

NOMBRE DEL TRABAJO

**ESTRUCTURA VI PTMTSP 2023 BacaGar  
ayCarlosLeonardo.pdf**

AUTOR

**Baca**

RECUENTO DE PALABRAS

**11238 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**61803 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**70 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**2.3MB**

FECHA DE ENTREGA

**Mar 6, 2024 8:56 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Mar 6, 2024 8:57 PM GMT-5****● 12% de similitud general**

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

- 12% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 0% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

**● Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 12 palabras)



**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 (x)

**DATOS PERSONALES**

Apellidos y Nombres: BACA GARAY CARLOS LEONARDO
D.N.I.: 76396740
Otro Documento:
Nacionalidad: Peruano
Teléfono: 964170618
e-mail: eos-leo12@hotmail.com/leo.22eos@gmail.com/2015100274@untels.edu.pe

**DATOS ACADÉMICOS**

**Pregrado**

Facultad: FACULTAD DE INGENIERIA Y GESTION
Programa Académico: TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
Título Profesional otorgado: Ingeniero Mecánico Electricista

**Postgrado**

Universidad de Procedencia:
País:
Grado Académico otorgado:

**Datos de trabajo de investigación**

Título: DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA REDUCIR LA FACTURACIÓN ELÉCTRICA EN LAS OFICINAS ADMINISTRATIVAS DE LA EMPRESA PERU MINERALS CORP S.A.C. SEDE PUENTE PIEDRA
Fecha de Sustentación: 16 de diciembre de 2023
Calificación: Aprobado 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 X \_\_\_\_ 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(*)	<b>info:eu-repo/semantics/openAccess</b> (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	<b>info:eu-repo/semantics/restrictedAccess</b> (Para documentos restringidos)	( )
	<b>info:eu-repo/semantics/embargoedAccess</b> (Para documentos con períodos de embargo. Se debe especificar las fechas de embargo)	( )
	<b>info:eu-repo/semantics/closedAccess</b> (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:

---

---

---

---

---

BACA GARAY CARLOS LEONARDO  
APELLIDOS Y NOMBRES

76396740

DNI

Firma y huella:



Lima, 13 de marzo del 20 24

**UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA**



**“DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA REDUCIR LA  
FACTURACIÓN ELÉCTRICA EN LAS OFICINAS ADMINISTRATIVAS DE  
LA EMPRESA PERU MINERALS CORP S.A.C. SEDE PUENTE PIEDRA”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

Para optar el Título Profesional de

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER**

BACA GARAY, CARLOS LEONARDO

ORCID: 0009-0002-3220-0755

**ASESOR:**

FLORES VELASQUEZ, CARLOS HERNAN

ORCID: 0000-0002-0581-5001

**Villa El Salvador**

**2023**



“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

VI Programa de Titulación por la Modalidad de Trabajo de Suficiencia Profesional  
Decanato de la Facultad de Ingeniería y Gestión

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OBTENER EL TÍTULO  
PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

En Villa El Salvador, siendo las 4:10 horas del día 16 Diciembre, se reunieron en las instalaciones de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, los miembros del Jurado Evaluador del Trabajo de Suficiencia Profesional integrado por:

Presidente	:	DR. ROBERTO PFUYO MUÑOZ	C.I.P. N° 46900
Secretario	:	MG. GUSTAVO NESTOR SALAZAR HUAMANI	C.I.P. N° 93143
Vocal	:	MG. RICHARD FLORES CACERES	C.I.P. N°185839

Designados con Resolución de Decanato N° 984-2023-UNTELS-R-D, de fecha 13 de diciembre del 2023.

Se da inició al acto público de sustentación y evaluación del Trabajo de Suficiencia Profesional, para obtener el Título Profesional de **INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**, bajo la modalidad de Titulación por Trabajo de Suficiencia Profesional (Resolución de Consejo Universitario N° 065-2023-UNTELS-CU de fecha 08 de agosto del 2023), en la cual se APRUEBA el “Reglamento, Directiva, Cronograma y Presupuesto del VI Programa de Titulación por la Modalidad de Trabajo de Suficiencia Profesional de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur” ; siendo que el Art. 4º del precitado Reglamento establece que: **“La Modalidad de Titulación prevista consiste en la presentación, aprobación y sustentación de un Trabajo de Suficiencia Profesional que dé cuenta de la experiencia profesional y además permita demostrar el logro de las competencias adquiridas en el desarrollo de los estudios de pregrado que califican para el ejercicio de la profesión correspondiente. Quienes participen en esta modalidad no podrán tramitar simultáneamente otras modalidades de titulación. Además, los participantes inscritos en esta modalidad, deberán acreditar un mínimo de dos (02) años de experiencia laboral, de acuerdo a lo establecido en la Resolución N° 174-2019- SUNEDU/CD y al anexo 1 sobre Glosario de Términos en el punto veinte (20)...”**, en el cual;

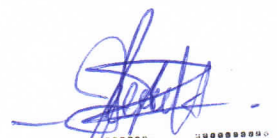
El Bachiller: **CARLOS LEONARDO BACA GARAY**

Sustentó su Trabajo de Suficiencia Profesional: **“DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA REDUCIR LA FACTURACIÓN ELÉCTRICA EN LAS OFICINAS ADMINISTRATIVAS DE LA EMPRESA PERU MINERALS CORP S.A.C. SEDE PUENTE PIEDRA”**

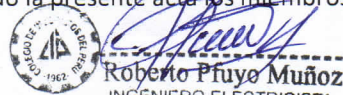
Concluida la Sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional, se procedió a la calificación correspondiente según el siguiente detalle:

Condición Aprobado por unanimidad Equivalencia Bueno de acuerdo al Art. 65º del Reglamento General para el Otorgamiento de Grado Académico y Título Profesional de la UNTELS vigente.


Siendo las 17:0 del día 16 de diciembre del 2023 se dio por concluido el acto de sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional, firmando la presente acta los miembros del Jurado.

  
GUSTAVO SALAZAR HUAMANI  
INGENIERO ELECTRICISTA  
CIP N° 93143

SECRETARIO  
MG. GUSTAVO NESTOR SALAZAR HUAMANI  
C.I.P. N° 93143

  
Roberto Pfyuo Muñoz  
INGENIERO ELECTRICISTA  
PRESIDENTE N° 46900

DR. ROBERTO PFUYO MUÑOZ  
C.I.P. N° 46900

  
RICHARD FLORES CACERES  
INGENIERO  
MECANICO ELECTRICISTA  
Reg. CIP N° 185839

VOCAL  
MG. RICHARD FLORES CACERES  
C.I.P. N°185839

Nota: Art. 14º.- La sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional se realizará en un acto público. De faltar algún miembro del Jurado, la sustentación procederá con los dos integrantes presentes. En caso de ausencia del presidente del jurado, asumirá la presidencia el docente de mayor categoría y antigüedad. En caso de ausencia de dos o más miembros del jurado, la sustentación será reprogramada durante los 05 días siguientes.

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto lo dedico a Dios, por siempre darme fuerzas e iluminarme en cada paso que doy para continuar con este proceso de obtener uno de mis deseos.

A mis padres Carlos Alberto Baca Dávalos y Giovanna Gladys Garay Quispe por su amor, dedicación y sacrificio en todos estos años, gracias a ellos he logrado estar aquí y convertirme en una gran persona.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios y a mi casa de estudios la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, por brindarme los conocimientos necesarios que fueron la base de mi formación académica y profesional.

De igual manera a mi familia y al asesor por la orientación en la elaboración del presente trabajo.



# CONTENIDO

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	iii
RESUMEN .....	viii
ABSTRACT .....	ix
INTRODUCCIÓN .....	x
CAPÍTULO I ASPECTOS GENERALES .....	1
1.1 Contexto.....	1
1.1 Delimitación temporal y espacial del trabajo .....	2
1.1.1 Espacial .....	2
1.1.2 Temporal .....	2
1.2 Objetivos .....	2
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	3
2.1 Antecedentes .....	3
2.1.1 Antecedentes nacionales.....	3
2.1.2 Antecedentes internacionales.....	4
2.2 Bases teóricas.....	6
2.2.1 Energías renovables.....	6
2.2.2 Radiación solar .....	6
2.2.3 Sistema fotovoltaico.....	10
2.2.3.1 Componentes de un sistema fotovoltaico On Grid .....	11
2.2.3.2 Módulos fotovoltaicos.....	17
2.2.3.3 Sistema de protecciones .....	22
2.2.4 Tarifa eléctrica .....	27
2.2.5 Marco legal .....	29
2.3 Definición de términos básicos:.....	30
CAPÍTULO III DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL .....	32
3.1 Determinación y análisis del problema.....	32
3.2 Modelo de solución propuesto .....	32
3.2.1 Determinación del potencial de radiación solar .....	32
3.2.2 Dimensionamiento y selección de componentes del sistema fotovoltaico.....	35

3.2.3	Determinación de las cargas de consumo eléctrico.....	42
3.2.4	Reducción de factura eléctrica.....	43
3.3	Resultados .....	46
CONCLUSIONES.....		48
RECOMENDACIONES .....		49
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....		50
ANEXOS .....		55

## LISTADO DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> <i>Posicionamiento Solar</i> .....	6
<b>Figura 2</b> <i>Ángulo(<math>\alpha</math>)</i> .....	7
<b>Figura 3</b> <i>Inclinación del panel</i> .....	8
<b>Figura 4</b> <i>Interpretación gráfica de la HSP</i> .....	9
<b>Figura 5</b> <i>Diagrama de sistema fotovoltaico con respaldo aislado</i> .....	10
<b>Figura 6</b> <i>Sistema On Grid</i> .....	11
<b>Figura 7</b> <i>Clasificación de celda, módulo y panel en orden creciente</i> .....	12
<b>Figura 8</b> <i>Cuadro de potencia de equipos por tiempo de uso diario</i> .....	12
<b>Figura 9</b> <i>Power System</i> .....	16
<b>Figura 10</b> <i>Células de Silicio policristalino</i> .....	17
<b>Figura 11</b> <i>Células de Silicio Monocristalinos</i> .....	18
<b>Figura 12</b> <i>Células de Silicio Amorfo</i> .....	19
<b>Figura 13</b> <i>Curvas tensión-intensidad de los módulos en función de la temperatura</i> .....	20
<b>Figura 14</b> <i>Curvas tensión-intensidad de los módulos en función de la irradiancia</i> .....	21
<b>Figura 15</b> <i>Clases de DPS</i> .....	24
<b>Figura 16</b> <i>Llave termomagnética</i> .....	25
<b>Figura 17</b> <i>Conexión a Tierra de la Instalación fotovoltaica</i> .....	26
<b>Figura 18</b> <i>Mínima sección de conductores para enlaces equipotenciales</i> .....	26
<b>Figura 19</b> <i>Evolución del precio medio/residencial-Lima</i> .....	27
<b>Figura 20</b> <i>Tarifas eléctricas asignadas por OSINERGMIN baja tensión</i> .....	28
<b>Figura 21</b> <i>Coordenada Geográfica</i> .....	35
<b>Figura 22</b> <i>Datos de resumen de simulación</i> .....	39
<b>Figura 23</b> <i>Resultados de simulación PVSYST</i> .....	40
<b>Figura 24</b> <i>Cuadro de cargas</i> .....	42
<b>Figura 25</b> <i>Recibo emitido por ENEL</i> .....	44

## LISTADO DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> <i>Características de Fuentes de Datos</i> .....	9
<b>Tabla 2</b> <i>Coordenadas Geográficas</i> .....	32
<b>Tabla 3</b> <i>Datos de radiación solar para una inclinación de 15°</i> .....	33
<b>Tabla 4</b> <i>Tabla de datos de temperatura</i> .....	34
<b>Tabla 5</b> <i>Características del módulo fotovoltaico</i> .....	36
<b>Tabla 6</b> <i>Tabla de dimensiones según el área</i> .....	36
<b>Tabla 7</b> <i>Corrección de potencia por influencia de la temperatura</i> .....	37
<b>Tabla 8</b> <i>Características de los equipos del sistema fotovoltaico</i> .....	38
<b>Tabla 9</b> <i>Características del Inversor</i> .....	38
<b>Tabla 10</b> <i>Sección del conductor entre componentes</i> .....	41
<b>Tabla 11</b> <i>Registros de recibos emitidos por ENEL</i> .....	43
<b>Tabla 12</b> <i>Tabla de generación de energía eléctrica del sistema fotovoltaico</i> .....	44
<b>Tabla 13</b> <i>Tabla de monto facturado por recibo vs monto de la energía generada por el SFV.</i> .....	45
<b>Tabla 14</b> <i>Tabla de datos de HSP mes de Julio</i> .....	46
<b>Tabla 15</b> <i>Tabla de componentes del sistema fotovoltaico</i> .....	46
<b>Tabla 16</b> <i>Tabla de detalle de energía usada durante el día</i> .....	47
<b>Tabla 17</b> <i>Tabla comparativa de costo del recibo y costo de la energía producida por el sistema fotovoltaico</i> .....	47

## RESUMEN

El presente trabajo de suficiencia profesional tiene como objetivo principal reducir la facturación de energía eléctrica en las oficinas administrativas de la empresa Perú Minerals Corp. S.A.C. sede Puente Piedra.

