se elige el fusible calibre 35 en el tramo Tablero general - Electrolinera.

4.2.1.9.2. Cálculo de la llave termomagnética

Para el cálculo de la llave termomagnética se debe seleccionar en función a la intensidad de diseño y el máximo valor admisible del conductor.

$$I_d \leq I_{term} \leq I_z \quad (23)$$

Donde:

- Id: Intensidad de diseño del tramo (A)
- Iz: Máximo valor admisible del conductor (A)
- Iterm: Intensidad nominal de la llave termomagnética (A)

Cabe resaltar que la llave termomagnética protege a los circuitos aguas abajo, por tanto, no se justifica su cálculo en el tramo inicial Modulo – Inversor.

- **Tramo Inversor – Tablero General**

- Id: Intensidad de diseño del tramo = 30.39 A
 - Sec de conductor: 10mm² soportando un I_{max}= 62A = Iz
 - Iterm: Capacidad nominal de la llave termomagnética
- Aplicando la formula (23)

$$30.39 \leq I_{term} \leq 62$$

Por lo tanto, se elige una llave termomagnética Schneider trifásico de 32A.

- **Tramo Tablero General – Electrolinera**

- Id: Intensidad de diseño del tramo = 30.39 A
 - Secc. de conductor: 10mm² soportando un I_{max}= 62A = Iz
 - Iterm: Capacidad nominal de la llave termomagnética
- Aplicando la formula (23)

$$30.39 \leq I_{term} \leq 62$$

Por lo tanto, se elige una llave termomagnética Schneider trifásico de 32A.

4.2.1.9.3. Cálculo de la llave diferencial

Los interruptores diferenciales son aplicados a instalaciones eléctricas en corriente alterna con el fin de proteger a las personas que están en contacto con ellas de accidentes causados por contacto directo o indirecto (Ruiz Hernandez, 2019).

Para el cálculo de la llave diferencial se debe seleccionar en función a la intensidad de diseño y el máximo valor

admisible del conductor similar al cálculo del interruptor termomagnético.

$$Idt \leq Idif \leq Ic \quad (24)$$

Donde:

- Idt: Intensidad de diseño del tramo
- Ic: Máximo valor admisible del conductor
- Idif: Intensidad nominal de la llave diferencial

Cabe resaltar que, de igual forma con las llaves termomagnéticas, las llaves diferenciales protegen a los circuitos aguas abajo, por tanto, no se justifica su cálculo en el tramo inicial Modulo – Inversor.

- **Tramo Inversor – Tablero General**

- Ib: Intensidad de diseño del tramo = 30.39 A
- Sec. de conductor: 10mm² soportando un I_{max} de 62A= Ic
- Idif: Intensidad nominal de la llave diferencial

Aplicando la formula (24)

$$30.39 \leq Idif \leq 62$$

Por lo tanto, se elige una llave diferencial Schneider trifásico de 32A.

- **Tramo Tablero General - Electrolinera**

- Ib: Intensidad de diseño del tramo = 30.39 A
- Sección de conductor: 10mm² soportando un I_{max}= 62A = Ic
- Idif: Intensidad nominal de la llave diferencial

Aplicando la formula (24)

$$30.39 \leq Idif \leq 62$$

Por lo tanto, se elige una llave diferencial Schneider trifásico de 32A.

4.2.1.10. Sistema de Puesta a Tierra

Para garantizar la protección de las personas, además de cumplir la normativa de la puesta a tierra en los diversos tipos de instalaciones eléctricas en el país, se implementará un sistema de puesta a tierra.

(Ruiz Hernandez, 2019) Considera en referencia a la Puesta a Tierra que “Es una medida de protección definida en el pliego de condiciones del IDAE (Instituto para la diversificación y Ahorro de la energía de España) y debe llevarse a cabo en este tipo de instalaciones”.

Además, señala la autora que “La ITC–BT-18 recomienda que la profundidad de los electrodos nunca sea menor a 0.5m”.

En base a lo señalado anteriormente, se elige un sistema de puesta a tierra del tipo TT.

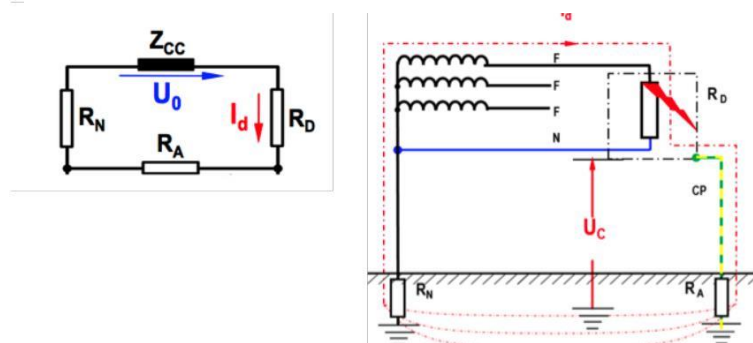
La puesta a tierra del tipo TT es un método de puesta a tierra aplicado a una instalación en baja tensión. Se considera la nomenclatura TT por lo siguiente:

- La primera letra “T” significa que el sistema de puesta a tierra tiene conexión directa a un punto de la alimentación de la instalación eléctrica.
- La segunda letra “T” significa que el sistema de puesta a tierra tiene conexión a las masas directamente.

Por tanto, el esquema del sistema de puesta a tierra del tipo TT consiste en la conexión del neutro del alimentador hacia tierra y la conexión de las masas metálicas de utilización a tierra, distinta al punto de tierra del alimentador por lo que se considera dos puntos de tierra que están separados 15 metros como mínimo.

Figura 37

Esquema de una Puesta tierra del tipo TT



Fuente: (Ruiz Hernandez, 2019)

A continuación, se realizará los cálculos correspondientes por lo cual se aplicarán las siguientes fórmulas:

$$I_d = \frac{U_o}{R_d + R_a + R_n} \quad (25)$$

$$R_a \leq \frac{U_s * R_n}{U_o - U_s} \quad (26)$$

Donde:

- I_d : Intensidad de corriente de diseño (A)
- U_o : Caída de tensión de la instalación (A) = 230V
- R_d : Resistencia del punto de alimentación a tierra (Ω) = 0 Ω
- R_a : Resistencia del electrodo (Ω)
- R_n : Resistencia del punto neutro a tierra (Ω) = 10 Ω
- U_s : Tensión de seguridad (V) = 50V

Los datos considerados anteriormente son los valores usados en los sistemas de puesta a tierra del tipo TT.

Aplicamos la fórmula (25) para calcular la corriente de defecto:

$$I_d = \frac{230}{0 + 2.78 + 10}$$

$$I_d = 17.99 = 18A$$

Aplicamos la fórmula (26) para calcular la resistencia del conductor:

$$R_a \leq \frac{50 * 10}{230 - 50}$$

$$R_a \leq 2.78\Omega$$

Figura 38

Resistencias de conductores de cobre desnudos

CONDUCTOR DE COBRE DESNUDO													
Calibre	Diámetro (mm)		RMG	Peso Total Aproximado	Cobre Duro ¹⁾			Cobre Suave			Ampacidad ²⁾		
	AWG / kcmil	Alambre			Cable	mm	kg/km	Carga de Rotura	Resistencia Eléctrica (Ω/km)	DC a 20 °C		AC a 75 °C	Carga de Rotura ³⁾
14	1,63	1,63	0,63	19	-	-	-	-	-	42	0,290	10,000	40
12	2,05	2,05	0,80	29	-	-	-	-	-	67	5,210	6,340	55
10	2,59	2,59	1,01	47	-	-	-	-	-	106	3,280	3,990	70
8	1,23	3,70	1,34	76	353	2,190	2,540	169	2,100	2,560	100	130	
6	1,56	4,57	1,69	121	557	1,370	1,660	269	1,320	1,610	130	175	
4	1,96	5,88	2,14	192	879	0,865	1,044	427	0,831	1,011	175	235	
2	2,47	7,42	2,69	305	1381	0,544	0,657	679	0,523	0,636	235	315	
1/0	1,89	9,47	3,59	485	2223	0,342	0,413	1080	0,329	0,400	315	365	
2/0	2,13	10,63	4,03	611	2790	0,271	0,328	1362	0,261	0,317	365	420	
3/0	2,39	11,94	4,52	771	3492	0,215	0,260	1718	0,207	0,252	420	490	
4/0	2,68	13,40	5,08	972	4362	0,171	0,206	2166	0,164	0,199	490	540	
250	2,09	14,52	5,51	1149	5242	0,144	0,174	2559	0,139	0,169	540	610	
300	2,29	16,01	6,15	1378	6291	0,120	0,145	3071	0,116	0,141	610	670	
350	2,47	17,29	6,54	1608	7283	0,103	0,125	3583	0,099	0,121	670	730	
400	2,54	18,49	7,10	1838	8311	0,090	0,109	4095	0,087	0,106	730	840	
500	2,95	23,67	7,94	2297	10212	0,072	0,087	5119	0,069	0,084	840	1085	
750	2,82	25,35	9,78	3445	15452	0,048	0,058	7678	0,046	0,056	1085	1300	
1000	3,25	29,27	11,30	4595	20424	0,036	0,044	10238	0,035	0,036	1300		

Fuente: Empresa Centelsa Perú S.A.C.

De la tabla mostrada, se elige el conductor AWG 2/0 o su equivalente de 70 mm² de sección. Además, se detalla que el conductor de cobre desnudo debe ubicarse a una profundidad de 0.5 metros.

El conductor de cobre desnudo recorrerá una distancia de 52 metros, para lo cual se considera que se aplicarán picas de 1 metro de altura y se logre una resistencia a tierra máxima de 10 ohmios. Para ello se aplicará la siguiente fórmula:

$$\frac{1}{Rt} = \frac{1}{Rc} + \frac{1}{Rp} \quad (27)$$

Donde:

- Rt: Resistencia total de la toma de tierra = 10 ohmios
- Rc: Resistencia del conductor enterrado
- Rp resistencia de las picas

Por aplicar conductor enterrado horizontalmente, su resistencia se calcula:

$$Rc = \frac{2 * r}{L} \quad (28)$$

Donde:

- Rc: Resistencia de conductor enterrado
- r: Resistividad del terreno
- L: longitud del conductor

Aplicando la formula (28), tenemos:

$$Rc = \frac{2 * 50}{52} = 1.923 \Omega$$

Como se obtuvo un valor menor a 10Ω , solo se usará 1 pica por arreglo de 42 paneles fotovoltaicos, por lo que en total serian 3 pozos a tierra. Por tanto, de cálculos anteriores se muestra lo obtenido de manera detallada:

Tabla 9

Parámetros de un pozo a tierra

Sección de cable (mm ²)	70
Profundidad (m)	0.5
Perímetro (m)	52
N° de picas	1
Altura de picas (m)	1
Sección de picas	70
Resistividad de terreno	50
Resistividad de tierra	10

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.11. Inclinación de los módulos fotovoltaicos

El dimensionamiento del ángulo de inclinación permitirá al sistema fotovoltaico poder captar más radiación solar debido a que los rayos del sol inciden directamente al panel fotovoltaico.

Para poder calcularlo nos basaremos en la siguiente tabla donde se especifica el valor recomendable del ángulo de inclinación solo en función de la latitud del lugar sin signos.

Tabla 10

Ángulo de inclinación para sistemas estáticos.

Latitud del lugar (en grados)	Angulo de inclinación fijo
0° a 15°	15°
15° a 25°	La misma latitud
25° a 30°	Latitud + 5°
30° a 35°	Latitud + 10°
35° a 40°	Latitud + 15°
40° a más	Latitud + 20°

Fuente: (Rodriguez Roqueta, 2014)

El parque Tamayo, lugar donde se realizará la implementación del sistema fotovoltaico, posee una Latitud de -12.0973 , por lo que haciendo uso de la tabla 9, se elige como ángulo de inclinación a 15° .

Cabe mencionar que se seleccionó este parque pues se encuentra a la espalda de las electrolineras.