El procedimiento para desarrollar el trabajo de suficiencia se siguió las siguientes fases; como primer punto se identificó el espacio disponible donde se ubicará el sistema fotovoltaico a fin de dimensionar la potencia del sistema; seguidamente se realizó la comparación de los módulos de tecnología monocristalina y policristalina para determinar el más eficiente en términos de potencia. Finalmente, se determina los equipos que conformarán el sistema fotovoltaico y también nos apoyaremos con la simulación realizada con PVSYST que respalda los cálculos y dimensionamiento de los módulos fotovoltaicos y capacidad del inversor.

Concluido el diseño del sistema fotovoltaico, se determinó que la tecnología monocristalina es más eficiente que la policristalina dando 14 módulos de 435 W monocristalino y un inversor de 5 kW; por lo que, al realizar un cuadro comparativo de los 6 primeros meses entre los costos de energías actuales de las oficinas administrativas de la empresa Perú Minerals Corp. S.A.C. sede Puente Piedra, respecto a los costos de generación de energía del sistema fotovoltaico demuestra un ahorro del 81% sobre la implementación del sistema fotovoltaico, garantizando la reducción de la factura eléctrica

**Palabras claves:** Sistema Fotovoltaico. Conectado a la Red, Radiación Solar, Ahorro de Energía

## ABSTRACT

The main objective of this professional proficiency work is to reduce the billing of electrical energy in the administrative offices of the company Perú Minerals Corp. S.A.C. Puente Piedra headquarters.

The procedure to develop the sufficiency work was followed in the following phases: As a first point, the available space where the photovoltaic system will be located was identified in order to size the power of the system; The comparison of the monocrystalline and polycrystalline technology modules was then carried out to determine the most efficient one in terms of power. Finally, the equipment that will make up the photovoltaic system is determined and we will also rely on the simulation carried out with PVSYST that supports the calculations and sizing of the photovoltaic modules and inverter capacity.

Once the design of the photovoltaic system was completed, it was determined that monocrystalline technology is more efficient than polycrystalline, giving 14 modules of 435 W monocrystalline and a 5 kW inverter; Therefore, when making a comparative table of the first 6 months between the current energy costs of the administrative offices of the company Perú Minerals Corp. S.A.C. Puente Piedra headquarters, regarding the energy generation costs of the photovoltaic system, demonstrates a saving of 81% over the implementation of the photovoltaic system, guaranteeing the reduction of the electric bill.

**Key words:** Photovoltaic System. Connected to the Grid, Solar Radiation, Energy Saving

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo titulado como “ Diseño de un sistema fotovoltaico para reducir la facturación eléctrica en las oficinas administrativas de la empresa Perú Minerals Corp. S.A.C. sede Puente Piedra”, cuya problemática es debido a la subida de precios de las tarifas eléctricas por los indicadores macroeconómicos( tipo de cambio, precio del cobre y aluminio, precio de los recursos de combustibles, entre otros) y el mal uso de los equipos administrativos que generan un mayor consumo de energía eléctrica. Según (Alcedo Aspilcueta y Gonzales Urbina, 2018) en su trabajo de investigación .el cual indica que el mal uso de los equipos eléctricos genera un alto consumo de energía eléctrica que se ve reflejado en la facturación mensual causando preocupación en los colaboradores, a su vez (López Barbosa, 2019) en su trabajo de investigación, sostiene que al obtener nuevos equipos y no saber distribuir su carga muestran un alto consumo puesto que superaban su potencia contratada y el aumento progresivo de la tarifa eléctrica afectando los ingresos mensuales.

En el presente trabajo se propone un sistema fotovoltaico para las oficinas administrativas de la empresa Perú Minerals Corp. S.A.C. sede Puente Piedra el cual es afectada por el elevado costo en la facturación eléctrica por la subida de precios de la tarifa eléctrica designada por OSINERGMIN y el mal uso de la conexión de los equipos eléctricos por parte de los colaboradores. Para el diseño del sistema fotovoltaico se ha desarrollado el estudio del espacio para los equipos y el nivel de radiación solar detallados en las tablas de detalles técnicos.

El contenido del presente trabajo está realizado en 3 capítulos; en el capítulo I se describe los objetivos planteados a los cuales pretendemos llegar, así mismo en el capítulo II corresponde al marco teórico en el cual se considera los antecedentes, así como las bases teóricas y la definición de términos básicos para entender los criterios técnicos del trabajo de suficiencia; en el capítulo III se desarrolla la solución del trabajo de suficiencia para finalmente redactar las conclusiones, además contiene las referencias bibliográficas y anexos que son parte importante del trabajo de suficiencia.

# **CAPÍTULO I**

## **ASPECTOS GENERALES**

### **1.1 Contexto**

Perú Minerals Corp. S.A.C. empresa especializada en la exportación e importación de minerales metalíferos no ferrosos, siendo una empresa de excelencia de ejemplo en minería a nivel nacional e internacional, para beneficio de nuestros directivos, personal y clientes, respetando de manera responsable las normas que rigen el medio ambiente en la zona donde se realizan las actividades, siendo partícipes en la disminución de la huella de carbono.

#### **Visión:**

Ser una empresa líder en la exportación e importación de minerales metalíferos no ferrosos, reconocida por su excelencia en el servicio, su compromiso con la sostenibilidad y su contribución al desarrollo del Perú.

#### **Misión:**

Proporcionar a nuestros clientes productos y servicios de alta calidad, a precios competitivos, respetando el medio ambiente y contribuyendo al desarrollo sostenible del Perú.

#### **Valores:**

**Excelencia:** Nos esforzamos por ofrecer a nuestros clientes productos y servicios de la más alta calidad.

**Compromiso:** Estamos comprometidos con el desarrollo sostenible del Perú.

**Responsabilidad social:** Nos comprometemos a operar de manera responsable y ética.

**Transparencia:** Nos esforzamos por ser una empresa transparente y responsable.



## **1.1 Delimitación temporal y espacial del trabajo**

### **1.1.1 Espacial**

El desarrollo del presente proyecto está comprendido en las oficinas administrativas de la empresa Perú Minerals Corp. S.A.C. sede Puente Piedra ubicado en la Calle N 1 Mz B Lt 2 Puente Piedra-Vegas - Puente Piedra.

### **1.1.2 Temporal**

Este trabajo se realizó de agosto a diciembre del 2023 durante el periodo del programa de titulación.

## **1.2 Objetivos**

### **Objetivo 1**

Determinar el potencial de radiación solar adecuado del sistema fotovoltaico para reducir la facturación eléctrica en las oficinas administrativas de la empresa Perú Minerals Corp. S.A.C. sede puente piedra

### **Objetivo 2**

Dimensionar y seleccionar los componentes para el diseño del sistema fotovoltaico en relación al área disponible de las oficinas administrativas de la empresa Perú Minerals Corp. S.A.C sede puente piedra.

### **Objetivo 3**

Determinar las cargas eléctricas que serán atendidas por el sistema fotovoltaico para reducir la facturación de energía eléctrica en las oficinas administrativas de la empresa Perú Minerals Corp. S.A.C sede puente piedra.

### **Objetivo 4**

Determinar la reducción de facturación eléctrica a partir del diseño del sistema fotovoltaico para las oficinas administrativas de la empresa Perú Minerals Corp. S.A.C. sede puente piedra.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes

##### 2.1.1 Antecedentes nacionales

(Alcedo Aspilcueta y Gonzales Urbina, 2018). En su proyecto de investigación denominado *Diseño de un sistema fotovoltaico de conexión a red de 500 KW para reducir la facturación en el consumo de la demanda de energía eléctrica. Centro de datos Bitel-Arequipa*. Tesis para optar el título profesional de ingeniero de energía. Perú. Universidad Nacional del Callao; el objetivo de la tesis es Diseñar un sistema fotovoltaico de conexión a red de 500 KW para reducir la facturación en el consumo de la demanda de energía eléctrica del centro de datos de Bitel-Arequipa, dado que el consumo de energía eléctrica es cerca del 60% el cual se destina a las máquinas y el restante a los sistemas de alimentación ininterrumpida y climatización. Por ello los autores propusieron diseñar un sistema fotovoltaico conectado a la red de 1710 paneles de 300 W, 5 inversores de 100 kW 400 V(AC) y simulado en el PVSYST. Finalmente, los autores analizaron que para el centro de datos que consume el sistema fotovoltaico generará 90906,16 kWh/mes. Obteniendo como resultado que la facturación eléctrica se redujo en un 10%.

(Villanueva Cubas, 2019). En su proyecto de investigación denominado *Diseño de un sistema fotovoltaico para el ahorro de energía eléctrica en las viviendas residenciales del Grupo 10 en Villa el Salvador 2019*. Trabajo de suficiencia profesional para optar el título de Ingeniero Mecánico Electricista. Perú. Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur; el objetivo de la tesis es diseñar un sistema fotovoltaico aislado para ahorrar energía y reducir el consumo en la facturación eléctrica de las viviendas residenciales. Por ello, el autor planteó el diseño de un sistema fotovoltaico de 22 paneles de 325 W, 24 baterías de 6 V 600 Ah y 1 inversor 5000 W 48V en una vivienda como muestra de 25.6 kW tomando como muestra una vivienda tipo 700 kWh/mes. Finalmente, el autor demostró que el sistema

brindará 329.410 kWh/mes así para una vivienda tipo de 700 kWh/mes se logrará un ahorro cerca del 47% del consumo eléctrico del predio.

(López Barbosa, 2019) En su proyecto de investigación denominado *Diseño de un sistema fotovoltaico para autoconsumo conectado a la red en la empresa Viettel Perú S.A.C. ubicado en Trujillo-La Libertad*. Tesis para optar el título de Ingeniero Mecánico Electricista. Perú. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo; el objetivo de la tesis es diseñar un sistema fotovoltaico conectado a la red para disminuir el elevado consumo de energía eléctrica debido a la ampliación de la infraestructura. Por ello, el autor planteó el diseño de un sistema fotovoltaico conectado a la red (SFRC) de 48 paneles de 365 Wp, 1 vatímetro de 100 A/230 V y 3 inversores de 6000 W/48 V para una potencia de 13.8 kW. Finalmente, el autor demostró que el sistema brindará 73300 Wh de consumo diario dando así el valor actual neto (VAN) de S/. 12874.08 y una tasa interna de retorno del 12%, demostrando que la propuesta es viable.

### **2.1.2 Antecedentes internacionales**

(Villegas Tapia y Alcivar Tello, 2020). En su proyecto de investigación denominado *Diseño de un sistema fotovoltaico para la escuela de educación básica Simón Bolívar en la comunidad Masa 2, Golfo de Guayaquil*. Tesis para optar el título de Ingeniero Eléctrico. Ecuador. Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil; el objetivo de la tesis es diseñar e implementar un sistema fotovoltaico aislado a la red para la Escuela de Educación Básica Simón Bolívar en la comunidad Masa 2. Para ello los autores propusieron dimensionar un sistema fotovoltaico y desarrollando una simulación en el programa PVSYST; obtuvieron como resultado que el sistema debe estar compuesto por 2 paneles de 280 W, 1 regulador MPPT (12/24 V 30 A), 1 inversor 12 V 500 VA y 4 baterías de 105 Ah 12 Vdc. Finalmente, los autores determinaron que la implementación del sistema fotovoltaico brindará energía al sistema de 1176 Wh durante las 4h para cubrir la demanda energética del centro educativo.

(Nava Hernandez, Dávila Zenon, y López Cortés, 2018). En su proyecto de investigación denominado *Diseño de un sistema fotovoltaico para disminuir el pago del consumo eléctrico en el taller mecánico HO*. Tesis para optar el título de Ingeniero Eléctrico. México. Instituto Politécnico Nacional; el objetivo de la tesis es reducir el pago del servicio en un 60 % por el consumo de energía eléctrica suministrada por la Comisión Federal de Electricidad en el taller mecánico “HO” mediante la implementación de fuentes alternas para la generación de energía eléctrica. Por ello, los autores proponen el diseño de un sistema fotovoltaico conectado a la red de una potencia 13.2 kW que contenga 44 módulos de 300 W y 1 inversor de 13.8 kW. Finalmente, los autores analizaron que la implementación del sistema solar fotovoltaico, reduce la facturación eléctrica en un 60% generando ahorro mensual de 3,674.97 MXN y un ahorro anual de 44099.72 MXN.

(Chamba Lino y Oyague León, 2022) En su proyecto de investigación denominado *Análisis y Diseño fotovoltaico para un sistema de riego ubicado en el Cantón Mocache*. Tesis para optar el título de Ingeniero Eléctrico. Ecuador. Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil; el objetivo de la tesis es desarrollar el análisis y el diseño del plano eléctrico, para realizar el correcto dimensionamiento para un sistema solar fotovoltaico y así a la vez lograr satisfacer la necesidad del sistema de riego de un terreno agrícola situado en Mocache. Por ello los autores proponen un sistema fotovoltaico como alternativa obteniendo como resultado 4 módulos fotovoltaicos de 395-415 W, 2 baterías que dan una capacidad de 432.29 Ah y 1 inversor con capacidad de 1032 Wp. Finalmente, los autores determinaron que la implementación del sistema fotovoltaico brindará energía al sistema de 3112.5 Wh durante las 3h para cubrir la demanda energética del sistema de riego.

## 2.2 Bases teóricas

### 2.2.1 Energías renovables

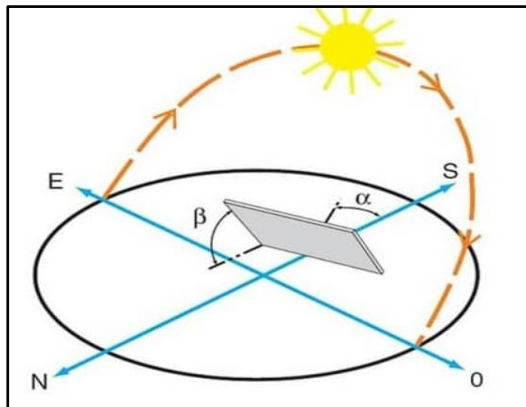
(Schallenberg Rodriguez, y otros, 2008) “sostiene que son aquellos que son generados de manera continua e inagotables, a comparación de los combustibles fósiles los cuales se tienen cantidades determinadas. Las principales formas de energía renovables son: solar, biomasa, hidráulica, geotérmica, eólica y mareomotriz”. (p.46)

### 2.2.2 Radiación solar

(Baselga Carreras, 2019) “afirma que la radiación es la energía emitida por el sol en una determinada superficie o lugar. La magnitud que mide la radiación solar es la irradiancia la cual su unidad de medida es vatios por metro cuadrado( $W/m^2$ )”. (p. 53)

**Figura 1**

*Posicionamiento Solar*



Nota: <https://certificacionenergetica.info/posicionamiento-solar/>

#### **a.Orientación de los paneles**

(Perez Alvarez, 2019) sostiene que los valores de irradiación sobre los módulos fotovoltaicos dependen de su posición en las cuales estas se encuentren instaladas, es decir dependen de la orientación e inclinación, puesto que cuando la radiación solar incide de manera perpendicular al módulo, la recepción de energía será la máxima. La

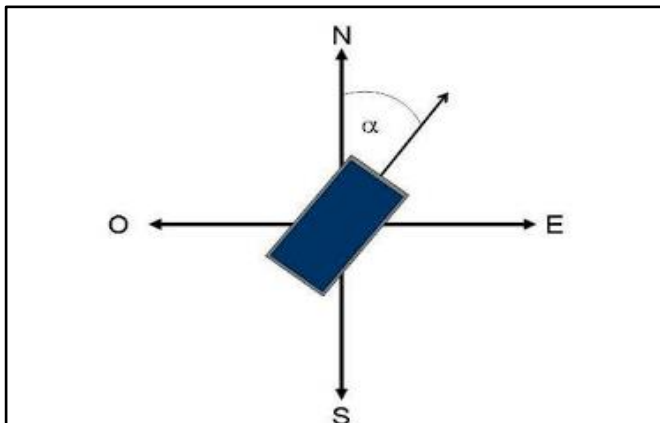
posición de los paneles solares toma como parámetros: orientación o el ángulo acimutal y el ángulo de elevación o inclinación. (p. 5)

### **b.El ángulo acimutal ( $\alpha$ )**

(Navntoft, y otros, 2019) informan que el Ángulo ( $\alpha$ ) es determinado por la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del panel solar y el meridiano del lugar. La orientación sur del módulo se relaciona con el origen y su valor es  $0^\circ$ , la orientación oeste vale  $90^\circ$ , la orientación norte con valor de  $180^\circ$  y este con valor de  $270^\circ$ . (p. 29)

### **Figura 2**

*Ángulo( $\alpha$ )*



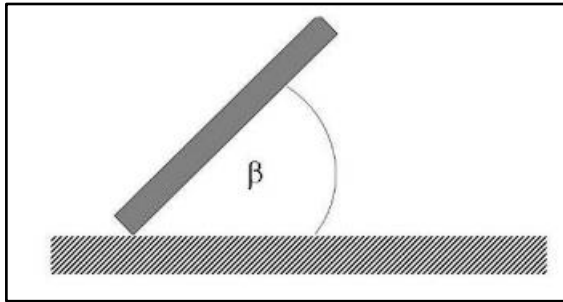
Nota: (Navntoft, y otros, 2019)

### **c.Ángulo de Elevación o ángulo óptimo ( $\beta$ )**

(Navntoft, y otros, 2019) nos dicen que es el valor es formado por la superficie del panel solar con respecto al plano horizontal. Su valor es  $0^\circ$  en posición horizontal, y  $90^\circ$  en posición vertical. En instalaciones fijas este ángulo se fija en función de la latitud del lugar. (p.29)

### Figura 3

#### *Inclinación del panel*



Nota: (Navntoft, y otros, 2019)

Cálculo del ángulo de inclinación ( $\beta$ )

El ángulo de inclinación puede calcularse en función de la latitud ( $\phi$ ):

$$\beta = 3.7 + 0.69 \cdot \phi \dots\dots\dots (1)$$

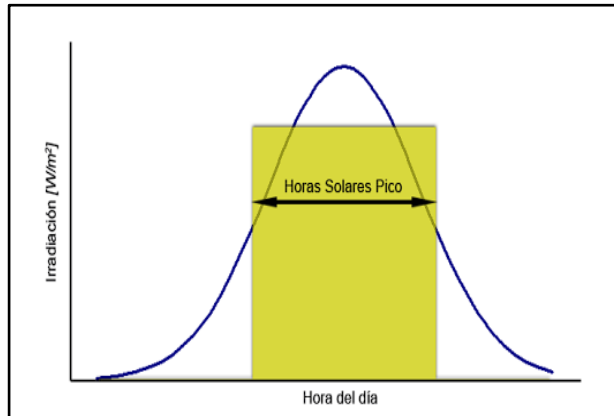
#### **d.Hora solar pico (HSP)**

(Alvarado Ladron de Guevara, 2018) sostiene que es la unidad la cual mide la irradiación solar definiéndose, como la energía por unidad de superficie que se obtendría de una supuesta irradiancia solar constante de 1000 W/m<sup>2</sup>. La contextualización de la HSP es la cantidad de horas necesarias para que un panel funcione en su máxima potencia de diseño para generar toda la energía que efectivamente genera alrededor de todo el día. Por tal motivo, la HSP siempre será considerada un número menor que el de horas de luz.

(p. 22)

## Figura 4

### Interpretación gráfica de la HSP



Nota: (Roitman, Mestrallet, Dolores Aramburu, & Rossi, 2015)

### e. Tipos de herramientas de datos de radiación solar

(Morales Cabrera, Ojeda Fernandez, Federico Cañizares, y Antoñanzas Torres, 2011) “sostienen que para determinar la radiación solar se pueden usar las herramientas de datos: NASA POWER, CM-SAF, HELIOCLIM u otro”. (p.6)

Siendo NASA POWER el adecuado para diseños puesto que tiene una cobertura de todo el mundo. (Ver tabla 1)

**Tabla 1**

#### Características de Fuentes de Datos

Tipos de Datos	Nasa Power	HelioClim	CM-SAF
<b>Alcance</b>	Cobertura todo el mundo.	Cobertura por Europa, África, Mar Mediterráneo, Océano Atlántico y parte del Índico.	Cobertura por el continente europeo.
<b>RMSE (Error cuadrático medio)</b>	Mensual: 18.7% Diario: 37.7%	Horaria: 31% Diario: 15%	Mensual: 29% Diario: 20%
<b>Tipo de acceso</b>	Libre	Requiere pago	Libre

Nota: (Morales Cabrera, Ojeda Fernandez, Federico Cañizares, y Antoñanzas Torres, 2011)



### 2.2.3 Sistema fotovoltaico

(Cantos Serrano, 2016) sostiene que es la conexión de varios componentes cada uno designado con una función específica, con la finalidad de que se pueda satisfacer la demanda de energía requerida por el tipo de carga. El sistema usará la radiación para transformarla en energía eléctrica. (p. 50)

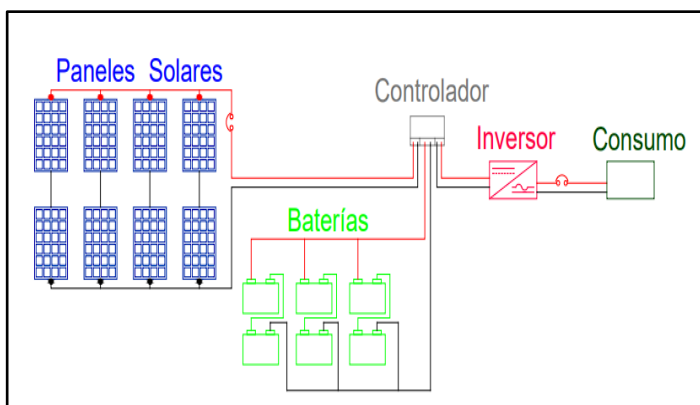
### Tipos de sistemas fotovoltaicos

#### a. Sistema aislado a la red (Off Grid)

(Cantos Serrano, 2016) sostiene que este tipo de sistemas aislado a la red son de carácter autónomo. Estos obtienen la energía eléctrica mediante los paneles solares, en su mayoría son instalados en lugares en los que la red eléctrica no tenga presencia. Debido a ello se apoyan con el uso de baterías o sistema de acumuladores para almacenar energía eléctrica. (p. 63)