Figura 39

Parque Augusto Tamayo

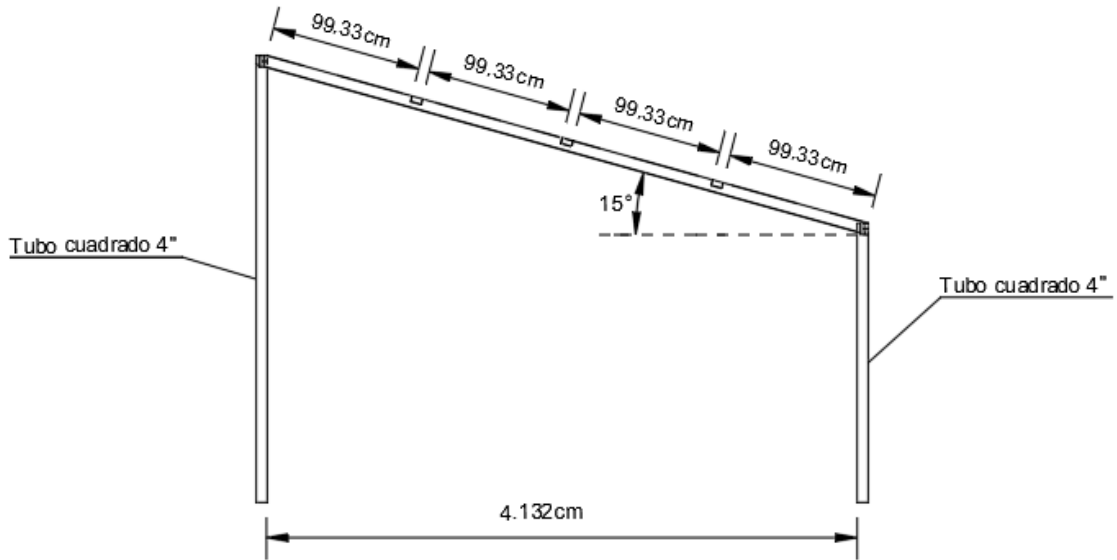


Fuente: Elaboración propia

4.2.1.12. Forma de la estructura metálica de soporte

Figura 40

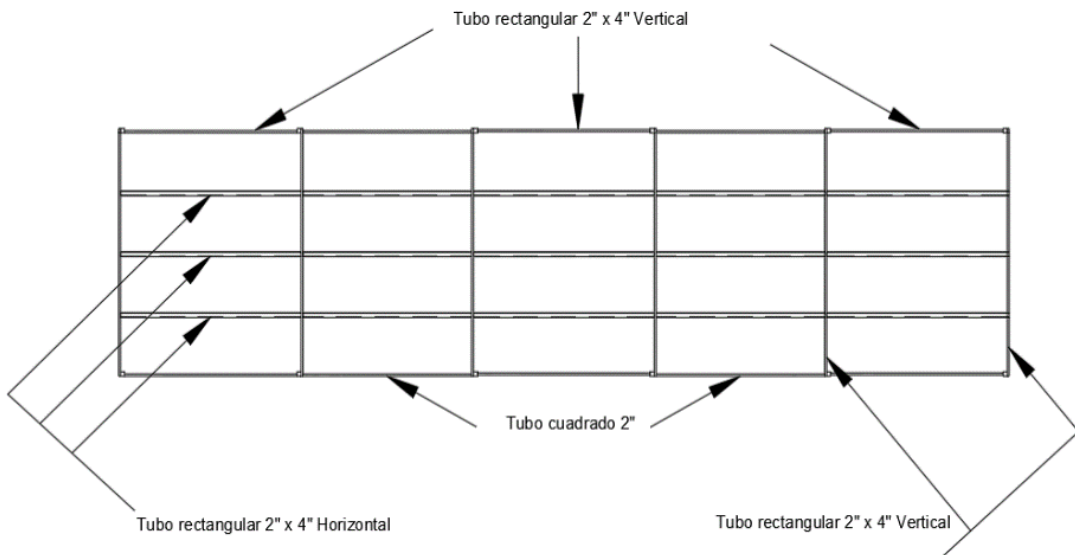
Estructura metálica (vista lateral)



Fuente: Elaboración propia

Figura 41

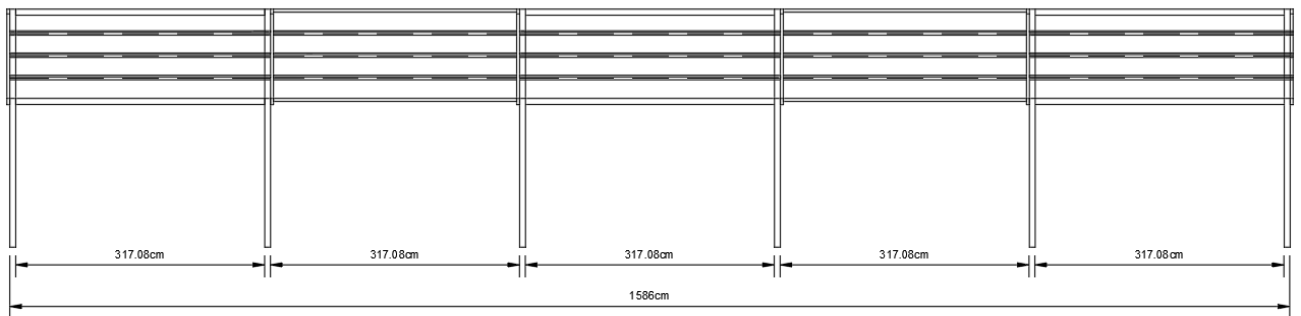
Estructura Metálica (Vista Superior)



Fuente: Elaboración propia

Figura 42

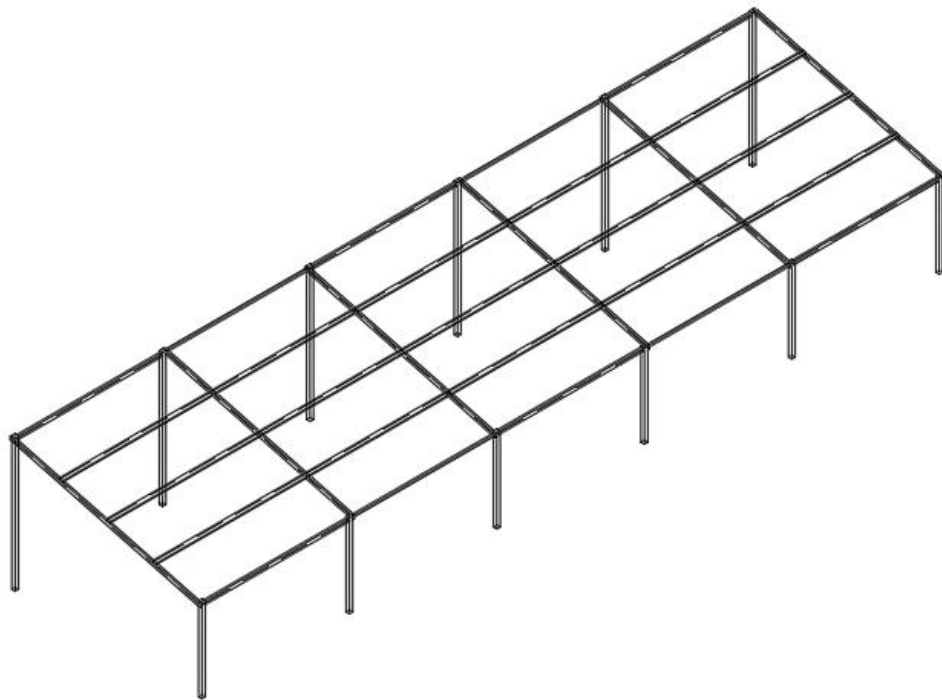
Estructura Metálica (Frontal)



Fuente: Elaboración propia

Figura 43.

Estructura metálica propuesta



Fuente: Elaboración propia.

4.2.1.13. Cálculo de mitigación de la contaminación ambiental

La cantidad de energía a suministrar para cada bus es de 104.832kWh de la red diario, considerando que se considera 6 buses eléctricos en esta tesis, la energía que se estaría dejando de usar de la red es de 628.992 kWh por día.

De esta manera, tenemos:

$$628.992 \frac{kWh}{dia} \times \frac{365 dia}{1 año} = 229\ 582.08 \frac{kWh}{año}$$

$$229\ 582.08 \frac{kWh}{año} \times \frac{1MWh}{1000 kWh} = 229.58 \frac{MWh}{año}$$

De los cálculos desarrollados, el consumo de energía eléctrica que se dejará de consumir del SEIN es de aproximadamente 229.58 MWh en un año.

Aplicando el factor de conversión (Saavedra Farfan, 2020):

$$229.58 \frac{MWh}{año} \times \frac{0.52144 Ton Co2 eq}{1MWh} = \frac{119.71 Ton Co2 eq}{año}$$

De los cálculos obtenidos, se tiene que, de aplicar el sistema fotovoltaico en el distrito de San Isidro, se estaría dejando de emitir aproximadamente 119.71 Toneladas de CO2 al medio ambiente en un año.

4.2.1.14. Presupuesto total del sistema fotovoltaico

Tabla 11

Presupuesto del sistema fotovoltaico

Ítem	Descripción	Cantidad	Costo unitario S/.	Sub- total S/.
01	Panel fotovoltaico JA SOLAR	78	S/. 809.27	S/. 63 123.06
02	Regulador Bluesolar MPPT 150/85	9	S/. 3 754.54	S/. 33 790.86
03	Inversor VICTRON PHOENIX 48V/ 5000W	9	S/. 6 536.772	S/. 58 830.9
04	Batería Estacionaria 600Ah 6V	400	S/. 1908.28	S/. 763 312.00
05	Estructura metálica para panel fotovoltaico	3	S/. 2500	S/7 500.00
06	Rollo de conductor Sección 95 mm ² NH-90	1	S/. 1387.5	S/. 1387.5
07	Rollo de conductor Sección 10 mm ² NH-90	3	S/. 186.591	S/.559.773
08	Fusible de protección calibre 250	6	S/. 370.35	S/. 2 222.10
09	Fusible de protección calibre 35	8	17.30	S/. 138.40
10	Interruptor termomagnético 3x32A	6	S/. 135.00	S/. 810.00
11	Interruptor diferencial 3x32A	6	S/. 400.00	S/. 2 400.00
12	Rollo de conductor tierra Sección 70 mm ²	1	S/. 7 395.36	S/. 7395.36
13	Pozo a tierra (de acorde con tabla 8)	3	S/. 2 000.00	S/. 6 000.00
15	Costo de personal técnico	-	-	S/4 000.00
16	Costo de personal supervisor	-	-	S/. 4 000.00
17	Accesorios adicionales	-	-	S/.10 000.00
Costo Total del sistema fotovoltaico				S/.965 470.00

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.15. Estudio de factibilidad del sistema fotovoltaico

Para determinar si la propuesta es factible, nos basaremos en los siguientes indicadores económicos:

- **Valor Actual Neto (VAN)**

(Aquino Nuñez L. E., 2019) Sustenta que “El valor actual neto es la cantidad monetaria que resulta de regresar los flujos netos del futuro hacia el presente con una tasa de descuento”. Ambas cantidades se comparan a una tasa de descuento que es fijado por el proyectista o empresa.

La siguiente fórmula nos permitirá calcular el VAN:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

Donde:

Ft: Flujo de caja en cada periodo t

I₀: Es la inversión inicial del proyecto

n: Es el número de periodos en análisis.

k: Es el porcentaje de ganancia que una inversión debe tener para ser aceptado.

Del valor del VAN, se puede obtener los siguientes rangos de valores:

- Si $VAN < 0$, no se acepta la inversión pues producirá pérdidas.
- Si $VAN = 0$, la inversión no produce ganancias ni pérdidas.
- Si $VAN > 0$, la inversión se acepta pues producirá ganancias a futuro.

- **Tasa Interna de Retorno (TIR)**

Este indicador tiene muchas definiciones, sin embargo, en términos simples, la TIR es la tasa de descuento que se debe reemplazar en el VAN para que este sea igual a cero. La fórmula a continuación permite calcularlo.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + TIR)^t} - I = 0$$

Donde:

F_t: Flujo de caja en cada periodo t

I₀: Es la inversión inicial del proyecto

n: Es el número de periodos en análisis

TIR: Tasa Interna de Retorno

A diferencia del VAN, en este caso ocurrirá 2 situaciones para aceptar o no la inversión del implementarse, las cuales son las siguientes:

- Si $TIR \geq r$, se acepta la inversión pues es mayor al porcentaje de ganancia requerida por el inversionista.
- Si $TIR < r$, se rechaza la inversión pues es menor al porcentaje de ganancia requerida por el inversionista.

Puede ocurrir también que ambos indicadores nos resulten en valores que no concuerden entre ellos, en ese caso dependerá del proyectista y del cliente si está dispuesto a modificar su porcentaje de ganancia.

A continuación, se muestra el flujo de caja del costo del sistema fotovoltaico considerando un precio unitario de S/0.3034/kWh (Recibo de luz de la municipalidad de San Isidro mostrado en Anexo 2):

Tabla 12

Flujo de Caja del sistema fotovoltaico

Año	Ingresos anuales		Egresos anuales		Flujo de caja en S/.	Flujo de caja acumulado en S/.
	Ahorro de la MSI en kWh	Costo de la energía ahorrada en S/ C.u.=S/0.3034	Inversión en S/.	Gastos de mantenimiento en S/.		
0	-	-	S/.965 470.00	-	-965 470.00	-965 470.00
1	229 582.08	69 655.2	-	500	69 155.2	-896 314.80
2	229 582.08	69 655.2	-	500	69 155.2	-827 159.60
3	229 582.08	69 655.2	-	500	69 155.2	-758 004.40
4	229 582.08	69 655.2	-	500	69 155.2	-688 849.20
5	229 582.08	69 655.2	-	500	69 155.2	-619 694.00
6	229 582.08	69 655.2	-	500	69 155.2	-550 538.8
7	229 582.08	69 655.2	-	500	69 155.2	-481 383.60
8	229 582.08	69 655.2	-	500	69 155.2	-412 228.40
9	229 582.08	69 655.2	-	500	69 155.2	-343 073.20
10	229 582.08	69 655.2	-	500	69 155.2	-273 918.00

Año	Ingresos anuales		Egresos anuales		Flujo de caja en S/.	Flujo de caja acumulado en S/.
	Ahorro de la MSI en kWh	Costo de la energía ahorrada en S/.	Inversión en S/.	Gastos de mantenimiento en S/.		
11	229 582.08	69 655.2	-	500	69 155.2	-204 762.80
12	229 582.08	69 655.2	-	500	69 155.2	-135 607.6
13	229 582.08	69 655.2	-	500	69 155.2	-66 452.40
14	229 582.08	69 655.2	-	500	69 155.2	+2 702.80
15	229 582.08	69 655.2	-	500	69 155.2	+71 858
16	229 582.08	69 655.2	-	500	69 155.2	+141 013.2
17	229 582.08	69 655.2	-	500	69 155.2	+210 168.40
18	229 582.08	69 655.2	-	500	69 155.2	+279 323.60
19	229 582.08	69 655.2	-	500	69 155.2	+348 478.80
20	229 582.08	69 655.2	-	500	69 155.2	+417 634.00
21	229 582.08	69 655.2	-	500	69 155.2	+486 789.20
22	229 582.08	69 655.2	-	500	69 155.2	+555 944.40

Año	Ingresos anuales		Egresos anuales		Flujo de caja en S/.	Flujo de caja acumulado en S/.
	Ahorro de la MSI en kWh	Costo de la energía ahorrada en S/.	Inversión en S/.	Gastos de mantenimiento en S/.		
23	229 582.08	69 655.2	-	500	69 155.2	+625 099.60
24	229 582.08	69 655.2	-	500	69 155.2	+694 254.80
25	229 582.08	69 655.2	-	500	69 155.2	+763 410.00

Fuente: Elaboración propia

Del flujo de caja considerado, obtenemos un valor de + S/763 410.00, el cual muestra que el sistema fotovoltaico es rentable. Para demostrar que es rentable, se usarán los indicadores económicos como VAN y TIR mostrados a continuación.