**Figura 5**

*Diagrama de sistema fotovoltaico con respaldo aislado*



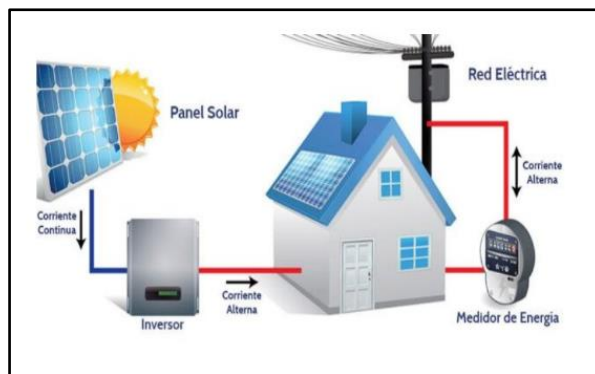
Nota: (Cardozo Piña, 2014)

## b. Sistema conectado a la red (On Grid)

(Cantos Serrano, 2016) sostiene que es un sistema la cual trabaja en colaboración la red de energía pública y la generación de energía por parte de los paneles solares. Este tipo de sistemas tienen como componentes: panel solar, inversor y un equipo de monitoreo; estos equipos son instalados en viviendas o edificaciones que cuentan con acceso a la red pública, pero dan prioridad al uso de energías limpias y también reducir los costos del consumo eléctrico. (p.63)

**Figura 6**

*Sistema On Grid*



Nota: <https://icarusdesarrollosolar.com/proyectos-on-grid/>

### 2.2.3.1 Componentes de un sistema fotovoltaico On Grid

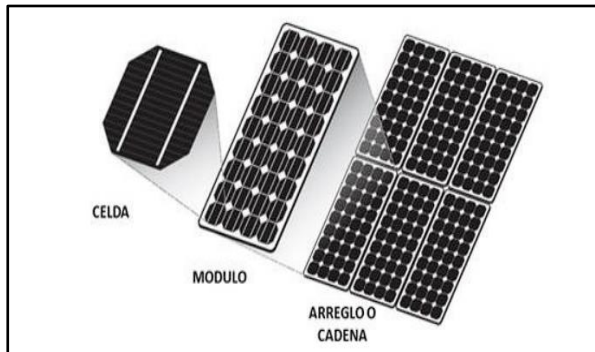
El sistema fotovoltaico conectado a la red (SFCR) se compone de:

#### A. Módulo Fotovoltaico o Paneles Solares

(Alonso Montes, y otros, 2007) “sostiene que el módulo fotovoltaico es la agrupación de una serie de celdas fotovoltaicas que están conectadas electrónicamente en serie y paralelo para poder lograr el nivel de tensión y corriente del sistema instalado”. (p.39)

**Figura 7**

*Clasificación de celda, módulo y panel en orden creciente*



Nota: (Navntoft, y otros, 2019)

**a. Cálculo de la demanda energética**

(Cantos Serrano, 2016) “sostiene que para el cálculo de la demanda energética será en función a la potencia de los equipos, el tiempo de uso diario y los recibos emitidos por la concesionaria”. (p.117)

Así mismo, principalmente se realiza el análisis con el detalle de la facturación de los 6 primeros meses del año 2023.

**Figura 8**

Cuadro de potencia de equipos por tiempo de uso diario

TABLERO TG : 220V-3 $\phi$ -60Hz								
TIPO DE CARGA	UBICACIÓN	CANT.	POTENCIA UNITARIA (W)	POTENCIA INSTALADA (W)	F.D.	DEMANDA MAXIMA (WH)	HORAS DE USO	ENERGÍA USADA DURANTE EL DÍA (Wh/día)
				0.00		0.00		0.00
				0.00		0.00		0.00

Nota: Elaboración propia.

**b. Cálculo para el dimensionamiento de un generador fotovoltaico**

(Cantos Serrano, 2016) “sostiene que la potencia del generador fotovoltaico será limitada por el área disponible que se tenga para poder instalar los módulos fotovoltaicos”. (p.140)

Para la distribución se utilizará la siguiente fórmula:

$$n_{paneles} = \frac{S_{disp.}}{S_{panel}} \dots\dots\dots (2)$$

Donde:

$S_{disp.}$  : Área disponible para la instalación

$S_{panel}$ : Área del panel

(Cantos Serrano, 2016) “sostiene que el dimensionamiento de un generador fotovoltaico tendrá como criterio de diseño el área disponible donde se colocarán los equipos”. (p.146)

Teniendo en cuenta que a energía media suministrada en un determinado día expresados en Wh/día es:

$$E_G = HSP \cdot P_p \cdot N_T \dots\dots\dots (3)$$

$$P_p = I_{pmp} \cdot V_{pmp} \dots\dots\dots (4)$$

$HSP$ = Hora Solar Pico

$P_p$ = Potencia pico del módulo

$N_T$ = Número total de módulos

$I_{pmp}$ = Corriente del módulo en el punto de máxima potencia

$V_{pmp}$ = Tensión del módulo en el punto de máxima potencia

Número de módulos en serie:

$$N_s = \frac{V_{sist\ cc}}{V_m} \dots\dots\dots (5)$$

$V_{sist\ cc}$  = Tensión del sistema de corriente continua

$V_m$  = Tensión en el punto de máxima potencia del módulo

Número de módulos en paralelo:

$$N_p = \frac{N_T}{N_s} \dots\dots\dots (6)$$

$N_T$  = Número total de módulos

$N_s$  = Número de módulos en serie

Potencia máxima del generador:

$$P_{Gp} = N_s \cdot N_p \cdot P_p = N_T \cdot P_p \dots\dots\dots (7)$$

## B. Inversor

(L.S. Pereira y F. Gonzales, 2008) indican que los inversores tienen como fin el transformar la corriente continua en corriente alterna, haciendo un cambio en su forma de onda. El inversor se ocupa de adaptar las características de la energía emitida por los paneles a las características de la red convencional. Sus principales funciones son: seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT), convertir la CC a CA, desconectar y aislar el campo fotovoltaico si la red convencional presenta anomalías en la tensión, corriente y frecuencia. (p. 31)

Tipos de inversores

- a. Inversores centrales
- b. Inversores de cadena

c. Micro inversores

**a. Inversor central**

(Gutiérrez Sepúlveda, 2022) sostiene que en un arreglo fotovoltaico que consiste en la conexión de paneles en serie que luego son conectados de forma paralela para alcanzar la potencia necesaria van conectados a un inversor el cual es denominado inversor central quien pasa por fases de elevación de tensión seguida de esta una inversión de corriente. (p. 16)

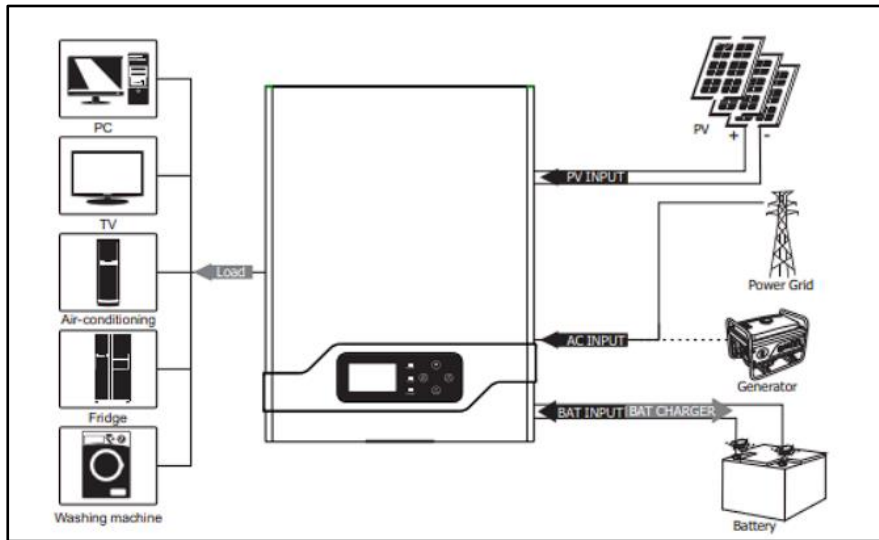
**b. Inversor de cadena**

(Cruz Carrascal y De la Fuente Casal, 2012) sostienen que son pequeños inversores que están presentes en cada cadena de módulos siendo estas de manera independiente. Una de las características principales es que no tiene conexiones en paralelo es decir cada cadena tiene su propio Maximum Power Point Tracker (MPPT). (p. 28)

**c. Micro inversores**

(Gutiérrez Sepúlveda, 2022) indica que son inversores más pequeños que son colocados en cada módulo fotovoltaico. Una de las ventajas es que estos al ser conectados a los módulos se puede controlar la eficiencia del panel, favoreciendo a la detección de cualquier falla en el sistema. (p. 17)

**Figura 9**  
Power System



Nota: <https://autosolar.pe/>

**a. Cálculo para el dimensionamiento del inversor**

Para seleccionar el inversor conectado a la red hay que tener en cuenta como características principales: la potencia nominal, el rango de tensión en la entrada y la intensidad máxima en la entrada.

Potencia Nominal: La potencia que debe entregar a la red debe estar entre el 80% y 90% de la Potencia pico del generador fotovoltaico.

$$0,8 \cdot P_{Gp} < P_{inv} < 0,9 \cdot P_{Gp} \dots\dots\dots (8)$$

$P_{inv}$  = Potencia del inversor

El rango de tensión de entrada para el seguimiento del punto de máxima potencia (PMP) Valores que son determinados por el valor mínimo y máximo de tensión que proporcionara el generador fotovoltaico, operando en PMP a temperaturas de 70°C y -10°C

$$U_{inv \min} < U_{Gp(70^{\circ}C)} \dots\dots\dots (9)$$

$$U_{inv \min} > U_{Gp(-10^{\circ}C)} \dots\dots\dots (10)$$

Intensidad máxima en la entrada

$$I_{Gs} = N_p \cdot I_{sc} \dots\dots\dots (11)$$

$N_p$  = Número de ramas en paralelo

$I_{sc}$  = Intensidad de cortocircuito.

### 2.2.3.2 Módulos fotovoltaicos

(Cantos Serrano, 2016) “sostiene que es el conjunto de varias células, que vienen en un mismo marco”. (p. 93)

#### Tipos de módulos:

##### a. Módulo policristalino

(Cantos Serrano, 2016) manifiesta que los paneles policristalinos están formados por la unión de varios cristales, la fotocélula presenta un color azulado. Estos equipos son más económicos para la adquisición, pero de baja eficiencia, también al ser económicas dependerá del tamaño, calidad y tamaño para determinar el desempeño de la celda con un rendimiento de 13-15%. (p. 52)

**Figura 10**

*Células de Silicio policristalino*



Nota: (Cantos Serrano, 2016)



### **b. Módulo monocristalino**

(Cantos Serrano, 2016) precisa que los paneles monocristalinos son una de las primeras tecnologías en fabricarse y en el presente una de las más utilizadas. Su estructura está formada a partir de un sólido de Silicio puro y boro cristalino intacto. Una de los puntos negativos que tiene esta tecnología es su lenta fabricación, pero a nivel de eficiencia tiene 15% hasta 18%. (p. 52)

### **Figura 11**

*Células de Silicio Monocristalinos*



Nota: (Cantos Serrano, 2016)

### **c. Módulo de silicio amorfo**

(Cantos Serrano, 2016) sostiene que los módulos de silicio amorfo son hechos principalmente por celdas de silicio de mala calidad, esto hace que los fotones no puedan ser absorbidos en grandes cantidades. Estos módulos son más económicos que el policristalino y monocristalino por ende su rendimiento es mucho menor que ellos cerca del 10%. (p.52)

## **Figura 12**

### *Células de Silicio Amorfo*



Nota: (Cantos Serrano, 2016)

### **A. Factores que influyen en el rendimiento del panel**

Los factores que influyen en el rendimiento de un panel solar son:

#### **a. Materiales de la instalación fotovoltaica.**

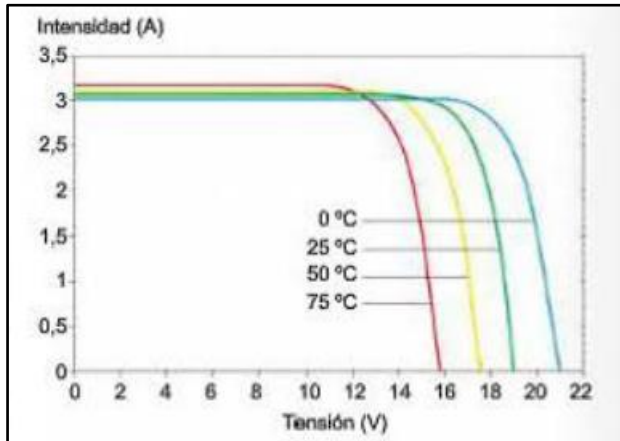
(Cantos Serrano, 2016) “indica que las células fotovoltaicas debido a una mala fabricación estas no pueden acoger la luz solar correctamente, haciendo que no generen la corriente eléctrica necesaria que demanda el sistema”. (p.24)

#### **b. Temperatura.**

(Cantos Serrano, 2016) “sostiene que el efecto de la temperatura también afecta a la tensión puesto que un panel es fabricado con un estándar de trabajo a 25°C y debido a la temperatura al aumentar hace que la tensión disminuya”. (p.24)

**Figura 13**

*Curvas tensión-intensidad de los módulos en función de la temperatura*



Nota: (Cantos Serrano, 2016)

La aproximación aceptable del comportamiento térmico de una célula puede ser expresada con la ecuación:

$$T_c = T_a + \left(\frac{NOCT-20}{800} \cdot Irradiancia\right) \dots \dots \dots (12)$$

$T_c$ : Temperatura de la célula.

$T_a$ : Temperatura ambiente.

$NOCT$ : Temperatura de operación nominal de la célula.

Teniendo la  $T_c$ , la corrección de la potencia, tensión y corriente pueden ser expresadas con las ecuaciones:

$$\Delta P_{max} = (T_{cmax} - 25^\circ C) \cdot Coef. T_{pmax} \% / ^\circ C \dots \dots \dots (13)$$

$$\Delta V_{oc} = (T_{cmin} - 25^\circ C) \cdot Coef. T_{voc} \% / ^\circ C \dots \dots \dots (14)$$

$$\Delta I_{sc} = (T_{cmax} - 25^\circ C) \cdot Coef. T_{isc} \% / ^\circ C \dots \dots \dots (15)$$

Donde:

$P_{max}$ : Potencia máxima del panel.

$T_{cmax}$ : Temperatura de la celda máxima.

$T_{cmin}$ : Temperatura de la celda mínima.

$T_{ISC}$ : Temperatura en corto circuito.

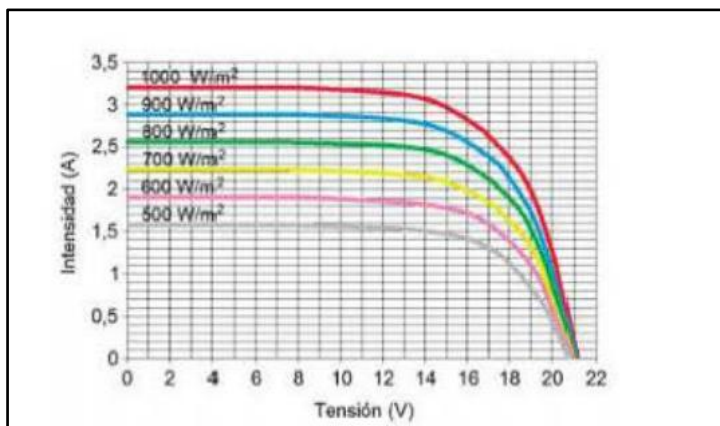
$T_{voc}$ : Temperatura en voltaje de circuito abierto.

### c. Irradiación solar

(Cantos Serrano, 2016) "indica que la irradiancia afecta el rendimiento del panel solar, según el nivel de exposición en las que se encuentren. La irradiancia es directamente proporcional a la corriente, es decir, mientras mayor irradiancia mayor corriente". (p.24)

**Figura 14**

*Curvas tensión-intensidad de los módulos en función de la irradiancia*



Nota: (Cantos Serrano, 2016)

### d. Sombras.

(Cantos Serrano, 2016) indica que los objetos o materiales que interfieren entre la luz solar y el módulo fotovoltaico causan problemas en la eficiencia creando sombras que traen como consecuencia que el panel no pueda aprovechar en su máximo la luz solar. Las sombras pueden reducir entre el 40% y 100% de la producción. (p. 29)

Para calcular la distancia mínima entre sombras se utiliza la siguiente fórmula:

$$D_s = \frac{L \cdot \cos\beta \cdot \cos\psi_s}{\tan\gamma_s} \dots\dots\dots (16)$$

Donde:

D<sub>s</sub>: Distancia de sombra

β: Ángulo de inclinación

ψ<sub>s</sub>: Elevación solar.

γ<sub>s</sub>: Azimut solar.

### A. Dimensionamiento del cable

La sección del cable (mm<sup>2</sup>), se calcula de la siguiente manera:

$$S = \frac{K \cdot \rho \cdot L \cdot I}{\Delta V(\%) \cdot V} \dots\dots\dots (17)$$

ρ= Resistividad del cable.

L= Longitud del cable

I= Intensidad máxima prevista por el cable en régimen normal.

K= Factor 2(monofásico)

ΔV= Caída de tensión en %.

V= Tensión nominal del Sistema

### 2.2.3.3 Sistema de protecciones

(Cantos Serrano, 2016) nos indica que los sistemas protecciones contra cortocircuitos y sobretensiones, también son de vital importancia para los sistemas fotovoltaicos, puesto que en las conexiones del equipo se puede presentar anomalías en la tensión o corriente que pueden ocasionar daños en los equipos y dañar a las personas. (p. 113)

Frente a ello se tienen los siguientes dispositivos de protección:

### a. Fusibles

(Cantos Serrano, 2016) “sostiene que es un dispositivo que contiene un filamento metálico en su interior, el cual al alcanzar valores altos en la corriente se funden para proteger el circuito”. (p. 113)

Los parámetros a cumplir son:

$$I_b \leq I_n \leq I_{adm} \dots\dots\dots (18)$$

$$I_2 \leq 1,25. I_{adm} \dots\dots\dots (19)$$

Donde:

$I_b$ = Intensidad de diseño del circuito

$I_n$ = Intensidad nominal del fusible

$I_{adm}$ = Intensidad máxima admisible del cable

$I_2$ = Intensidad que asegura el funcionamiento efectivo del dispositivo.

### b. Dispositivos de protección contra sobretensiones (DPS)

(Morales Peñafiel y Gomez Bravo, 2022) “sostienen que los DPS tienen la función principal de proteger el SSFV de descargas atmosféricas, transitorios en la red u otros”. (p. 33)

#### Clases de DPS:

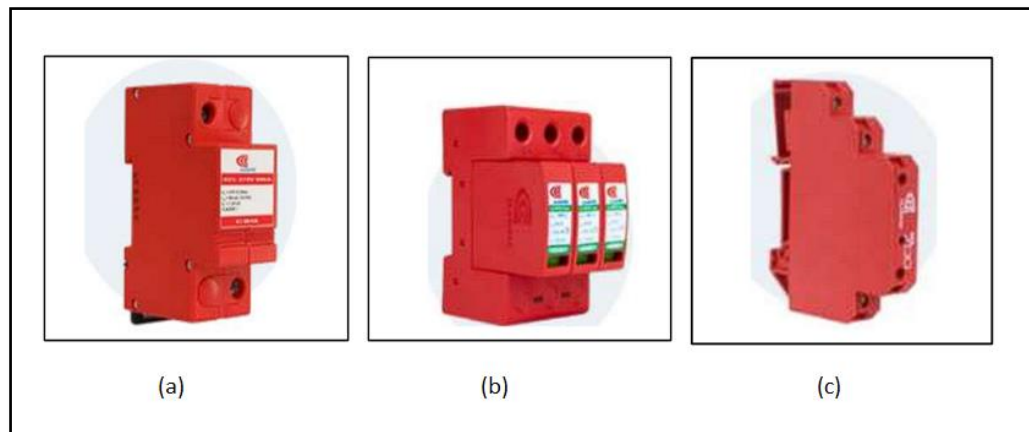
**Clase I:** Se utilizan en tableros primarios conectados al sistema puesta tierra.

**Clase II:** Se utilizan para prevenir picos ocasionados por descargas atmosféricas indirectas.

**Clase III:** Se utilizan para proteger dispositivos que están en baja exposición o como protección complementaria. (Ver figura 15)

## Figura 15

### Clases de DPS



Nota: <https://clamper.com.mx/que-es-un-dps/>.

A: DPS Clase I

B: DPS Clase II

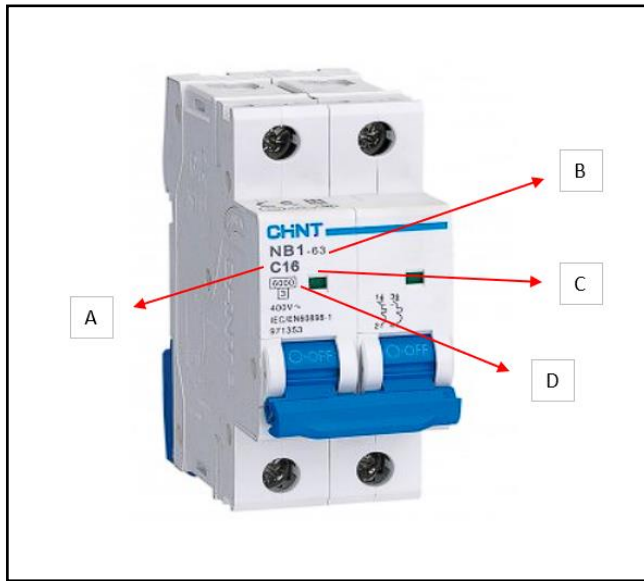
C: DPS clase III

### c. Llave termomagnética

(Cantos Serrano, 2016) “sostiene que es un dispositivo el cual cumple con la función de abrir el circuito cuando presenta altos valores de corriente”.  
(p. 59)

## Figura 16

### Llave termomagnética



Nota: <https://autosolar.pe/>

A: Curva de desconexión (B, C y D)

B: NB1-63: Modelo

C: Capacidad de corriente.

D: Corriente máxima de cortocircuito 6KA.

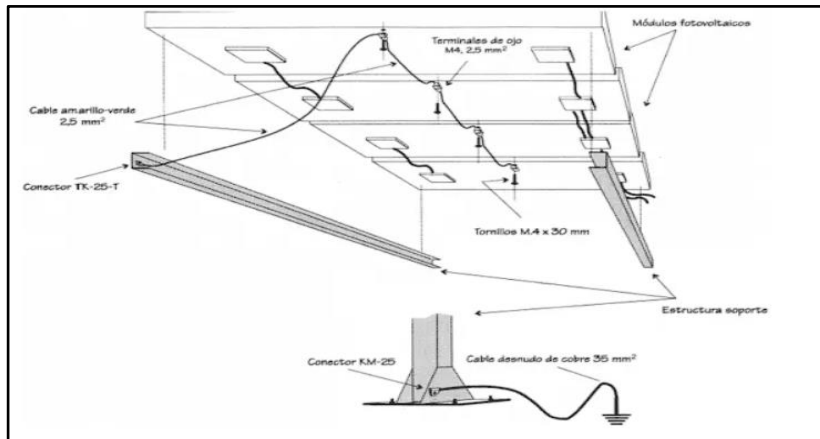
#### d. Sistema puesta a tierra (SPAT)

(Cantos Serrano, 2016) nos dice que el SPAT es un sistema de protección que tiene como función conducir las anomalías en la corriente del sistema eléctrico a un electrodo que se encuentra enterrado, es decir, llevar los defectos en la corriente causados por descargas atmosféricas u otros hacia tierra. (p. 114)



**Figura 17**

*Conexión a Tierra de la Instalación fotovoltaica*



Nota: <https://www.sfe-solar.com/>

Para la selección del conductor a tierra se utiliza la tabla brindada por el Código Nacional de Electricidad.