4.2.1.16. Cálculo del VAN y TIR

Con el flujo de caja definido, se procede a calcular el VAN y el TIR, lo cual nos apoyamos del software Excel para ello, se detalla los parámetros empleados a continuación:

- VAN

Considerando:

- Flujo en caja constante = S/. 69 155.2
- Inversión inicial = S/. 965 470.00
- Porcentaje de ganancia = 5%
- Tiempo de duración = 25 años

Se obtuvo un VAN equivalente a S/. 9 299.56

- TIR

Considerando:

- Flujo en caja constante = S/ 69 155.2
- Inversión inicial = S/. 965 470.00
- Tiempo de duración = 25 años

Se obtuvo una TIR equivalente al 5%

Tabla 13

Análisis del estudio económico

	Valor calculado	Factibilidad	Decisión
TIR	5%	Al ser igual que el porcentaje de ganancia "5%", es factible	El sistema fotovoltaico es factible, debe implementarse
VAN	S/. 9 299.56	Al ser mayor que cero, es factible	

Fuente: Elaboración propia.

4.3. Población y muestra

4.3.1. Población

La población está constituida por 02 electrolinerías que son las estaciones de recarga.

4.3.2. Muestra

Empleando las palabras de (Castro Marquez, 2003), Considera que “Si la población es menor a cincuenta individuos, la población es igual a la muestra”.

En la presente tesis, la población y la muestra son lo mismo pues se desea instalar tres arreglos fotovoltaicos en las electrolinerías de la Municipalidad de San Isidro, así que no se ha tomado en consideración técnicas de muestreo.

4.4. Técnicas de recolección de datos

4.4.1. Observación

Se aplicará esta técnica debido a que es muy importante su uso en diseños eléctricos, para ello se debe recopilar datos de las características y especificaciones técnicas de los buses eléctricos para poder obtener los datos necesarios de máxima demanda para su posterior diseño. Es la técnica de recolección de datos más importante.

4.4.2. Análisis de sitios web

Se tomará en cuenta los anteriores lineamientos que la Municipalidad de San Isidro tomó como referencia para la adquisición de los buses eléctricos, como es su potencia eléctrica, la cantidad de kWh que tiene la batería del bus eléctrico, que tipo de energía necesita para poderse abastecer y el espacio de requerimiento que tienen las electrolinerías y que tipo de energía se le debe suministrar, así como la radiación solar presente en el lugar de instalación.

4.4.3. Revisión de documentos

Los datos se obtendrán de los catálogos de los buses eléctricos y electrolinerías, en base al expediente técnico que se tomó en consideración por el municipio al momento de realizar la compra. Además de la revisión de los informes que los conductores y los trabajadores de las electrolinerías que llenan mensualmente.

4.4.4. Análisis de datos meteorológicos

Los datos de análisis meteorológicos se consiguieron en base a la latitud de la municipalidad de San Isidro usando un software online que toma datos de la radiación proporcionada por la NASA.

4.5. Instrumentos de recolección de datos

- Catálogo de paneles fotovoltaicos
- Wincha de medición
- Pinza amperimétrica
- Software CCEEA
- Software Excel
- Diagrama de cargas
- Fichas técnicas online
- Brújula digital
- Tabla de valores del ángulo de inclinación (Rodriguez Roqueta, 2014)

4.5.1. Validez

Todos los instrumentos de recolección fueron tomados de softwares confiables como el Software CCEEA que toma datos de la NASA para obtener de una forma simple la radiación solar en el lugar donde se requiera implementar un sistema fotovoltaico. Los catálogos de cada componente fotovoltaico fueron tomados del mismo fabricante evitando información errónea con respecto a cada equipo fotovoltaico analizado. Los cálculos realizados se basaron en el juicio de experto, los cuales son personas que tienen amplia experiencia realizando proyectos de la misma línea de investigación, el cual se muestra en el anexo 3.

4.6. Resultados

Los resultados obtenidos de la tesis se detallan a continuación.

Se determinó la cantidad de radiación solar presente en la municipalidad de San Isidro tomando como referencia al software online CCEEA (Centro de Capacitación Eléctrica y Energías Alternas) que basa sus resultados en la base de datos de la NASA, el cual arrojó valores de radiación mensual en HSP (Hora Solar Pico), posteriormente se dimensionó la demanda de energía eléctrica, de los paneles fotovoltaicos, reguladores, inversores y el cableado en general. Se adjuntó un presupuesto aproximado de los costos

de cada componente usado por el sistema fotovoltaico. A continuación, se muestra un resumen de los componentes fotovoltaicos dimensionados.

Tabla 14

Dimensionamiento de componentes fotovoltaicos.

Descripción	Cantidad
Panel fotovoltaico JA SOLAR	78
Regulador Bluesolar MPPT 150/85	9
Inversor PHOENIX VICTRON 48/5000	9
Batería Estacionaria ULTRACELL 600Ah 6V	400

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se realizó el cálculo de los conductores eléctricos considerando tramos para facilitar la explicación: tramo módulos – inversor, tramo inversor – tablero y el tramo tablero – electrolinera.

Con respecto a los paneles fotovoltaicos, estos se agrupan en 3 arreglos de 26 paneles conectados en 2 filas de 13 paneles en serie inclinados a un ángulo de 15° apuntando hacia el Ecuador.

Se realizó el análisis de factibilidad económica de la tesis en base al costo que tiene cada componente fotovoltaico ascendiendo a una suma de S/.965 470.00, además se determinó la cantidad de energía que se deja de consumir de la red convirtiéndolo en ingresos por el sistema fotovoltaico aislado, el cual es de S/. 69 655.2 anuales.

Con base en estos dos valores, se calcula los indicadores económicos VAN y TIR, siendo el primero igual a S/. 9 299.56 y el segundo, 5%. Posteriormente se determina que en 13.86 años se recupera la inversión, teniendo 11.14 años de ganancias a partir del sistema.

CAPÍTULO V

5.1. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- El servicio municipal “Expreso San Isidro”, según los datos recopilados en esta tesis, tiene un costo de energía eléctrica que asciende a S/. 69 655.2 anuales. Este valor será el ingreso anual del sistema fotovoltaico durante su vida útil.
- La ubicación del sistema fotovoltaico es ideal para su implementación, pues la radiación solar mínima se da en julio con 2.81 HSP y es máxima en marzo con 6.27 HSP, tomando en consideración la radiación solar promedio entre ellas, el cual es 4.83 HSP.
- Existen 6 meses donde la radiación solar es menor que la radiación promedio usada en esta tesis, motivo por el cual se realizó el balance energético del sistema fotovoltaico para determinar si el sistema puede suministrar energía aun en déficit de radiación. Se obtuvo un balance energético positivo igual a 10 325.021 kWh, lo cual demuestra que el sistema genera más energía de lo que consumen los buses eléctricos.
- La energía fotovoltaica que el sistema debe producir es 144.59 kWh fotovoltaica para suministrar de energía a los seis buses de la municipalidad de San Isidro. Además, se considera un factor de pérdidas en la conversión de energía solar a eléctrica dentro de cada componente del sistema fotovoltaico.
- Se debe tener mucho cuidado al momento de confundir la energía y potencia real de los buses con la energía y potencia fotovoltaica de los mismos, se determinó su equivalencia en cálculos anteriores de energía, lo cual se tuvo la siguiente equivalencia: 1kWh de energía fotovoltaica es equivalente a 4.3502kWh energía real o de red.
- Este sistema fotovoltaico está diseñado para que 13 paneles fotovoltaicos de la marca JA SOLAR Mono Perc 455W generen 25 712.5 W de energía fotovoltaica, mayor a los 24 099.84 W que requiere para su funcionamiento, mostrado en la ecuación (3) y ubicados a un ángulo de 15° según fue diseñada la estructura metálica de soporte.
- Se determina que 13 paneles fotovoltaicos pueden suministrar de energía a un bus eléctrico, por tanto, el sistema requiere 78 paneles para poder cubrir los seis buses eléctricos que tiene el servicio municipal “Expreso San Isidro”.

- En base a los parámetros que necesita el inversor elegido, se determina tres arreglos de 26 paneles conformados en dos filas de paneles conectados en serie y 13 paneles en paralelo.
- Con este arreglo se elige tres inversores fotovoltaicos PHOENIX VICTRON 48/5000 para cada arreglo. Esto también permite calcular la cantidad de reguladores solares que son tres por arreglo y nueve en total, el cual es de la marca Bluesolar MPPT 150/85. Por último, se determina la cantidad de baterías que el sistema necesita, el cual es de 400 Baterías Estacionarias de 600Ah 6V.
- Cabe resaltar que el sistema fotovoltaico está diseñado para que la municipalidad pueda agregar un bus adicional con los mismos parámetros sin agregar ningún componente. Puede agregar 2 buses eléctricos si es que se considera adquirir 15 paneles fotovoltaicos más, distribuidos en 5 paneles por arreglo, el cual aumentaría mucho más el ahorro de la municipalidad pues ya no compraría energía de la red para estos 2 buses adicionales si así lo requiera para suplir la demanda.
- Con respecto a la evaluación económica y financiera de la tesis, se obtuvo un VAN de S/. 9 299.56 y una TIR de 5%. Estos valores muestran que existe factibilidad económica sin pérdidas.
- Se conoce que un proyecto es rentable si tiene como mínimo un TIR de 10%, sin embargo, esta es una entidad del estado sin fines de lucro debido a que todo proyecto realizado por la municipalidad siempre se realiza en beneficio de los habitantes del distrito de San Isidro.

En este caso, el beneficio para las personas es que los buses eléctricos no tengan interrupciones en su servicio y para el caso de la municipalidad es reducir los gastos en electricidad y, sobre todo, presentar al servicio municipal “Expreso San Isidro” como un servicio 100% libre de emisiones, así como su suministro eléctrico que es provisto por la energía del sol. Es por ello que el diseño de este sistema fotovoltaico se fundamenta en el hecho de que está alineado a los objetivos que tiene la municipalidad, el cual es fomentar la sostenibilidad financiera y ambiental, aumentar la eficiencia energética y en la reducción de costos para realizar más obras municipales en beneficio de los residentes en el distrito de San Isidro.

- Esta tesis se plantea para un horizonte de 25 años, de manera que en 13.86 años sea recuperada la inversión y para 11.14 años se obtenga ahorro en energía eléctrica por el sistema fotovoltaico.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES

De acorde al estudio realizado en esta tesis, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

1. Se determinó que el diseño del sistema fotovoltaico si logra suministrar de energía a las electrolinerías de la municipalidad de San Isidro, el cual este compuesto por los siguientes elementos: 78 paneles fotovoltaicos JA SOLAR, 9 reguladores Bluesolar MPPT 150/85, 9 inversores PHOENIX VICTRON 48/5000 y 400 baterías fotovoltaicas ULTRACELL de 600Ah 6V. La energía total que debe suministrar el sistema es de 16 353.88 kWh real por mensual, y la energía total que genera el sistema fotovoltaico es de 20 133.86 kWh real mensual, de estos valores se verifica que el sistema fotovoltaico produce energía suficiente para suministrar a las electrolinerías de la municipalidad de San Isidro, considerando un margen de seguridad.
2. Se determinó que el potencial energético solar del distrito de San Isidro es el ideal para realizar sistemas fotovoltaicos, se calculó su valor en el software online CCEEA, el cual muestra la radiación máxima igual a 6.27 HSP en marzo y un valor mínimo de 2.81 HSP en julio tomando una radiación promedio 4.83 HSP. Esta radiación solar a través del panel fotovoltaico se convierte en energía eléctrica con una corriente continua, el cual por medio del inversor se convierte en corriente alterna usable de igual manera que la energía de la red, también si no hay consumo se almacena en baterías que permiten consumir esta energía cuando ya no se disponga de energía solar.
3. Se analizó el beneficio ambiental que genera este generador fotovoltaico, el cual se calcula de acorde a la cantidad de energía que se dejará de consumir de la red, siendo este igual a 229.58 MWh por año. Aplicando el factor de conversión a este valor, se obtiene la cantidad de CO₂ que no se liberará al medio ambiente, el cual es 119.71 ton CO₂ eq por año.
4. Se realizó el estudio económico del sistema fotovoltaico, obteniendo un valor del VAN de S/. 9 299.56 y una TIR de 5%, lo cual demuestra que este es factible para su implementación en la municipalidad de San Isidro, recuperando el capital invertido en 13.86 años de funcionamiento. La inversión asciende a S/. 965 470.00 y tiene un flujo de caja anual de S/69 155.2. lo cual a nivel de flujo de caja acumulada resulta un saldo a favor de + S/763 410.00.