**Figura 18**

*Mínima sección de conductores para enlaces equipotenciales*

Máxima capacidad o ajuste del dispositivo de sobrecorriente de los circuitos protegidos [A]	Mínima sección nominal del conductor requerido [mm <sup>2</sup> ]
20	2,5
30	4
40	6
60	6
100	10
200	16
300	25
400	25
500	35
600	50
800	50
1000	70
1200	95
1600	120
2000	150
2500	185

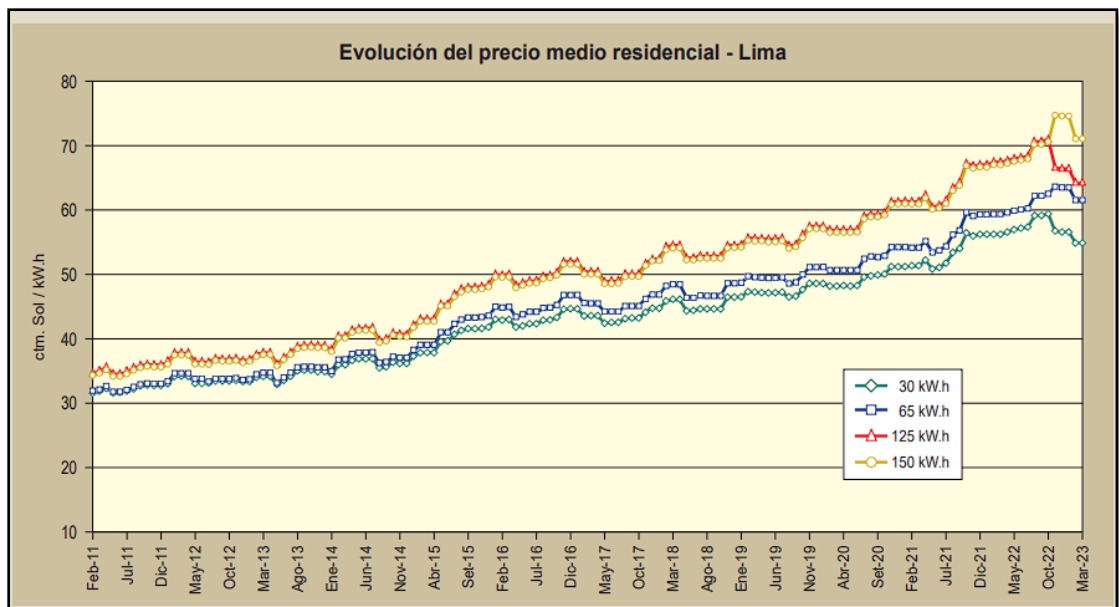
Nota: CNE-Utilización 2006

## 2.2.4 Tarifa eléctrica

(OSINERGMIN, 2023) sostiene que la variación de la tarifa de electricidad depende de los indicadores: macroeconómicos (tipo de cambio, índice de precios al por mayor, precio del cobre (Cu) y precio del Aluminio (Al), precio de los recursos de combustibles e inversiones en nuevas estructuras (energías renovables, entre otros). Tomando como análisis de datos desde enero 2011 hasta febrero 2023, se determinó que la evolución de la tarifa residencial eléctrica con usuarios que tienen de consumo 30, 65, 125 y 150 kWh con un costo aproximado de 71.08 céntimos de sol por kWh en el 2023 se tuvo un incremento de alrededor de 200% con respecto al 2011. (p.3)

**Figura 19**

*Evolución del precio medio/residencial-Lima*



Nota: (OSINERGMIN, 2023)

Tipos de tarifas eléctricas asignadas por OSINERGMIN.

**Figura 20**

*Tarifas eléctricas asignadas por OSINERGMIN baja tensión*

<b>BAJA TENSIÓN</b>	
<b>TARIFA BT2</b>	<b>TARIFA CON DOBLE MEDICIÓN DE ENERGÍA ACTIVA Y CONTRATACIÓN O MEDICIÓN DE DOS POTENCIAS 2E2P</b>
<b>TARIFA BT3</b>	<b>TARIFA CON DOBLE MEDICIÓN DE ENERGÍA ACTIVA Y CONTRATACIÓN O MEDICIÓN DE UNA POTENCIA 2E1P</b>
<b>TARIFA BT4</b>	<b>TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA ACTIVA Y CONTRATACIÓN O MEDICIÓN DE UNA POTENCIA 1E1P</b>
<b>TARIFA BT5A</b>	<b>TARIFA CON DOBLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 2E</b>
<b>TARIFA BT5B</b>	<b>TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 1E</b>
<b>TARIFA BT5B</b>	<b>TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 1E</b>
<b>TARIFA BT5D</b>	<b>TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 1E</b>
<b>TARIFA BT5D</b>	<b>TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 1E</b>
<b>TARIFA BT5E</b>	<b>TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 1E</b>
<b>TARIFA BT5E</b>	<b>TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 1E</b>
<b>TARIFA BT5F</b>	<b>TARIFA CON DOBLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 2E</b>
<b>TARIFA BT5F</b>	<b>TARIFA CON DOBLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 2E</b>
<b>TARIFA BT5I</b>	<b>TARIFA CON TRIPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 3E</b>
<b>TARIFA BT5I</b>	<b>TARIFA CON TRIPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 3E</b>
<b>TARIFA BT5C</b>	<b>TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 1E - Alumbrado Público</b>
<b>TARIFA BT6</b>	<b>TARIFA A PENSIÓN FIJA DE POTENCIA 1P</b>
<b>TARIFA BT7</b>	<b>TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 1E</b>
<b>TARIFA BT7</b>	<b>TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 1E</b>
<b>TARIFA BT8</b>	<b>TARIFA ELÉCTRICA RURAL PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS</b>

Nota: OSINERGMIN

### 2.2.5 Marco legal

Reglamentos y normas existentes:

- a. N.T.E. EM. 080 instalaciones con energía solar (Norma técnica de edificación EM 080 instalaciones con energía solar)

La presente normativa describe los procedimientos a seguir y las especificaciones técnicas que deben tener las residencias que opten por el aprovechamiento de la energía solar. El marco normativo para SSFF se basa en: la orientación, el lugar, la estructura, superficie y protecciones eléctricas.

- b. Resolución ministerial R.M. N° 037-2006-MEM/DM

El documento hace referencia a la vigencia del CNE-Utilización.

- c. CNE – utilización: sección 350

Nos hace referencia a aspectos generales de los sistemas solares fotovoltaicos, mencionando la terminología, el rotulado correcto y conectores o enchufes.

- d. R.D. N. °003-2007-EM/DGE

La presente normativa refiere sobre especificaciones técnicas y procedimientos de evaluación del sistema fotovoltaico con sus componentes para electrificación rural.

- e. Decreto Legislativo N° 1002

Decreto legislativo de promoción de la inversión para la generación de electricidad con el uso de energías renovables.

### 2.3 Definición de términos básicos:

**Célula o celda fotovoltaica:** Unidad básica de un sistema fotovoltaico donde se produce la transformación de la radiación solar en energía eléctrica.

**Condiciones STC:** Standard Test Conditions, parámetros fundamentales de un panel solar, que deben siempre medirse bajo una serie de condiciones de trabajo aceptadas internacionalmente.

**Corriente alterna:** Corriente eléctrica, en la que la dirección del flujo de electrones va y viene a intervalos regulares o en ciclos.

**Corriente continua o directa:** Corriente eléctrica que fluye de forma constante en una dirección.

**Corriente de punto de máxima potencia:** Corriente producida cuando la potencia es máxima, bajo unas condiciones estándar de medida.

**Corriente en cortocircuito:** máximo valor de corriente que puede circular por la célula solar.

**Curva I-V:** Es la información esencial para caracterizar a los módulos fotovoltaicos en la que se relaciona la Intensidad vs. Voltaje bajo condiciones determinadas de radiación.

**Distribuidora eléctrica:** Empresa propietaria de infraestructura eléctrica con la función de distribuir la energía hacia puntos de consumo.

**Efecto Fotovoltaico:** Conversión directa de la radiación solar en energía eléctrica.

**Eficiencia del panel:** Es la relación que existe entre la energía que realmente transforma en energía útil y la que requiere un determinado equipo para su funcionamiento.

**Factura de consumo eléctrico:** Es el documento que recibe el cliente al final de cada periodo de facturación, en el que se detalla el consumo eléctrico realizado y el importe que hay que abonar por él.

**Interruptor:** Interruptor, seccionador de potencia, seccionador u otro dispositivo diseñado para establecer, interrumpir o cambiar la conexión de un circuito

**Kilovatio (kW):** Unidad de potencia equivalente a 1 000 vatios.

**Osinergmin:** Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería.

**Potencia de punto máximo de un panel (Wp):** Potencia que suministra un panel fotovoltaico cuando el producto de la tensión por la intensidad es máximo.

**Silicio:** Elemento químico del que básicamente se componen las células de un panel solar. Es de naturaleza prácticamente metálica, gris oscuro y de excelentes propiedades semiconductoras.

**Sistema fotovoltaico:** Conjunto de elementos que componen una instalación fotovoltaica, necesarios para suministrar energía a las distintas aplicaciones.

**Tarifa eléctrica:** Es el precio que pagan los usuarios o consumidores del servicio público de electricidad a la distribuidora, a cambio de la prestación del servicio.

**Voltaje de máxima potencia:** Tensión producida cuando la potencia es máxima.

**Voltaje en circuito abierto:** La máxima tensión que se obtiene en los extremos de la célula solar, que se da cuando no está conectada a ninguna carga. Es una característica del material con el que está construida la célula.

## CAPÍTULO III

### DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL

#### 3.1 Determinación y análisis del problema

El incremento de los precios de la tarifa eléctrica en los recibos emitidos en Perú por las distribuidoras ha causado que los ingresos mensuales se reduzcan afectando así el crecimiento de la empresa, la mejora de infraestructura e implementación de nuevos equipos tecnológicos que ayudarían a mejorar tanto el rendimiento de los colaboradores como el ingreso mensual. Las oficinas administrativas de la empresa Perú Minerals Corp. S.A.C. sede puente piedra, es un centro de labores los cuales presentó un alto consumo de la energía los meses: enero, febrero y abril; debido a que los colaboradores hacen un mal uso de la conexión de los equipos eléctricos y los equipos de iluminación que están encendidos todo el tiempo de labores; esto genera que el consumo sea elevado reflejándose en el recibo emitido por la distribuidora eléctrica. Así mismo, implementaron que la operatividad de algunos equipos administrativos se reduzca ocasionando un bajo rendimiento de los colaboradores. Por ello se requerirá la búsqueda de una fuente de energía para poder amortiguar el costo del consumo de energía eléctrica.

#### 3.2 Modelo de solución propuesto

##### 3.2.1 Determinación del potencial de radiación solar

Según la dirección donde está ubicado las oficinas administrativas de la empresa Perú Minerals Corp. S.A.C. Calle N 1 Mz. B Lt. 2 Puente Piedra-Vegas - Puente Piedra, se ubica las coordenadas geográficas para obtener la latitud y longitud. (Ver tabla 2)

**Tabla 2**

*Coordenadas Geográficas*

<b>Coordenadas Geográficas</b>	
Latitud	Longitud
-11.86195	-77.07069
Ángulo óptimo ( $\beta$ ) = 15°	

Nota: Elaboración propia.

### A. Método del peor mes

(Bayod Rújula, 2009) “sostiene que el método nos dice que debemos hacer todos los cálculos con el mes donde hay menos radiación o sea más crítica y así no se tendrá problemas en el resto de año”. (p.277)

En función de la latitud y la longitud indicado en la tabla 2, referimos la consulta de la radiación solar por día (kWh/m<sup>2</sup>/día), la temperatura máxima y mínima por mes, en la página web de la NASA, para lo cual se evalúa el comportamiento de esta información en los 3 últimos años. (Ver tabla 3 y 4)

**Tabla 3**

*Datos de radiación solar para una inclinación de 15°*

	<b>2022</b>	<b>2021</b>	<b>2019</b>	<b>Prom</b>
Ene.	5.87	5.8	5.81	<b>5.83</b>
Feb.	6.08	6.16	5.95	<b>6.06</b>
Mar.	6.14	6.39	6.46	<b>6.33</b>
Abr.	5.58	5.97	6.22	<b>5.92</b>
May.	4.72	4.49	4.68	<b>4.63</b>
Jun.	3.71	3.43	3.45	<b>3.53</b>
Jul.	3.45	3.48	3.64	<b>3.52</b>
Ago.	3.74	4	4.1	<b>3.95</b>
Set.	4.36	4.55	4.6	<b>4.50</b>
Oct.	5.22	5.31	5.32	<b>5.28</b>
Nov.	5.28	5.53	5.7	<b>5.50</b>
Dic.	5.68	5.45	5.48	<b>5.54</b>

Nota: <https://power.larc.nasa.gov/>



**Tabla 4***Tabla de datos de temperatura*

Mes	2022		2021		2019		Prom	
	T°min (°C)	T°max (°C)	T°min (°C)	T° max (°C)	T° min (°C)	T° max (°C)	T°min (°C)	T°ma x(°C)
Ene	14.98	25.29	9.95	26.37	9.95	23.4	<b>11.63</b>	<b>25.0</b>
Feb.	15.61	25.71	9.02	25.71	8.63	26.3	<b>11.09</b>	<b>25.9</b>
Mar.	15.48	25.33	9.58	26.33	9.8	26.3	<b>11.62</b>	<b>26.0</b>
Abr.	13.55	24.59	10.89	25.7	10.1	25.7	<b>11.51</b>	<b>25.3</b>
May	12.54	23.97	10.98	25.03	11.8	25.03	<b>11.77</b>	<b>24.7</b>
Jun.	11.12	23.05	10.92	23.37	11.7	24.5	<b>11.25</b>	<b>23.6</b>
Jul.	11.50	23.68	11.84	23.57	11.6	23.6	<b>11.65</b>	<b>23.6</b>
Ago	11.20	23.04	11.04	23.4	11.9	24	<b>11.38</b>	<b>23.5</b>
Set.	11.54	23.44	11.17	23.64	11.0	23.6	<b>11.24</b>	<b>23.6</b>
Oct.	11.15	22.95	11.21	24.74	11.9	24.7	<b>11.42</b>	<b>24.1</b>
Nov	12.30	24.94	10.5	24.27	10.9	24.3	<b>11.23</b>	<b>24.5</b>
Dic.	13.23	23.83	10.12	24.44	10.2	24.6	<b>11.18</b>	<b>24.3</b>

Nota: <https://power.larc.nasa.gov/>

Para efectos de desarrollo del diseño del sistema fotovoltaico, se considera evaluar el mes con menor valor promedio de radiación solar según (Bayod Rújula, 2009) y se evalúa con respecto a los últimos 3 años. De esta manera, notamos que el mes de julio posee un valor de 3.52 KWh/m<sup>2</sup>/día, adicionalmente se contempla la temperatura mínima de 11.65°C y la temperatura máxima de 23.62°C

### 3.2.2 Dimensionamiento y selección de componentes del sistema fotovoltaico

#### a. Cantidad de módulos en el área disponible

La empresa Perú Minerals Corp. S.A.C. posee un espacio en el tercer nivel para disponer la instalación de los paneles fotovoltaicos, el cual limitará la capacidad de generación del sistema fotovoltaico, siendo un área aprovechable de  $30\text{m}^2$  ( $28\text{m}^2$  para los módulos y  $2\text{m}^2$  de espacio para considerar área de sombras) para distribuir adecuadamente los espacios de los paneles que se utilizarán.

**Figura 21**

*Coordenada Geográfica*



Nota: Google Earth

De esta manera, en el presente trabajo se analiza la tecnología de paneles monocristalinos y policristalinos para el aprovechamiento del área disponible y generación de energía que permita reducir la facturación de energía eléctrica de la empresa Perú Minerals Corp. S.A.C. Es por ello, que se compara las características de un módulo monocristalino de potencia 435 W marca AE-SOLAR y un módulo policristalino de potencia 435 W de marca Canadian Solar. (Ver tabla 5)

**Tabla 5***Características del módulo fotovoltaico*

<b>MÓDULO FOTOVOLTAICO</b>	<b>AE435BME-46F Monocrystalino</b>	<b>CS3W-435PB-AG- SE Policristalino</b>
Potencia Máxima (Pmax)	435	435
Máxima Capacidad de Voltaje (Vmp)	36.2	40.1
Máxima Capacidad de Corriente (Imp)	12.02	10.85
Voltaje de Circuito abierto (Voc)	43.6	48.6
Corriente de Corto circuito (Isc)	12.79	11.35
Eficiencia del módulo (%)	20.93	19.47
Dimensiones (mm)	1898x1095x30	2132x1048x30

Nota: Elaboración propia

Por lo tanto, con las medidas de los módulos fotovoltaicos de la tabla 5 y la disponibilidad de área de 30 m<sup>2</sup>, se determina la cantidad de paneles que pueden ocupar tanto para policristalinos y monocrystalinos, así como la potencia del sistema fotovoltaico, por lo que se utiliza la ecuación (2) mostrando los valores en la tabla 6.

**Tabla 6***Tabla de dimensiones según el área*

<b>MÓDULO FOTOVOLTAICO</b>	<b>AE435BME-46F Monocrystalino</b>	<b>CS3W-435PB-AG Policristalino</b>
Área disponible de instalación (m <sup>2</sup> )	28	28
Área del módulo (m <sup>2</sup> )	2.08	2.23
Número de módulos	14	13
Potencia del generador FV (W)	6090	5655

Nota: Elaboración propia

Dado los valores de cantidad de módulos y potencia del sistema fotovoltaico en la tabla 6, se evidencia que el panel de tecnológica monocrystalino es la

opción más resaltante para obtener una mayor potencia del sistema fotovoltaico en un mismo espacio con respecto a la tecnología de panel policristalino.

**b. Corrección de potencia por influencia de la temperatura.**

De acuerdo al análisis anterior mostrado en la tabla 6, se determina la potencia según la temperatura de la celda para el panel monocristalino de 435 W. Es así que, se calcula la potencia corregida en función de la temperatura utilizando las ecuaciones (12), (13), (14) y (15) resultados los cuales se muestran en la tabla 7.

**Tabla 7**

*Corrección de potencia por influencia de la temperatura*

<b>Influencia de la temperatura (Monocristalino)</b>		
Tcmax	54.95	°C
Tcmin	43.25	°C
Var. Potencia	-10.18	%
Var. Voc	-4.93	%
Var. Isc	1.20	%
Pot. max corregida	390.70	<b>W</b>
Voc Corregido	41.45	<b>V</b>
Isc Corregido	12.94	<b>A</b>
Vmpp en serie	290	<b>V</b>
ISC en paralelo	12.94	<b>A</b>
Isc en paralelo	12.28	<b>A</b>

Nota: Elaboración propia

Al obtener la potencia del módulo fotovoltaico corregida mostrada en la tabla 7 y con la radiación solar mínima promedio se determina la cantidad de módulos en serie y en paralelo del sistema fotovoltaico, así como la energía del sistema. (Ver tabla 8)

**Tabla 8**

Características de los equipos del sistema fotovoltaico

<b>Sistema Fovovoltaico</b>	<b>Características</b>
Potencia del módulo corregida AE435BME-46F Monocristalino	390.70 W
Potencia del generador corregida	5469.8 W
Voltaje del Sistema CC.	240 V
Número de módulos	14
Número de módulos en serie	7
Número de módulos en paralelo	2
Energía producida del Generador	19254.4 Wh/día

Nota: Elaboración propia

En base a la ecuación (8) y la potencia del generador calculada en la tabla 7, se obtiene una potencia de inversor de 5 kW, para lo cual se seleccionó el inversor FRONIUS SYMO 5.0-3-M cumpliendo las características necesarias para recibir la energía de los módulos. (Ver tabla 9)

**Tabla 9***Características del Inversor*

<b>INVERSOR FRONIUS SYMO 5.0-3-M</b>	
Rango de Potencia (P max)	5000 W
Rango de Tensión (Umpp)	163-800 V
Tensión mínima para potencia nominal	150 V
Tensión Máxima	1000 V
Corriente Máxima	24 A
Eficiencia del inversor (%)	98 %


Nota: Elaboración propia

Así mismo, se realiza la simulación con el software PVSYST para respaldar los cálculos realizados. La simulación en PVSYST V7.4.2 especifica que el diseño del sistema fotovoltaico debe darse a través de la instalación de 14 módulos de 435 W marca AE-SOLAR. (Ver figura 22).

Así mismo, se obtienen los resultados para una potencia del sistema de 5.57 kW conectados a 1 inversor de 5 kW marca FRONIUS dando como resultado de la simulación una energía producida de 10346.91 kWh/año. (Ver figura 23)

**Figura 22**

*Datos de resumen de simulación*



**Proyecto: Diseño de Sistema Fotovoltaico Peru Minerals Corp**

Variante: Nueva variante de simulación

**PVsyst V7.4.2**  
 VC2, Fecha de simulación:  
 05/11/23 00:32  
 con v7.4.2

**Parámetros generales**

<b>Sistema conectado a la red</b>		<b>Sin escena 3D definida, sin sombras</b>	
<b>Orientación campo FV</b>			
<b>Orientación</b>		<b>Configuración de cobertizos</b>	
Plano fijo		Sin escena 3D definida	
Inclinación/Azimut	15 / 0 *	<b>Modelos usados</b>	
		Transposición	Perez
		Difuso	Perez, Meteonorm
		Circunsolar	separado
<b>Horizonte</b>		<b>Sombreados cercanos</b>	
Horizonte libre		Sin sombreados	
		<b>Necesidades del usuario</b>	
		Carga ilimitada (red)	

**Características del generador FV**

<b>Módulo FV</b>		<b>Inversor</b>	
Fabricante	Generic	Fabricante	Generic
Modelo	AE 435BME-46F	Modelo	Symo 5.0-3-M
(Base de datos PVsyst original)		(Base de datos PVsyst original)	
Unidad Nom. Potencia	435 Wp	Unidad Nom. Potencia	5.00 kWca
Número de módulos FV	14 unidades	Número de inversores	2 * MPPT 50% 1 unidad
Nominal (STC)	6.09 kWp	Potencia total	5.0 kWca
Módulos	2 Cadenas x 7 En series	Voltaje de funcionamiento	150-800 V
<b>En cond. de funcionam. (50°C)</b>		Proporción Pnom (CC:CA)	1.22
Pmpp	5.57 kWp	No hay reparto de potencia entre MPPTs	
U mpp	231 V		
I mpp	24 A		
<b>Potencia FV total</b>		<b>Potencia total del inversor</b>	
Nominal (STC)	6 kWp	Potencia total	5 kWca
Total	14 módulos	Número de inversores	1 unidad
Área del módulo	29.1 m <sup>2</sup>	Proporción Pnom	1.22
Área celular	28.2 m <sup>2</sup>		