CAPÍTULO VII

RECOMENDACIONES

De acorde al estudio realizado en este trabajo de investigación, se ha llegado a las siguientes recomendaciones:

1. Se necesita realizar el mantenimiento del sistema, el cual consiste en la limpieza de los paneles fotovoltaicos 2 veces por semana, debido a que el polvo acumulado reduce el rendimiento de los paneles.
2. Se recomienda que estos temas de energías renovables se aborden con más profundidad en los cursos de pregrado en las carreras de ingeniería relacionadas a energías renovables.
3. La ubicación de cada tablero eléctrico y componente fotovoltaico necesita estar a una distancia de seguridad adecuada libre de personas, roedores, expuestos a la lluvia o a la intemperie.
4. La ubicación de los paneles fotovoltaicos necesita estar lo más despejado posibles de árboles, conductores eléctricos aéreos o paneles publicitarios para que no afecten su rendimiento por las sombras.
5. Si se adquieren más buses eléctricos que sobrepasen la demanda de energía considerada en esta tesis, se recomienda ampliar la cantidad de paneles fotovoltaicos de acorde a la cantidad de energía que se requiere. Esto no afectará al diseño propuesto en esta tesis debido a que el sistema está diseñado para poder ampliarse en el momento que se necesite.
6. Se recomienda la capacitación adecuada al técnico de mantenimiento y operación del sistema fotovoltaico.
7. Pese a ser un sistema de mantenimiento mínimo, se debe verificar constantemente si los paneles fotovoltaicos estén libres de hojas u objetos que dificulten la captación de la radiación. También revisar el conexionado de las baterías e inversores de forma constante.
8. Se recomienda, de realizar la implementación, hacerlo durante los meses de octubre a diciembre para que el sistema pueda generar energía extra en este intervalo de tiempo que servirá para almacenar energía para usarlo en los meses de baja radiación.

CAPÍTULO VIII

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aquino Nuñez, L. E. (2019). Sistema fotovoltaico conectado a la red para el puesto de salud del caserío Totoras pampaverde distrito de Kañaris, provincia de ferreñafe, departamento de Lambayeque. *Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo*, 25.
- Baselga Carreras, M. (2019). *Clasificación de las instalaciones solares fotovoltaicas y sus componentes*. Editex.
- Baselga Carreras, M. (2019). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. Editex.
- Baselga Carreras, M. (2019). *Radiación Solar. Parametros caracteristicos*. Editex.
- Bravo Damian, V. Y., & Gamarra Vilchez, D. J. (2016). Diseño de un sistema fotovoltaico para satisfacer la demanda de energía de los laboratorios de ingeniería electrónica en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. *Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo*.
- Camarena Rojas, M. R., & Lozano Vilcarano, M. A. (2016). Determinación del ángulo de inclinación óptimo de un panel fotovoltaico en el valle del Mantaro. *Universidad Nacional del Centro del Perú*.
- Camasca Tijero, R. H. (2022). Mejoramiento de la eficiencia energética con sistema On-Grid de paneles solares para una empresa textil en Villa el Salvador-Lima. Lima, Perú: Repositorio Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Castro Marquez, F. (2003). *El proyecto de investigación y su esquema de elaboración*. Caracas: Uyapar.
- Cieza Coronado, J. (2017). Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico para las instalaciones eléctricas de alumbrado en el hostal Lancelot ubicado en Chiclayo-Chiclayo-Lambayeque. *Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo*.
- Cornejo Lalupu, H. A. (2013). Sistema solar fotovoltaico de conexión a red en el centro materno infantil de la Universidad de Piura. *Universidad Nacional de Piura*, 25.
- Eche Espinoza, F. A., & Espinal Puicón, C. A. (2020). Identificación de zonas potenciales para el uso de energía fotovoltaica enfocada en la implementación de electrolineras

- de acuerdo a la realidad geo-meteorológica del distrito de Chiclayo. *Repositorio Universidad Cesar Vallejo*.
- Erique Cruz, C. (2016). Analisis y diseño de una electrolinera para la recarga de vehiculos electricos livianos, haciendo uso de energia fotovoltaica. *Repositorio Universidad Catolica de Santiago de Guayaquil*.
- Espinoza infantes, R. M., & Quispe Romero, T. C. (2018). Edificios de oficinas energeticamente sostenibles mediante la aplicacion del vidrio fotovoltaico en el distrito de San Isidro. *Repositorio Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas*.
- Fernandez Garcia, L. G., & Cervantes Torres, A. (2017). Proyecto de diseño e implementación de un sistema fotovoltaico de interconexion a la red electrica en la Universidad Tecnologica de Altamira. *Universidad Tecnologica de Altamira*.
- Galvarro Cano, M. (2020). Estudio tecnico-economico comparativo entre una electrolinera y una fotolinera. *Repositorio Universidad de Sevilla*.
- Garcia de Andrés, C. (2017). Proyecto para la implementacion de una electrolinera sostenible en Boceguillas. *Repositorio de la escuela Tecnica Superior de Ingenieros de Minas y Energia*.
- García Pérez, R. G. (2020). Diseño ótimo de sistema de generación fotovoltaico con almacenamiento en baterías para vivienda unifamiliar y electrolineras basado en técnicas de Machine Learning. *Repositorio Universidad de Sevailla*.
- Garcia rodriguez, C. A. (2018). Propuesta Técnico Económica para la implementación de un sistema fotovoltaico interconectado a la red en las instalaciones de la cooperativa de ingenieros electricistas COINGEL. *Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas*.
- Igor Gomez, M. (2017). “Evaluación de factibilidad para proyecto de Iluminación sustentable a traves de energia fotovoltaica con conexion a la red, para los espacios exteriores de la Universidad Austral de Chile, Sede Puerto Montt.
- Lopez Barboza, J. L. (Octubre de 2019). Diseño de un sistema fotovoltaico para autoconsumo conectado a red en la empresa Viettel S.A.C. ubicado en Trujillo- La Libertad. *Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo*.

- Merino Tribaldos, F. J. (2020). Analisis Tecnico - Economico y modelo de negocio de una electrolineria con generador fotovoltaico. *Repositorio Universidad Pontificia Comillas*.
- Ministerio de Industria, E. y. (31 de 12 de 2014). *Boletín Oficial del Estado de España*. Obtenido de <https://www.boe.es/eli/es/rd/2014/12/12/1053/con>
- Munarriz Ali, M. L., & Vargas Alfaro, D. I. (2019). Modelo de negocio para la implementacion de electrolinerias en estacionamientos y centros comerciales de la ciudad de Lima. *Repositorio Universidad Peruana de ciencias Aplicadas*.
- Plasencia Coronel, J. C. (2018). Diseño de un sistema fotovoltaico interconectado a la redde 4.5KW Eeen el complejo judicial LA Despensa- en el distrito de Jose Leandro Ortiz - Provincia de chiclayo-Lambayeque. *Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo*.
- Rico Jiménez, C. (2016). Diseño de una instalacion de carga para vehiculos electricos sin conexion a la red electrica. *Repositorio Universidad Politecnica de Navarra*.
- Rodriguez Roqueta, P. (2014). Procedimiento de calculo para la ubicacion de paneles fotovoltaicos.
- Ruiz Hernandez, P. (2019). Instalación y optimización de un sistema de placas solares fotovoltaicas en una estacion de carga de vehiculos electricos. *Repositorio Universidad Pontificia Comillas*.
- Saavedra Farfan, E. (2020). Huella de carbono- emisiones de GEI por uso del sistema de iluminacion de la Facultad de Ingenieria ambiental de la Universidad Nacional de Ingenieria, Lima- Peru. *Scielo Perú*.
- Serna José, M. (2021). Proyecto de instalacion de una electrolineria fotovoltaica. *Repositorio Universidad Politecnica de Catalunya*.
- Sumba Zumba, E. (2022). Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico para electrolineria en espacios turisticos de uso publico - caso Aguas Termales de Guapan. *Repositorio Universidad Catolica de Cuenca*.
- Vega Rojas, L. E. (2019). Diseño de un sistema fotovoltaico conectado a red de 3.7kW para el laboratorio de electricidad y maquinas electricas de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. *Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo*.

ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla 15.

Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	ÍNDICES	METODOLOGÍA
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Independiente	1. Potencial energético solar. 2. Reducción de la huella de carbono 3. Rentabilidad de la implementación del sistema fotovoltaico aislado	-Determinar el nivel de irradiancia en el distrito de San Isidro -Determinar la cantidad de CO2 que se dejará de emitir. -Determinar la rentabilidad aplicando los indicadores económicos VAN y TIR.	MÉTODO El método de investigación es descriptivo-de investigación y acción. DISEÑO Diseño descriptivo - correlacional
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Especificas	Variable Dependiente	1. Energía requerida por un bus eléctrico 2. Cantidad de energía que recibe la electrolinera 3. Cantidad de buses eléctricos	-Determinar la potencia eléctrica que requiere un bus eléctrico -Determinar la potencia eléctrica total que requiere la electrolinera para abastecer de energía a los buses -Determinar la cantidad de buses eléctricos que se van a abastecer	NIVEL Nivel correlacional-aplicativo. TIPO El tipo de investigación es aplicada. POBLACIÓN Electrolineras del distrito de San Isidro MUESTRA Electrolineras del distrito de San Isidro
1. ¿Cómo el potencial energético solar contribuye a cubrir la demanda de energía de los buses eléctricos de la Municipalidad de San Isidro?	1. Determinar cómo el potencial energético solar contribuirá a cubrir la demanda de energía de los buses eléctricos de la Municipalidad de San Isidro.	1. El potencial energético solar contribuye a cubrir la demanda de energía de los buses eléctricos de la municipalidad de San Isidro.	Demanda de energía eléctrica de los buses eléctricos de la municipalidad de San Isidro			
2. ¿En qué medida se reduce la huella de carbono al implementar el sistema fotovoltaico en las electrolineras de la municipalidad de San Isidro?	2. Determinar en qué medida se reduce la huella de carbono al implementar el sistema fotovoltaico en las electrolineras de la municipalidad de San Isidro.	2. La huella de carbono se reduce al implementar el sistema fotovoltaico en las electrolineras de los buses eléctricos de la Municipalidad de San Isidro.				
3. ¿Es factible la rentabilidad de la instalación del sistema fotovoltaico en las electrolineras de la municipalidad de san Isidro?	3. Determinar si es factible la rentabilidad de la instalación del sistema fotovoltaico en las electrolineras para los buses eléctricos de la municipalidad de San Isidro.	3. Es rentable la instalación del sistema fotovoltaico aislado en las electrolineras para los buses eléctricos de la Municipalidad de San Isidro				

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 2. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS
ANEXO 2.1. TABLA DE RADIACIÓN SOLAR DEL DISTRITO DE SAN ISIDRO

Tabla 16.
Radiación solar en el distrito de San Isidro

Mes	Hora Solar Pico (HSP)	Cantidad de Radiación
Enero	6.09 HSP	Muy alta
Febrero	6.24 HSP	Muy alta
Marzo	6.27 HSP	Muy alta
Abril	6.07 HSP	Muy alta
Mayo	4.69 HSP	Medio - alta
Junio	3.22 HSP	Medio – baja
Julio	2.81 HSP	Baja
Agosto	3.18 HSP	Medio – baja
Setiembre	3.81 HSP	Medio – baja
Octubre	4.75 HSP	Medio - alta
Noviembre	5.30 HSP	Alta
Diciembre	5.54 HSP	Alta

Fuente: <https://ccee.mx>

ANEXO 2.2. RECIBO DE LUZ DE LA MUNICIPALIDAD DE SAN ISIDRO

DIR. COBRANZA: AUGUSTO TAMAYO 180 PS 5 SAN ISIDRO
MUNICIPALIDAD DE SAN ISIDRO
AUGUSTO TAMAYO 180
SAN ISIDRO - LIMA

RUC 20130534211 TELEFONO: 993170731
 Recibo Nro. S002-49020703 M - ENL-05678
 007955



N° SUMINISTRO	1703604
----------------------	----------------

DATOS DEL SUMINISTRO	DETALLE DE LOS IMPORTES FACTURADOS																																																																																								
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">Sucursal</td><td>MIRAFLORES</td><td style="width: 25%;">Conexión</td><td>Subterránea C5.4</td></tr> <tr> <td>Ruta</td><td>30-221-0821</td><td>Potencia</td><td>Contratada 800.00 KW</td></tr> <tr> <td>Tarifa</td><td>MT3</td><td>Facturación</td><td>Variable</td></tr> <tr> <td>Nivel Tensión</td><td>10 KV</td><td>Medidor</td><td>Trifásico</td></tr> <tr> <td>Sector Típico</td><td>1 (SE0133)</td><td></td><td>Electrónico 3 hilos</td></tr> </table>	Sucursal	MIRAFLORES	Conexión	Subterránea C5.4	Ruta	30-221-0821	Potencia	Contratada 800.00 KW	Tarifa	MT3	Facturación	Variable	Nivel Tensión	10 KV	Medidor	Trifásico	Sector Típico	1 (SE0133)		Electrónico 3 hilos	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 60%;">Descripción</th> <th style="width: 15%;">Precio Unitario</th> <th style="width: 15%;">Consumo</th> <th style="width: 10%;">Importe</th> </tr> <tr> <td>Cargo Fijo</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: right;">5.80</td> </tr> <tr> <td>Mant. y Reposición de Conexión</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: right;">31.22</td> </tr> <tr> <td>Consumo de Energía Hora Punta</td> <td style="text-align: right;">0.3570</td> <td style="text-align: right;">17129.20</td> <td style="text-align: right;">6,115.12</td> </tr> <tr> <td>Consumo de Energía Fuera Punta</td> <td style="text-align: right;">0.3034</td> <td style="text-align: right;">62059.00</td> <td style="text-align: right;">18,828.70</td> </tr> <tr> <td>Consumo de Energía Reactiva Capacitiva</td> <td style="text-align: right;">0.1098</td> <td style="text-align: right;">15663.60</td> <td style="text-align: right;">1,719.86</td> </tr> <tr> <td>Potencia Generación Fuera de Punta</td> <td style="text-align: right;">36.9768</td> <td style="text-align: right;">266.56</td> <td style="text-align: right;">9,856.54</td> </tr> <tr> <td>Potencia Distribución Fuera de Punta</td> <td style="text-align: right;">16.1771</td> <td style="text-align: right;">269.99</td> <td style="text-align: right;">4,367.66</td> </tr> <tr> <td>Alumbrado Público</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: right;">1,098.00</td> </tr> <tr> <td>I.G.V.</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: right;">7,564.12</td> </tr> <tr> <td>Electrificación Rural (Ley N° 28749)</td> <td style="text-align: right;">0.0099</td> <td style="text-align: right;">79188.20</td> <td style="text-align: right;">783.96</td> </tr> <tr> <td colspan="3">SUBTOTAL DEL MES</td> <td style="text-align: right;">50,370.98</td> </tr> <tr> <td colspan="3">TOTAL LUZ DEL SUR</td> <td style="text-align: right;">50,370.98</td> </tr> </table>	Descripción	Precio Unitario	Consumo	Importe	Cargo Fijo			5.80	Mant. y Reposición de Conexión			31.22	Consumo de Energía Hora Punta	0.3570	17129.20	6,115.12	Consumo de Energía Fuera Punta	0.3034	62059.00	18,828.70	Consumo de Energía Reactiva Capacitiva	0.1098	15663.60	1,719.86	Potencia Generación Fuera de Punta	36.9768	266.56	9,856.54	Potencia Distribución Fuera de Punta	16.1771	269.99	4,367.66	Alumbrado Público			1,098.00	I.G.V.			7,564.12	Electrificación Rural (Ley N° 28749)	0.0099	79188.20	783.96	SUBTOTAL DEL MES			50,370.98	TOTAL LUZ DEL SUR			50,370.98																
Sucursal	MIRAFLORES	Conexión	Subterránea C5.4																																																																																						
Ruta	30-221-0821	Potencia	Contratada 800.00 KW																																																																																						
Tarifa	MT3	Facturación	Variable																																																																																						
Nivel Tensión	10 KV	Medidor	Trifásico																																																																																						
Sector Típico	1 (SE0133)		Electrónico 3 hilos																																																																																						
Descripción	Precio Unitario	Consumo	Importe																																																																																						
Cargo Fijo			5.80																																																																																						
Mant. y Reposición de Conexión			31.22																																																																																						
Consumo de Energía Hora Punta	0.3570	17129.20	6,115.12																																																																																						
Consumo de Energía Fuera Punta	0.3034	62059.00	18,828.70																																																																																						
Consumo de Energía Reactiva Capacitiva	0.1098	15663.60	1,719.86																																																																																						
Potencia Generación Fuera de Punta	36.9768	266.56	9,856.54																																																																																						
Potencia Distribución Fuera de Punta	16.1771	269.99	4,367.66																																																																																						
Alumbrado Público			1,098.00																																																																																						
I.G.V.			7,564.12																																																																																						
Electrificación Rural (Ley N° 28749)	0.0099	79188.20	783.96																																																																																						
SUBTOTAL DEL MES			50,370.98																																																																																						
TOTAL LUZ DEL SUR			50,370.98																																																																																						
REGISTRO DE DEMANDA / CONSUMO Historia de Consumo <p style="font-size: 0.8em;">kWh 150305 120244 90183 60122 30061 0</p> <p style="font-size: 0.8em;">Nv Di En Fe Mr Ab My Jn Jl Ag Se Oc Nv 2023</p> <p style="font-size: 0.8em;">Importe 2 Últimos Meses Facturados Sep-23 S/ 44,442.26 Oct-23 S/ 46,907.77</p>																																																																																									
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Energía Activa (kWh)</th> <th style="text-align: center;">Horas Punta</th> <th style="text-align: center;">Fuera Punta</th> </tr> <tr> <td>Lectura Actual (25/11/2023)</td> <td></td> <td style="text-align: right;">11.060</td> <td style="text-align: right;">42.080</td> </tr> <tr> <td>Lectura Anterior (25/10/2023)</td> <td></td> <td style="text-align: right;">7.320</td> <td style="text-align: right;">28.530</td> </tr> <tr> <td>Diferencia entre lecturas</td> <td></td> <td style="text-align: right;">3.740</td> <td style="text-align: right;">13.550</td> </tr> <tr> <td>Factor de Medición</td> <td></td> <td style="text-align: right;">4580.0000</td> <td style="text-align: right;">4580.0000</td> </tr> <tr> <td>Consumo a facturar</td> <td></td> <td style="text-align: right;">17129.20</td> <td style="text-align: right;">62059.00</td> </tr> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Demanda (kW)</th> <th style="text-align: center;">Horas Punta</th> <th style="text-align: center;">Fuera Punta</th> </tr> <tr> <td>Lectura Actual (25/11/2023)</td> <td></td> <td style="text-align: right;">0.0582</td> <td style="text-align: right;">0.0552</td> </tr> <tr> <td>Lectura Anterior (25/10/2023)</td> <td></td> <td style="text-align: right;">0.0000</td> <td style="text-align: right;">0.0000</td> </tr> <tr> <td>Diferencia entre lecturas</td> <td></td> <td style="text-align: right;">0.0582</td> <td style="text-align: right;">0.0552</td> </tr> <tr> <td>Factor de Medición</td> <td></td> <td style="text-align: right;">4580.0000</td> <td style="text-align: right;">4580.0000</td> </tr> <tr> <td>Potencia Registrada</td> <td></td> <td style="text-align: right;">266.5600</td> <td style="text-align: right;">252.8200</td> </tr> <tr> <td>Calificación</td> <td></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">Fuera de Punta</td> </tr> <tr> <td>Factor de Calificación</td> <td></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">0.49</td> </tr> <tr> <td>N° Hora de punta</td> <td></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">130 horas</td> </tr> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Energía Reactiva (kVAR.h)</th> <th style="text-align: center;">Capacitiva</th> <th style="text-align: center;">Inductiva</th> </tr> <tr> <td>Lectura Actual (25/11/2023)</td> <td></td> <td style="text-align: right;">11.750</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Lectura Anterior (25/10/2023)</td> <td></td> <td style="text-align: right;">8.330</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Diferencia entre lecturas</td> <td></td> <td style="text-align: right;">3.420</td> <td style="text-align: center;">Med.Elec.</td> </tr> <tr> <td>Factor de Medición</td> <td></td> <td style="text-align: right;">4580.0000</td> <td style="text-align: right;">4580.0000</td> </tr> <tr> <td>Consumo Registrado</td> <td></td> <td style="text-align: right;">15663.60</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Consumo a facturar</td> <td></td> <td style="text-align: right;">15663.60</td> <td style="text-align: right;">0.00</td> </tr> </table>	Energía Activa (kWh)		Horas Punta	Fuera Punta	Lectura Actual (25/11/2023)		11.060	42.080	Lectura Anterior (25/10/2023)		7.320	28.530	Diferencia entre lecturas		3.740	13.550	Factor de Medición		4580.0000	4580.0000	Consumo a facturar		17129.20	62059.00	Demanda (kW)		Horas Punta	Fuera Punta	Lectura Actual (25/11/2023)		0.0582	0.0552	Lectura Anterior (25/10/2023)		0.0000	0.0000	Diferencia entre lecturas		0.0582	0.0552	Factor de Medición		4580.0000	4580.0000	Potencia Registrada		266.5600	252.8200	Calificación		Fuera de Punta		Factor de Calificación		0.49		N° Hora de punta		130 horas		Energía Reactiva (kVAR.h)		Capacitiva	Inductiva	Lectura Actual (25/11/2023)		11.750		Lectura Anterior (25/10/2023)		8.330		Diferencia entre lecturas		3.420	Med.Elec.	Factor de Medición		4580.0000	4580.0000	Consumo Registrado		15663.60		Consumo a facturar		15663.60	0.00	
Energía Activa (kWh)		Horas Punta	Fuera Punta																																																																																						
Lectura Actual (25/11/2023)		11.060	42.080																																																																																						
Lectura Anterior (25/10/2023)		7.320	28.530																																																																																						
Diferencia entre lecturas		3.740	13.550																																																																																						
Factor de Medición		4580.0000	4580.0000																																																																																						
Consumo a facturar		17129.20	62059.00																																																																																						
Demanda (kW)		Horas Punta	Fuera Punta																																																																																						
Lectura Actual (25/11/2023)		0.0582	0.0552																																																																																						
Lectura Anterior (25/10/2023)		0.0000	0.0000																																																																																						
Diferencia entre lecturas		0.0582	0.0552																																																																																						
Factor de Medición		4580.0000	4580.0000																																																																																						
Potencia Registrada		266.5600	252.8200																																																																																						
Calificación		Fuera de Punta																																																																																							
Factor de Calificación		0.49																																																																																							
N° Hora de punta		130 horas																																																																																							
Energía Reactiva (kVAR.h)		Capacitiva	Inductiva																																																																																						
Lectura Actual (25/11/2023)		11.750																																																																																							
Lectura Anterior (25/10/2023)		8.330																																																																																							
Diferencia entre lecturas		3.420	Med.Elec.																																																																																						
Factor de Medición		4580.0000	4580.0000																																																																																						
Consumo Registrado		15663.60																																																																																							
Consumo a facturar		15663.60	0.00																																																																																						
	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 60%;">TOTAL A PAGAR S/</td> <td style="text-align: right;">***50,371.00</td> </tr> <tr> <td>FECHA EMISIÓN</td> <td style="text-align: center;">FECHA VENCIMIENTO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">30-NOV-2023</td> <td style="text-align: center;">18-DIC-2023</td> </tr> </table>	TOTAL A PAGAR S/	***50,371.00	FECHA EMISIÓN	FECHA VENCIMIENTO	30-NOV-2023	18-DIC-2023																																																																																		
TOTAL A PAGAR S/	***50,371.00																																																																																								
FECHA EMISIÓN	FECHA VENCIMIENTO																																																																																								
30-NOV-2023	18-DIC-2023																																																																																								
MENSAJES AL CLIENTE CARGO EN EL BANCO DE CREDITO Estimado cliente, protege a tu familia contra el COVID 19 y llévala a los Centros de Vacunación por sus dosis de refuerzo.																																																																																									
El total a pagar incluye: Recargo por FOSE (Ley 27510) S/ 1,036.29																																																																																									

Secuencia 00218 Suministro 1703604 1 Vencimiento 18-DIC-2023 Cuenta 30-221-0821 Tarifa MT3 (25/11/2023) ***50,371.00 MIRAFLORES Total a Pagar ***50,371.00	S/ ***50,371.00	 17036041 11000005037100
---	------------------------	-----------------------------

LUZ DEL SUR

ANEXO 2.3. INFORME MENSUAL DE LOS TRABAJORES DE LAS ELECTROLINERAS

ENTREGABLE N° 02 – 2023 / JLEC

A: SUB GERENTE DE SALUD, BIENESTAR Y DEPORTES

DE: JOSÉ LUIS ESPINOZA CASTILLO
Conductor de Bus Eléctrico para Expreso San Isidro

ASUNTO: Presentación del entregable (OS N° 2023 - 04368)
Pago 2 de 2

FECHA: San Isidro, 27 de noviembre de 2023

Me dirijo a usted a fin de presentar mi informe de actividades en cumplimiento de la Orden de Servicio N° 2023 – 04368, por el **SERVICIO DE CONDUCTOR DE BUS PARA EXPRESO SAN ISIDRO**, para la Subgerencia de Salud, Bienestar y Deportes.

1. OBJETIVOS DEL SERVICIO

Brindar un óptimo servicio en el traslado a los vecinos y/o usuarios del Servicio Expreso San Isidro en cumplimiento de las actividades programadas por la Subgerencia de Salud, Bienestar y Deportes.

2. METAS PROPUESTAS PARA LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO

Ser reconocidos como el servicio más funcional y eficiente a nivel distrital.

3. ANÁLISIS

La Orden de Servicio N° 2023 – 04368 emitida por la Municipalidad de San Isidro, señala como descripción del servicio:

- a) Realizar mínimo 20 turnos en el manejo y/o recarga de buses eléctricos del Expreso San Isidro (Reporte de N° de usuarios trasladados y/o buses recargados por cada turno cumplido).
- b) Elaborar reporte de incidencias ocurridas durante la prestación del servicio.

Correspondiente al entregable 2 de 2: Realizar mínimo 10 turnos cumplidos en un plazo no mayor a 25 días calendarios contados a partir de notificada la orden de servicio.

4. ACTIVIDADES DESARROLLADAS

- Se realizó la carga de los buses eléctricos.
- Se cumplió en el horario dispuesto y establecido en el turno noche.
- Se cumplió con las medidas de seguridad dispuestas utilizando los conos de seguridad, aisladores de seguridad, así mismo armando un cerco de seguridad.
- Se verificó y supervisó la operativa de los buses en mención.

5. RESULTADOS OBTENIDOS

Se cumplió satisfactoriamente con el abastecimiento de los buses eléctricos Expreso San Isidro, en las fechas indicadas y señaladas en este reporte, sin novedad alguna.

RECARGA DE BUSES 02 DE NOVIEMBRE DEL 2023					
PLACA	RUTA	CARGA DE INICIO	CARGA FINAL	TIEMPO DE CARGA	KM
EAF-891	3-A	34%	99%	112 MINUTOS	71050
EAH-947	2-B	38%	99%	85 MINUTOS	30031
EAH-943	3-B	38%	99%	84 MINUTOS	37839
EAF-904	2-A	41%	99%	78 MINUTOS	60573
EAH-942	1-B	38%	99%	85 MINUTOS	36332
EAF-899	1-A	38%	99%	85 MINUTOS	71899
				529 MINUTOS	

RECARGA DE BUSES 03 DE NOVIEMBRE DEL 2023					
PLACA	RUTA	CARGA DE INICIO	CARGA FINAL	TIEMPO DE CARGA	KM
EAF-899	1-A	40%	99%	75 MINUTOS	72048
EAH-943	3-B	36%	99%	89 MINUTOS	38013
EAF-904	2-A	37%	99%	95 MINUTOS	60740
EAH-942	1-B	41%	99%	105 MINUTOS	36567
EAH-947	2-B	36%	99%	90 MINUTOS	30447
EAF-891	3-A	36%	99%	94 MINUTOS	71231
				548 MINUTOS	

RECARGA DE BUSES 04 DE NOVIEMBRE DEL 2023						
PLACA	RUTA	CARGA DE INICIO	CARGA FINAL	TIEMPO DE CARGA	KM	
EAF-891	3-A	49%	99%	80 MINUTOS	71354	
EAH-943	3-B	47%	99%	78 MINUTOS	38171	
EAH-947	2-B	45%	99%	80 MINUTOS	30564	
EAH-942	1-B	50%	99%	60 MINUTOS	35715	
EAF-904	2-A	48%	99%	65 MINUTOS	60898	
EAF-899	1-A	MANTENIMIENTO				
				363 MINUTOS		

Atentamente: JOSÉ LUIS ESPINOZA CASTILLO
 (CONDUCTOR Y/O OPERADOR DE CARGA DE BUSES ELÉCTRICOS)

RECARGA DE BUSES 09 DE NOVIEMBRE DEL 2023					
PLACA	RUTA	CARGA DE INICIO	CARGA FINAL	TIEMPO DE CARGA	KM
EAF-899	1-A	38%	99%	85 MINUTOS	72600
EAH-942	1-B	36%	99%	90 MINUTOS	36102
EAF-904	2-A	42%	99%	70 MINUTOS	61403
EAH-943	3-B	36%	99%	80 MINUTOS	38824
EAF-891	3-A	40%	99%	84 MINUTOS	71755
EAH-947	2-B	38%	99%	85 MINUTOS	31017
				494 MINUTOS	

RECARGA DE BUSES 10 DE NOVIEMBRE DEL 2023					
PLACA	RUTA	CARGA DE INICIO	CARGA FINAL	TIEMPO DE CARGA	KM
EAF-899	1-A	40%	99%	49 MINUTOS	72837
EAF-904	2-A	32%	99%	80 MINUTOS	61578
EAF-891	3-A	30%	99%	66 MINUTOS	71895
EAH-943	3-B	39%	99%	78 MINUTOS	38992
EAH-942	1-B	38%	99%	80 MINUTOS	36320
EAH-947	2-B	41%	99%	112 MINUTOS	31199
				465 MINUTOS	

RECARGA DE BUSES 11 DE NOVIEMBRE DEL 2023						
PLACA	RUTA	CARGA DE INICIO	CARGA FINAL	TIEMPO DE CARGA	KM	
EAF-904	2-A	48%	99%	78 MINUTOS	61735	
EAF-891	3-A	47%	99%	65 MINUTOS	72016	
EAH-947	2-B	38%	99%	85 MINUTOS	313106	
EAH-942	1-B	51%	99%	65 MINUTOS	36456	
EAH-943	3-B	46%	99%	69 MINUTOS	39146	
EAF-899	1-A	MANTENIMIENTO				
				362 MINUTOS		

Atentamente: JOSÉ LUIS ESPINOZA CASTILLO
 (CONDUCTOR Y/O OPERADOR DE CARGA DE BUSES ELÉCTRICOS)



EVIDENCIA FOTOGRÁFICA
JOSÉ LUIS ESPINOZA CASTILLO
CONDUCTOR Y/O OPERADOR DE CARGA DE BUSES

ENTREGABLE 2023 – RNSC-SGSBD

A: **DRA. PATRICIA ELIZABETH AZAÑA TORREBLANCA**
Subgerente de Salud, Bienestar y Deportes

DE: **RAFAEL NELSON SOCUALAYA CAMPOS**
Piloto de Buses Eléctricos del servicio Expreso San Isidro

ASUNTO: **Presentación del entregable (OS N° 2023 - 02038)**
Pago 1 de 2

FECHA: **San Isidro, 12 de junio del 2023**

Me dirijo a usted a fin de presentar mi informe de actividades en cumplimiento de la Orden de Servicio N° 2023 – 02038, por el **SERVICIO DE CONDUCTOR DE BUS PARA EXPRESO SAN ISIDRO**, para la Subgerencia de Salud, Bienestar y Deportes.

1. OBJETIVOS DEL SERVICIO

Brindar un óptimo servicio en el traslado a los vecinos y/o usuarios del Servicio Expreso San Isidro en cumplimiento de las actividades programadas por la Subgerencia de Salud, Bienestar y Deportes.

2. METAS PROPUESTAS PARA LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO

Ser reconocidos como el servicio más funcional y eficiente a nivel distrital.

3. ANÁLISIS

La Orden de Servicio N° 2023 – 02038 emitida por la Municipalidad de San Isidro, señala como descripción del servicio:

- a) Realizar mínimo 24 turnos en el manejo y/o recarga de buses eléctricos del Expreso San Isidro (Reporte de N° de usuarios trasladados y/o buses recargados por cada turno realizado).
- b) Elaborar reporte de incidencias ocurridas durante la prestación del servicio. Correspondiente al entregable 1: Realizar mínimo 12 turnos cumplidos en un plazo no mayor a 30 días calendario, contado a partir de notificada la orden de servicio.

4. ACTIVIDADES DESARROLLADAS

- Se realizó la carga de los buses eléctricos.
- Se cumplió en el horario dispuesto y establecido en el turno noche.
- Se cumplió con las medidas de seguridad dispuestas utilizando los conos de seguridad, aisladores de seguridad, así mismo armando un cerco de seguridad.
- Se verificó y supervisó la operativa de los buses en mención.

5. RESULTADOS OBTENIDOS

Se cumplió satisfactoriamente con el abastecimiento de los buses eléctricos Expreso San Isidro, en las fechas indicadas y señaladas en este reporte, sin novedad alguna.

RECARGA DE BUSES 18 DE MAYO DEL 2023					
PLACA:	RUTA	CARGA DE INICIO	CARGA FINAL	TIEMPO DE CARGA	KM
EAH-942	1-B	44%	99%	73 MINUTOS	17138
EAF-891	3-A	40%	96%	120 MINUTOS	53637
EAF-899	1-A	44%	99%	111 MINUTOS	52736
EAF-904	2-A	56%	99%	65 MINUTOS	43637
EAH-947	2-B	46%	99%	84 MINUTOS	14174
				252 MINUTOS	

RECARGA DE BUSES 19 DE MAYO DEL 2023					
PLACA:	RUTA	CARGA DE INICIO	CARGA FINAL	TIEMPO DE CARGA	KWH
EAF-899	1-A	51%	99%	96 MINUTOS	52869
EAH-942	1-B	41%	99%	77 MINUTOS	17281
EAF-904	2-A	54%	99%	88 MINUTOS	43768
EAF-891	3-A	46%	99%	68 MINUTOS	53806
				238 MINUTOS	

RECARGA DE BUSES 20 DE MAYO DEL 2023					
PLACA:	RUTA	CARGA DE INICIO	CARGA FINAL	TIEMPO DE CARGA	KM
EAH-942	1-B	50%	99%	95 MINUTOS	17413
EAF-899	1-A	53%	99%	60 MINUTOS	53022
EAF-891	3-A	53%	99%	93 MINUTOS	53962
EAH-947	2-B	53%	99%	70 MINUTOS	14409
				282 MINUTOS	

RECARGA DE BUSES 22 DE MAYO DEL 2023					
PLACA:	RUTA	CARGA DE INICIO	CARGA FINAL	TIEMPO DE CARGA	KM
EAH-942	1-B	42%	99%	115 MINUTOS	17561
EAF-899	1-A	45%	99%	110 MINUTOS	53182
EAF-891	3-A	43%	99%	116 MINUTOS	
EAH-943	3-B	75%	99%	35 MINUTOS	17615
EAH-947	2-B	51%	99%	73 MINUTOS	14513
				325 MINUTOS	

ATENTAMENTE: **RAFAEL NELSON SOCUALAYA CAMPOS**
CONDUCTOR Y/O OPERADOR DE CARGA DE BUSES



RAFAEL NELSON SOCUALAYA CAMPOS
CONDUCTOR Y/O OPERADOR DE CARGA DE BUSES

ANEXO 2.4. CATÁLOGO DE CONDUCTOR NH - 90

FREETOX NH-90 450/750 V desde 10 mm²

Características eléctricas	
Tensión nominal de servicio Uo/U (Um)	450 / 750 V
Rigidez dieléctrica	2.5 kV
Tiempo Rigidez Dielectrica Vca al aislamiento	5 min.
Características de uso	
Toxicidad de los gases	Cero Toxicidad IEC 60684-2
Corrosividad de los gases	Cero Corrosividad IEC 60754-2
Densidad de los humos	Nula Emisión de Humos - IEC 61034-2
No propagación de la llama	IEC 60332-1-2; FT1
No propagador del incendio	IEC 60332-3-24 Cat.C
Marcación secuencial	Doble marcación del metraje secuencial METRIUM
Temperatura mínima operación	-40 °C
Temperatura máxima operación	90 °C
Temperatura de sobrecarga de emergencia	100 °C
Temperatura máxima del conductor en corto-circuito	160 °C

DATOS ELECTRICOS

Sección [mm ²]	Max. DC Resist. Cond. 20°C [Ohm/km]	Capac. Corriente ducto 30°C [A]	Capacitancia Nominal [pF/m]
10	1.83	62	989.0
16	1.15	78	1182.0
25	0.727	106	1240.0
35	0.524	133	1420.0
50	0.387	164	1421.0
70	0.268	200	1668.0
95	0.193	241	1676.0
120	0.153	278	1887.0

CONDICIONES DE CÁLCULO DE CORRIENTE B.T.; NH-90

CONDICIONES DE CALCULO DE CORRIENTE

Calculo de la capacidad de corriente en base a la NTC2050 tabla 310-16 y CNE Tabla 2.

Temperatura máxima del conductor : 90°C.

Temperatura ambiente : 30°C.



Libre de halógenos
IEC 60754-1



Flexibilidad del conductor
Clase 2 IEC 60228



Tensión nominal de servicio Uo/U (Um)
450 / 750 V



Toxicidad de los gases
Cero Toxicidad
IEC 60684-2



Corrosividad de los gases
Cero Corrosividad
IEC 60754-2



Densidad de los humos
Nula Emisión de Humos - IEC
61034-2



No propagación de la llama
IEC 60332-1-2; FT1



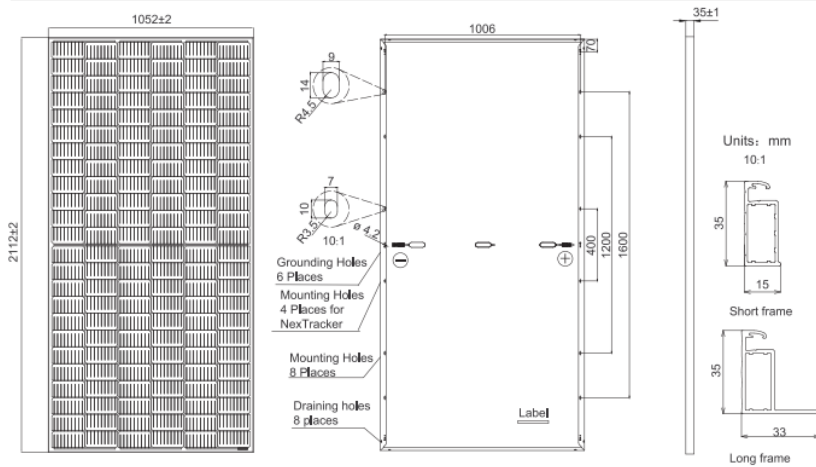
No propagador del incendio
IEC 60332-3-24
Cat.C

Todos los dibujos, diseños, especificaciones, planos y detalles sobre pesos, dimensiones, etc. contenidos en la documentación técnica o comercial de Nexans son puramente indicativos, y no serán contractuales para Nexans, ni podrán ser consideradas como que constituyen una representación de la parte de Nexans.

Versión 1.0 Generado 6/11/23 www.nexans.pe Página 4 / 4

ANEXO 2.5. CATÁLOGO DE PANEL FOTOVOLTAICO

MECHANICAL DIAGRAMS



Remark: customized frame color and cable length available upon request

SPECIFICATIONS

Cell	Mono
Weight	24.5kg
Dimensions	2112±2mm×1052±2mm×35±1mm
Cable Cross Section Size	4mm ² (IEC) , 12 AWG(UL)
No. of cells	144 (6×24)
Junction Box	IP68, 3 diodes
Connector	MC4-EVO2/ QC 4.10-35
Cable Length (Including Connector)	Portrait: 300mm(+)/400mm(-); Landscape: 1200mm(+)/1200mm(-)
Packaging Configuration	31pcs/pallet 682pcs/40ft Container

ELECTRICAL PARAMETERS AT STC

TYPE	JAM72S20 -445/MR	JAM72S20 -450/MR	JAM72S20 -455/MR	JAM72S20 -460/MR	JAM72S20 -465/MR	JAM72S20 -470/MR
Rated Maximum Power(Pmax) [W]	445	450	455	460	465	470
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	49.56	49.70	49.85	50.01	50.15	50.31
Maximum Power Voltage(Vmp) [V]	41.21	41.52	41.82	42.13	42.43	42.69
Short Circuit Current(Isc) [A]	11,32	11,36	11,41	11,45	11,49	11,53
Maximum Power Current(Imp) [A]	10,80	10,84	10,88	10,92	10,96	11,01
Module Efficiency [%]	20,0	20,3	20,5	20,7	20,9	21,2
Power Tolerance	0~+5W					
Temperature Coefficient of Isc(α _{Isc})	+0.044%/°C					
Temperature Coefficient of Voc(β _{Voc})	-0.272%/°C					
Temperature Coefficient of Pmax(γ _{Pmp})	-0.350%/°C					
STC	Irradiance 1000W/m ² , cell temperature 25°C, AM1.5G					

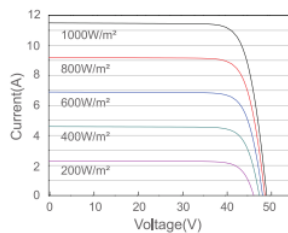
Remark: Electrical data in this catalog do not refer to a single module and they are not part of the offer. They only serve for comparison among different module types.

ELECTRICAL PARAMETERS AT NOCT

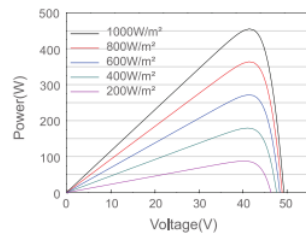
TYPE	JAM72S20 -445/MR	JAM72S20 -450/MR	JAM72S20 -455/MR	JAM72S20 -460/MR	JAM72S20 -465/MR	JAM72S20 -470/MR	OPERATING CONDITIONS
Rated Max Power(Pmax) [W]	336	340	344	348	352	355	Maximum System Voltage 1000V/1500V DC
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	46,65	46,90	47,15	47,38	47,61	47,84	Operating Temperature -40°C ~+85°C
Max Power Voltage(Vmp) [V]	38,95	39,19	39,44	39,68	39,90	40,10	Maximum Series Fuse Rating 20A
Short Circuit Current(Isc) [A]	9,20	9,25	9,29	9,33	9,38	9,42	Maximum Static Load,Front* 5400Pa(112 lb/ft ²) Maximum Static Load,Back* 2400Pa(50 lb/ft ²)
Max Power Current(Imp) [A]	8,64	8,68	8,72	8,76	8,81	8,86	NOCT 45±2°C
NOCT	Irradiance 800W/m ² , ambient temperature 20°C, wind speed 1m/s, AM1.5G						Safety Class Class II
*For NexTracker installations ,Maximum Static Load, Front is 1800Pa while Maximum Static Load, Back is 1800Pa.							Fire Performance UL Type 1

CHARACTERISTICS

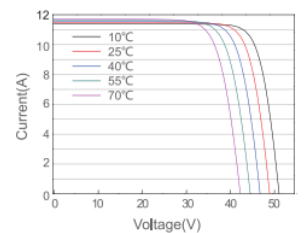
Current-Voltage Curve JAM72S20-455/MR



Power-Voltage Curve JAM72S20-455/MR



Current-Voltage Curve JAM72S20-455/MR



ANEXO 2.6. CATÁLOGO DE INVERSOR FOTOVOLTAICO

Inversor Phoenix	C12/1200 C24/1200	C12/1600 C24/1600	C12/2000 C24/2000	12/3000 24/3000 48/3000	24/5000 48/5000
Funcionamiento en paralelo y en trifásico	Sí				
INVERSOR					
Rango de tensión de entrada (V DC)	9,5 – 17V 19 – 33V 38 – 66V				
Salida	Salida: 230V ± 2% / 50/60Hz ± 0,1% (1)				
Potencia cont. de salida 25°C (VA) (2)	1200	1600	2000	3000	5000
Potencia cont. de salida 25°C (W)	1000	1300	1600	2400	4000
Potencia cont. de salida 40°C (W)	900	1200	1450	2200	3700
Potencia cont. de salida 65°C (W)	600	800	1000	1700	3000
Pico de potencia (W)	2400	3000	4000	6000	10000
Eficacia máx. 12/ 24 /48 V (%)	92 / 94 / 94	92 / 94 / 94	92 / 92	93 / 94 / 95	94 / 95
Consumo en vacío 12 / 24 / 48 V (W)	8 / 10 / 12	8 / 10 / 12	9 / 11	20 / 20 / 25	30 / 35
Consumo en vacío en modo AES (W)	5 / 8 / 10	5 / 8 / 10	7 / 9	15 / 15 / 20	25 / 30
Consumo en vacío modo Search (W)	2 / 3 / 4	2 / 3 / 4	3 / 4	8 / 10 / 12	10 / 15
GENERAL					
Relé programable (3)	Sí				
Protección (4)	a – g				
Puerto de comunicación VE.Bus	Para funcionamiento paralelo y trifásico, supervisión remota e integración del sistema				
On/Off remoto	Sí				
Características comunes	Temperatura de funcionamiento: -40 a +65°C (refrigerado por ventilador) Humedad (sin condensación): Máx. 95%				
CARCASA					
Características comunes	Material y color: aluminio (azul RAL 5012) Tipo de protección: IP 21				
Conexiones de la batería	cables de batería de 1,5 metros se incluye	Pernos M8		2+2 Pernos M8	
Conexiones 230 V CA	Enchufe G-ST18i	Abrazadera-resorte		Bornes atornillados	
Peso (kg)	10	12		18	30
Dimensiones (al x an x p en mm.)	375x214x110	520x255x125		362x258x218	444x328x240
NORMATIVAS					
Seguridad	EN 60335-1				
Emisiones / Inmunidad	EN 55014-1 / EN 55014-2				
Directiva de automoción	2004/104/EC	2004/104/EC		2004/104/EC	
1) Puede ajustarse a 60 Hz, y a 240 V. 2) Carga no lineal, factor de cresta 3:1 3) Relé programable que puede configurarse en alarma general, subtensión de CD o como señal de arranque de un generador (es necesario el interfaz MK2 y el software VEConfigure) Capacidad nominal CA 230V / 4A Capacidad nominal CC 4 A hasta 35VDC, 1 A hasta 60VDC	4) Protección: a) Cortocircuito de salida b) Sobrecarga c) Tensión de la batería demasiado alta d) Tensión de la batería demasiado baja e) Temperatura demasiado alta f) 230 V CA en la salida del inversor g) Ondulación de la tensión de entrada demasiado alta				

ANEXO 2.7. CATÁLOGO DE REGULADOR FOTOVOLTAICO

Controladores de carga MPPT 150/70 y 150/85

www.victronenergy.com



Controladores de carga solar
MPPT 150/70 y 150/85

Tensión FV hasta 150 V

Los controladores de carga BlueSolar MPPT 150/70 y 150/85 pueden cargar una batería de tensión nominal inferior a partir de unas placas FV de tensión nominal superior.

El controlador se ajustará automáticamente a la tensión nominal de la batería de 12, 24, 36, ó 48 V.

Seguimiento ultrarrápido del Punto de Máxima Potencia (MPPT, por sus siglas en Inglés).

Especialmente con cielos nublados, cuando la intensidad de la luz cambia continuamente, un controlador MPPT ultrarrápido mejorará 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

La eficiencia máxima excede el 98%. Corriente de salida completa hasta los 40°C (104°F).

Algoritmo de carga flexible

Varios algoritmos preconfigurados. Un algoritmo programable por el usuario. Ecuilibración manual o automática.

Sensor de temperatura de la batería. Sonda de tensión de la batería opcional.

Relé auxiliar programable

Para disparar una alarma o arrancar el generador

Amplia protección electrónica

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

Protección de cortocircuito y polaridad inversa en los paneles FV.

Protección de corriente inversa.

CAN bus

Para conectar en paralelo 25 unidades, conectar a un panel ColorControl o a una red CAN Bus

Controlador de carga BlueSolar	MPPT 150/70	MPPT 150/85
Tensión nominal de la batería	12 / 24 / 36 / 48V Selección Automática	
Corriente de carga nominal	70A @ 40 °C (104 °F)	85A @ 40 °C (104 °F)
Potencia máxima de entrada de los paneles solares 1)	12V: 1000W /24V: 2000W /36V: 3000W /48V: 4000W	12V: 1200W /24V: 2400W /36V: 3600W /48V: 4800W
Tensión máxima del circuito abierto FV	150 V máximo absoluto en las condiciones más frías 145 V en arranque y funcionando al máximo	
Tensión mínima FV	Tensión de la batería más 7 V para arranque	Tensión de la batería más 2 V operativos
Consumo en espera	12V: 0,55W /24V: 0,75W /36V: 0,90W /48V: 1,00W	
Eficacia a plena carga	12V: 95% / 24V: 96,5% / 36V: 97% / 48V: 97,5%	
Carga de absorción	14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6V	
Carga de flotación	13,7 / 27,4 / 41,1 / 54,8V	
Carga de ecuilibrio	15,0 / 30,0 / 45 / 60V	
Sensor de temperatura remoto de la batería	SI	
Ajuste de la compensación de temperatura por defecto	-2,7mV/°C por celda de batería de 2V	
Interruptor on/off remoto	SI	
Relé programable	DPST Capacidad nominal CA 240 V CA/4 A	Capacidad nominal CC: 4 A hasta 35 V CC, 1 A hasta 60 V CC
Puerto de comunicaciones	VE.Can: dos conectores RJ45 en paralelo, protocolo NMEA2000	
Funcionamiento en paralelo	SI, a través de VE.Can Máx. 25 unidades en paralelo	
Temperatura de trabajo	-40 °C a 60 °C con reducción de corriente de salida por encima de 40 °C	
Refrigeración	asistida por ventilador silencioso	
Humedad (sin condensación)	Max. 95%	
Tamaño de los terminales	35mm ² / AWG2	
Material y color	Aluminio, azul RAL 5012	
Clase de protección	IP20	
Peso	4,2 kg	
Dimensiones (al x an x p)	350 x 160 x 135 mm	
Montaje	Montaje vertical de pared	solo interiores
Seguridad	EN/IEC 62109-1	
EMC	EN61000-6-1, EN61000-6-3	

1) Si se conectara más potencia solar, el controlador limitará la potencia de entrada al máximo estipulado

ANEXO 2.8. CATÁLOGOS DE BATERÍAS FOTOVOLTAICAS

Uzs600-6

6V 600AH

Ultracell®
'Quality in Every Language'

Uzs600-6



Physical Specification

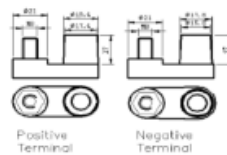
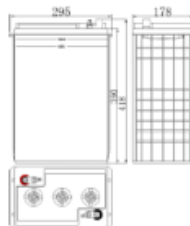
Part Number	Uzs600-6
Length	295 ± 2 mm
Width	178 ± 2 mm
Container Height	405 ± 2 mm
Total Height (with terminal)	408 ± 2 mm
Without Electrolyte	34.5 kg
With Electrolyte	52.0 kg

Specifications

	Nominal Voltage	6V	
	Nominal Capacity (120HR)	600AH	
Terminal Type	Standard Terminal	F22	
Container Material	Standard Option	ABS	
Rated Capacity	120hr, 1.80V/cell, 25°C	600.0 AH/ 5.00A	
	100hr, 1.80V/cell, 25°C	550.0 AH/ 5.50A	
	10hr, 1.80V/cell, 25°C	360.0 AH/ 36.0A	
	5hr, 1.75V/cell, 25°C	324.0 AH/ 64.8A	
	1hr, 1.60V/cell, 25°C	202.0 AH/ 202A	
Max Discharge Current	1300A (5s)		
Internal Resistance	Approx 2.5m Ω		
Discharge Characteristics	Operating Temp. Range	Discharge: -15°C~50°C(5°F~122°F) Charge: -10°C~50°C(14°F~122°F) Storage: -20°C~50°C(-4°F~122°F)	
	Nominal Operating Temp. Range	25±3°C	
	Float Charging Voltage (25°C)	6.60 ~ 6.72V at 25°C Temp. Coefficient -18mV/°C	
	Cycle Charging Voltage (25°C)	7.05 ~ 7.20V at 25°C Temp. Coefficient -30mV/°C	
	Capacity affect by Temperature (10HR)	40°C	102%
		25°C	100%
		0°C	85%
-15°C		65%	
Design Floating Life at 20°C	20 Years		
Self Discharge	Ultracell batteries may be stored for up to 6 months at 25°C(77°F) and then a refresh charge is required. For higher temperatures the time interval will be shorter.		

Dimensions

■ F22 Terminal



Positive Terminal

Negative Terminal

ANEXO 2.9. PARÁMETROS DEL BUS ELÉCTRICO

APARIENCIA, PARÁMETRO SKEYWELL NJL6859BEV



**Capacidad de la batería: 161,28
kwh, paquete SKYSOURCE**



Dimensión global:	8545×2440×3035 (mm)	Delantero trasero sobresalir	1890/2335mm
GVW:	8550Kg	Distancia entre ejes:	4320(mm)
Pasajero clasificado:	60 personas	Tipo de neumático:	255/70R22.5
Aproximación / salida ángulo:	9°/8°	Número de eje:	2

ANEXO 3. FORMATOS DE JUICIO DE EXPERTOS FIRMADOS

SOLICITO: Visado y llenado del Formato de validación de expertos.

Ingeniero: **PINTO DIAZ OSCAR SAÚL**

Yo, **JOEL AUCCASI REZA**, tesista de la carrera de **INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA** de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur identificado con **DNI N° 76700160**, me dirijo a usted respetuosamente para expresarle lo siguiente:

Que siendo necesario contar con el visado del contenido de la tesis en el marco de la problemática, objetivos, metodología y los instrumentos de recolección de datos que me permitan contrastar las hipótesis propuestas en mi tesis titulada: **"DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO PARA SUMINISTRO DE ENERGÍA DE ELECTROLINERAS PARA BUSES ELÉCTRICOS - MUNICIPALIDAD DE SAN ISIDRO"**.

Solicito a usted tenga a bien validar como juez experto en el tema, para ello acompaño los documentos siguientes:

- Formato de validación de expertos
- Matriz de consistencia
- Operacionalización de las variables
- Instrumentos de recolección de datos

Le agradezco anticipadamente por la atención a la presente solicitud.

Lima, 09 de enero del 2024.



Joel Auccasi Reza
DNI N° 76700160



Oscar Saúl Pinto Díaz
INGENIERO MECÁNICO
CIP. 106665
Recibí

FORMATO DE VALIDACIÓN DE EXPERTOS

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO PARA SUMINISTRO DE ENERGÍA DE ELECTROLINERAS PARA BUSES ELÉCTRICOS - MUNICIPALIDAD DE SAN ISIDRO

JUICIO DE EXPERTO

1. La opinión que usted brinde es personal y sincera.
2. Marque con un aspa "X" dentro del Cuadro de valoración, solo una vez por cada criterio, el que usted considere su opinión sobre el cuestionario.

1: Muy Malo / 2: Malo / 3: Regular / 4: Bueno / 5: Muy Bueno

N°	CRITERIOS	VALORACIÓN				
		1	2	3	4	5
1	Claridad: Está redactado con un lenguaje apropiado y comprensible					X
2	Objetividad: Permite medir hechos observables					X
3	Actualidad: Adecuado al avance de la ciencia y la tecnología					X
4	Organización: Presentación ordenada.				X	
5	Suficiencia: Valora las dimensiones en cantidad y calidad					X
6	Pertinencia: Permite conseguir datos de acuerdo a objetivos					X
7	Consistencia: Permite conseguir datos basados en modelos teóricos					X
8	Coherencia: Hay coherencia entre variables, indicadores e ítems					X
9	Metodología: La estrategia responde al propósito de la investigación				X	
10	Aplicación: Los datos permiten una estimación cercana a la realidad.					X
11	Intencionalidad: Adecuado para cumplir con los objetivos trazados					X

- Apellidos y Nombres del Juez Experto: Pinto Díaz Oscar Saúl
- DNI / Colegiatura: 04742452 / 106665
- Especialidad de Juez Experto: Ingeniero Mecánico
- Grado Juez Experto: Ingeniero especialista en energía renovable
- Fecha: 09 de enero del 2024.


Oscar Saúl Pinto Díaz
 INGENIERO MECANICO
 CIP. 106665

Firma de Juez Experto

SOLICITO: Visado y llenado del Formato
de validación de expertos.

Ingeniero: **SANCHEZ AYTE JORGE AUGUSTO**

Yo, **JOEL AUCCASI REZA**, tesista de la carrera de **INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA** de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur identificado con **DNI N° 76700160**, me dirijo a usted respetuosamente para expresarle lo siguiente:

Que siendo necesario contar con el visado del contenido de la tesis en el marco de la problemática, objetivos, metodología y los instrumentos de recolección de datos que me permitan contrastar las hipótesis propuestas en mi tesis titulada: **“DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO PARA SUMINISTRO DE ENERGÍA DE ELECTROLINERAS PARA BUSES ELÉCTRICOS - MUNICIPALIDAD DE SAN ISIDRO”**.

Solicito a usted tenga a bien validar como juez experto en el tema, para ello acompaño los documentos siguientes:

- Formato de validación de expertos
- Matriz de consistencia
- Operacionalización de las variables
- Instrumentos de recolección de datos

Le agradezco anticipadamente por la atención a la presente solicitud.

Lima, 20 de enero del 2024.



Joel Auccasi Reza

DNI N° 76700160



JORGE AUGUSTO
SANCHEZ AYTE
INGENIERO MECÁNICO
Reg. CIP N° 110115.5
RECIBI

FORMATO DE VALIDACIÓN DE EXPERTOS

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO PARA SUMINISTRO DE ENERGÍA DE ELECTROLINERAS PARA BUSES ELÉCTRICOS - MUNICIPALIDAD DE SAN ISIDRO


JUICIO DE EXPERTO

1. La opinión que usted brinde es personal y sincera.
2. Marque con un aspa "X" dentro del Cuadro de valoración, solo una vez por cada criterio, el que usted considere su opinión sobre el cuestionario.

1: Muy Malo / 2: Malo / 3: Regular / 4: Bueno / 5: Muy Bueno

N°	CRITERIOS	VALORACIÓN				
		1	2	3	4	5
1	Claridad: Está redactado con un lenguaje apropiado y comprensible					X
2	Objetividad: Permite medir hechos observables					X
3	Actualidad: Adecuado al avance de la ciencia y la tecnología				X	
4	Organización: Presentación ordenada.					X
5	Suficiencia: Valora las dimensiones en cantidad y calidad				X	
6	Pertinencia: Permite conseguir datos de acuerdo a objetivos					X
7	Consistencia: Permite conseguir datos basados en modelos teóricos				X	
8	Coherencia: Hay coherencia entre variables, indicadores e ítems				X	
9	Metodología: La estrategia responde al propósito de la investigación				X	
10	Aplicación: Los datos permiten una estimación cercana a la realidad.					X
11	Intencionalidad: Adecuado para cumplir con los objetivos trazados					X

- Apellidos y Nombres del Juez Experto: SANCHEZ AYTE, JORGE AUGUSTO
- DNI / Colegiatura: 40932717 / 1 110166
- Especialidad de Juez Experto: INGENIERO MECÁNICO
- Grado Juez Experto: MAGISTER
- Fecha: 09 de enero del 2024.


Firma de Juez Experto
 JORGE AUGUSTO
 SANCHEZ AYTE
 INGENIERO MECÁNICO
 CIP N° 110166

SOLICITO: Visado y llenado del Formato
de validación de expertos.

Ingeniero: **ASTUDILLO GARCÍA JUAN DANIEL**

Yo, **JOEL AUCCASI REZA**, tesista de la carrera de **INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA** de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur identificado con **DNI N° 76700160**, me dirijo a usted respetuosamente para expresarle lo siguiente:

Que siendo necesario contar con el visado del contenido de la tesis en el marco de la problemática, objetivos, metodología y los instrumentos de recolección de datos que me permitan contrastar las hipótesis propuestas en mi tesis titulada: **“DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO PARA SUMINISTRO DE ENERGÍA DE ELECTROLINERAS PARA BUSES ELÉCTRICOS - MUNICIPALIDAD DE SAN ISIDRO”**.

Solicito a usted tenga a bien validar como juez experto en el tema, para ello acompaño los documentos siguientes:

- Formato de validación de expertos
- Matriz de consistencia
- Operacionalización de las variables
- Instrumentos de recolección de datos

Le agradezco anticipadamente por la atención a la presente solicitud.

Lima, 18 de enero del 2024.



Joel Auccasi Reza
DNI N° 76700160



**JUAN DANIEL
ASTUDILLO GARCIA**
Ingeniero Electricista
CIP N° 286918

Recibí

FORMATO DE VALIDACIÓN DE EXPERTOS

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO PARA SUMINISTRO DE ENERGÍA DE ELECTROLINERAS PARA BUSES ELÉCTRICOS - MUNICIPALIDAD DE SAN ISIDRO

JUICIO DE EXPERTO

1. La opinión que usted brinde es personal y sincera.
2. Marque con un aspa "X" dentro del Cuadro de valoración, solo una vez por cada criterio, el que usted considere su opinión sobre el cuestionario.

1: Muy Malo / 2: Malo / 3: Regular / 4: Bueno / 5: Muy Bueno

N°	CRITERIOS	VALORACIÓN				
		1	2	3	4	5
1	Claridad: Está redactado con un lenguaje apropiado y comprensible					X
2	Objetividad: Permite medir hechos observables					X
3	Actualidad: Adecuado al avance de la ciencia y la tecnología				X	
4	Organización: Presentación ordenada.				X	
5	Suficiencia: Valora las dimensiones en cantidad y calidad					X
6	Pertinencia: Permite conseguir datos de acuerdo a objetivos				X	
7	Consistencia: Permite conseguir datos basados en modelos teóricos					X
8	Coherencia: Hay coherencia entre variables, indicadores e ítems				X	
9	Metodología: La estrategia responde al propósito de la investigación					X
10	Aplicación: Los datos permiten una estimación cercana a la realidad.					X
11	Intencionalidad: Adecuado para cumplir con los objetivos trazados					X

- Apellidos y Nombres del Juez Experto: Astudillo Garcia Juan Daniel
- DNI / Colegiatura: 45839933 / 266918
- Especialidad de Juez Experto: Jug. Electricista, especialidad en Energética.
- Grado Juez Experto: Jug. Electricista
- Fecha: 09 de enero del 2024.



JUAN DANIEL
ASTUDILLO GARCIA
 Ingeniero Electricista
 CIP N° 266918

Firma de Juez Experto

ANEXO 4. GLOSARIO DE TÉRMINOS

- **CNE:** El código nacional de electricidad (CNE) es un conjunto de reglas que rigen a nivel nacional en todo el ámbito eléctrico, su función es de brindar estas reglas para que los ciudadanos estemos protegidos ante la energía eléctrica.
- **Carga:** Se refiere a todo dispositivo eléctrico o electrónico que requiere energía eléctrica para su funcionamiento.
- **Consumo eléctrico:** Es el número de Watts hora (Wh) que necesite un dispositivo eléctrico para que funcione, usualmente se mide en kilowatts hora (kWh)
- **Corriente alterna:** Es el tipo de corriente eléctrica en que el flujo de electrones que se mueven en forma cíclica de vaivén o forma sinusoidal con intervalo de tiempo definido. En el caso de Perú, la corriente eléctrica realiza 60 ciclos en 1 segundo (es decir, 60Hz).
- **Corriente continua:** Es el tipo de corriente eléctrica en el que el flujo de electrones va en una sola dirección y es constante a través del tiempo.
- **Demanda eléctrica:** Cantidad de energía que una carga necesita en un determinado intervalo de tiempo.
- **Efecto invernadero:** Es un fenómeno que se da de manera natural, consiste en que ciertos gases de la atmosfera absorben la radiación térmica del sol y lo distribuyen hacia el interior del planeta, de esta forma se mantiene una temperatura ideal para los seres vivientes de la Tierra.
- **Eficiencia:** En términos físicos, la eficiencia es la razón de la energía útil que la maquina genera y la energía que hemos brindado a la maquina al inicio.
- **Electrolinera:** Es el nombre técnico que reciben los grifos eléctricos.
- **Energía convencional:** Se entiende como la energía que las empresas distribuidoras ponen a nuestra disposición en nuestra residencia o industria
- **Energías renovables:** Son las energías que nos proporciona la naturaleza en abundancia, como ejemplo esta la energía solar, eólica, hidráulica, etc.
- **Evaluación de Factibilidad:** Es la evaluación del proyecto, si es viable o no y en cuanto tiempo demorara la recuperación del capital invertido.
- **Fotón:** Es la partícula de la luz que transporta la radiación electromagnética emitida por el sol.
- **Grupo electrógeno:** Es un conjunto de dispositivos que cumplen la función de generar energía eléctrica a partir de un motor de combustión (depende del tipo de grupo electrógeno).

- **Ondas electromagnéticas:** Es la combinación de los campos eléctricos y magnéticos producidos por una carga en movimiento (fotón)
- **Potencial energético solar:** Es un sinónimo de radiación solar, se refiere a la energía que emite el sol y que se puede cuantificar como irradiación solar, que es la energía recibida del sol por unidad de superficie.
- **Potencia eléctrica:** Es la cantidad de trabajo realizada por un dispositivo en cierto intervalo de tiempo, su unidad es el Watt.
- **Silicio:** Es un elemento químico del tipo metaloide, está ampliamente utilizado en la industria fotovoltaica debido a su propiedad de semiconductor
- **Sistema de alumbrado:** Agrupa todos los dispositivos que iluminan los espacios en un lugar específico.
- **Sistema de tomacorriente:** Agrupa todos los artefactos eléctricos y electrónicos que se encuentran en un lugar específico.
- **Sostenibilidad:** Se trata de buscar una relación entre el desarrollo social, ambiental y económico.
- **TIR:** La tasa interna de retorno (TIR) es un criterio económico que nos permitirá determinar el porcentaje de ganancia o pérdida que tendrá invertir en un proyecto en base a la cantidad de dinero inicial que este pide.
- **VAN:** El valor actual neto (VAN) es un criterio económico para determinar si es una buena opción invertir en un proyecto, o elegir entre otros para obtener una mayor ganancia.
- **HSP:** Siglas de Hora Solar Pico, es la cantidad de horas que un cierto lugar tiene un nivel de radiación igual a 1000 W/m^2 .
- **SEIN:** Siglas del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional, que es la red eléctrica donde todas las centrales generadoras del país entregan su producción de electricidad.