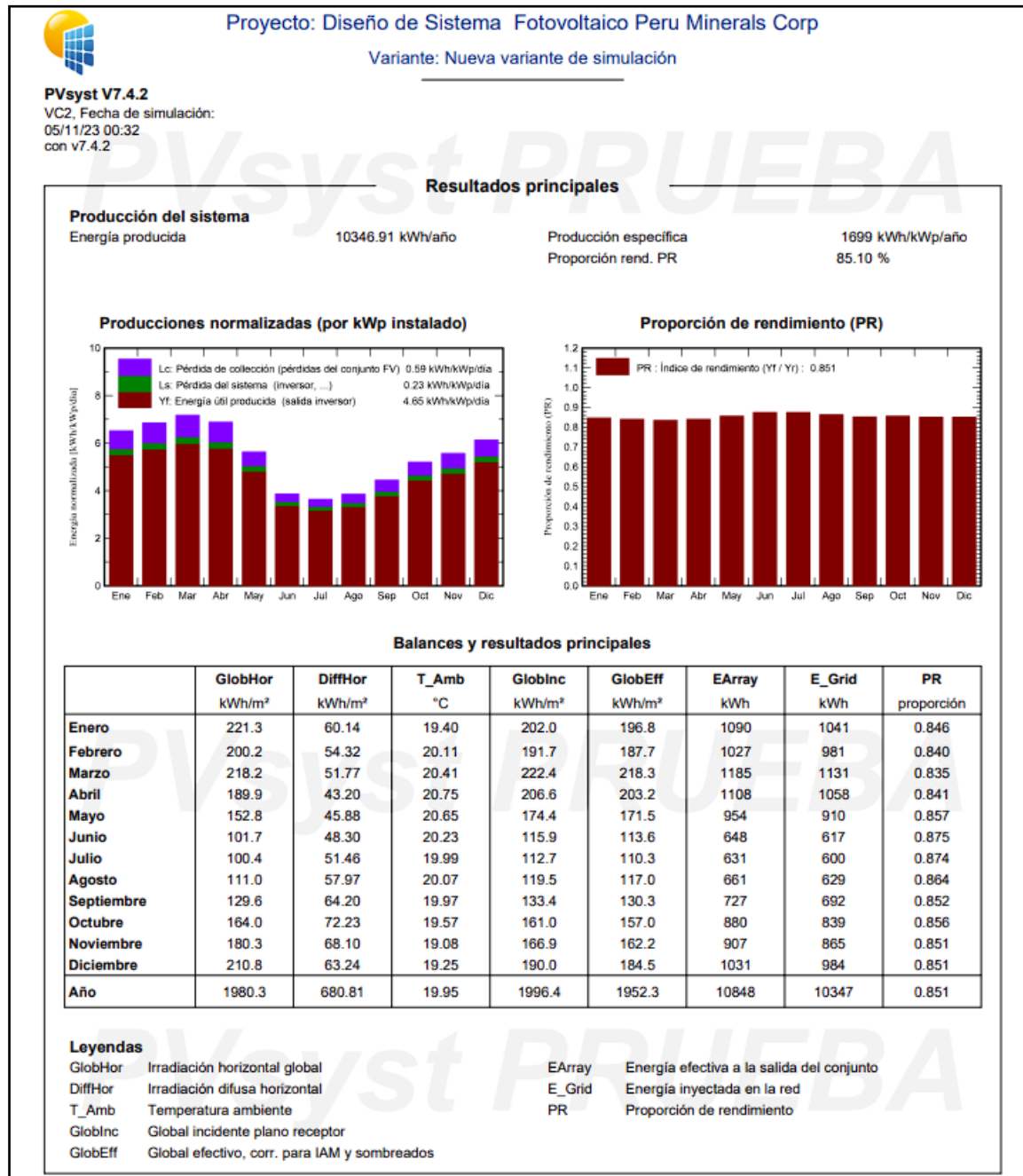
**Pérdidas del conjunto**

<b>Factor de pérdida térmica</b>		<b>Pérdidas de cableado CC</b>		<b>Pérdida de calidad módulo</b>				
Temperatura módulo según irradiancia		Res. conjunto global	157 mΩ	Frac. de pérdida	-0.8 %			
Uc (const)	20.0 W/m <sup>2</sup> K	Frac. de pérdida	1.5 % en STC					
Uv (viento)	0.0 W/m <sup>2</sup> K/m/s							
<b>Pérdidas de desajuste de módulo</b>								
Frac. de pérdida		2.0 % en MPP						
<b>Factor de pérdida IAM</b>								
Efecto de incidencia (IAM): Fresnel, revestimiento AR, n(vidrio)=1.526, n(AR)=1.290								
0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.999	0.987	0.962	0.892	0.816	0.681	0.440	0.000

Nota: PVSYST V7.4.2

**Figura 23**

*Resultados de simulación PVSYST*



Nota: PVSYST V7.4.2.

### c. Selección de conductores

La sección de los conductores se determina por la distancia entre componentes y la caída de tensión permitida según la Dirección General de Electricidad (R.D. N. °003-2007-EM/DGE). (Ver tabla 10)

**Tabla 10**

*Sección del conductor entre componentes*

COMPONENTE 1	COMPONENTE 2	L(m)	Máxima caída de tensión admisible	I (A)	V	S(mm <sup>2</sup> )
Generador	Inversor	14	1%	12.94	240	3.32
Inversor	Tablero TD	10	1%	22.73	220	3.93

Nota: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla 10, se utiliza un cable de sección 4 mm<sup>2</sup> para el tramo del generador al inversor y el cable de sección 4 mm<sup>2</sup> del inversor al tablero de distribución.

### d. Distancia de Sombras

Cada cadena del sistema fotovoltaico debe tener una distancia entre sí, respectiva para evitar que las sombras afecten la producción de energía. A su vez, se aplica la ecuación (16) para determinar la distancia de sombras por lo que se utiliza la página SunEarthTools para obtener el valor del ángulo de elevación y el azimut. (ver anexo A)

$$D_s = 1.2 \text{ mts}$$

Las cadenas del sistema fotovoltaico tendrán una distancia de 1.2 mts. Por lo tanto, mi área de ocupación es 29.10 m<sup>2</sup>.



### e. Sistema de Protección

Para el sistema de protecciones se dimensiona la colocación fusible, el cual se determina con la ecuación (19) y el detalle de la tabla 10, dando como resultado la selección del dispositivo de fusibles de 16 A en DC por cadena.

### 3.2.3 Determinación de las cargas de consumo eléctrico

Para determinar el consumo de energía que abastecerá la instalación fotovoltaica, se recopila la información técnica de los equipos eléctricos (cargas) que se encuentran dentro de la empresa Perú Minerals Corp. S.A.C, por lo tanto, en la figura 24, se detalla la demanda máxima de las cargas.

**Figura 24**

*Cuadro de cargas*

CUADRO DE CARGAS DEL TABLERO GENERAL TG 220 PERU MINERALS CORP - SEDE PUENTE PIEDRA								
TABLERO TG : 220V-3Ø-60Hz (Oficinas Administrativas)								
TIPO DE CARGA	UBICACIÓN	CANT.	POTENCIA UNITARIA (W)	POTENCIA INSTALADA (W)	F.D.	DEMANDA MAXIMA (WH)	HORAS DE USO	ENERGÍA USADA DURANTE EL DÍA (Wh/día)
1. COMPUTADORAS	OF ADMINI-	5.00	300.00	1,500.00	0.80	1,200.00	6.00	7,200.00
2. LAPTOP HP	OF ADMINI-	5.00	135.00	675.00	1.00	675.00	6.00	4,050.00
3. VENTILADOR	OF ADMINI-	0.00	50.00	0.00	0.80	0.00	6.00	0.00
4. TELEVISOR 32"- 50"	OF ADMINI-	1.00	90.00	90.00	0.80	72.00	6.00	432.00
5. IMPRESORAS HP	OF ADMINI-	2.00	20.00	40.00	0.70	28.00	6.00	168.00
6. CAMARAS DE VIGILANCIA	OF ADMINI-	4.00	120.00	480.00	1.00	480.00	6.00	2,880.00
7. LUMINARIAS RECTANGULAR PHILLIPS LED	OF ADMINI-	6.00	15.00	90.00	1.00	90.00	6.00	540.00
8. LUMINARIAS CIRCULAR PHILLIPS LED	OF ADMINI-	6.00	16.00	96.00	1.00	96.00	6.00	576.00
9. LUMINARIA TIPO REJILLA CON DOS LAMPARAS FLUORESCENTES	OF ADMINI-	10.00	36.00	360.00	1.00	360.00	6.00	2,160.00
10. LUMINARIAS LED PHILLIPS	OF ADMINI-	10.00	16.00	160.00	1.00	160.00	6.00	960.00
<b>SUB TOTAL</b>				<b>3,491.00</b>		<b>3,161.00</b>	6.00	<b>18,966.00</b>
<b>TOTAL</b>				<b>3,491.00</b>		<b>3,161.00</b>		<b>18,966.00</b>

<b>P.I. = 3.49 kW</b>
<b>D.M. = 3.16 kW</b>
<b>E (Wh/día)= 19.0 kWh/día</b>

Nota: Elaboración propia

De acuerdo a la figura 24, la máxima demanda que va abastecerá el sistema fotovoltaico es de 19 kWh/día

### 3.2.4 Reducción de factura eléctrica

La reducción de la factura eléctrica será evaluada según el consumo emitido por los recibos de la empresa distribuidora de un periodo de 6 meses. (Ver tabla 11)

**Tabla 11**

*Registros de recibos emitidos por ENEL*

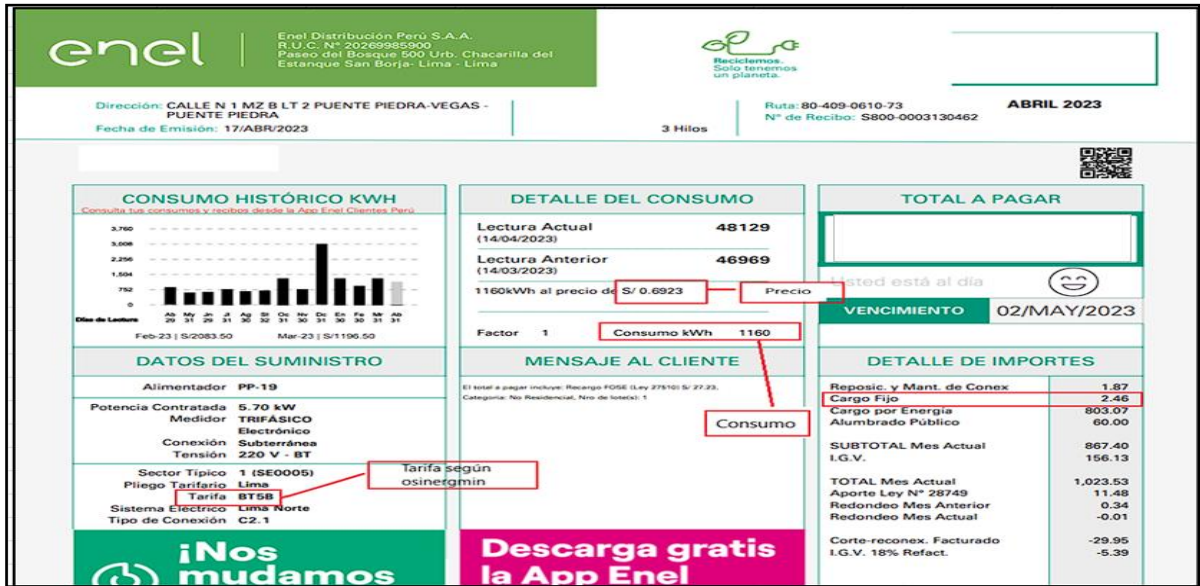
<b>Mes</b>	<b>Consumo (kWh)</b>
Enero	1307
Febrero	943
Marzo	1324
Abril	1160
Mayo	1002
Junio	882
<b>Total</b>	<b>6618</b>

Nota: Elaboración propia

En la tabla 11, se muestra la factura eléctrica del mes de mayo de las oficinas administrativas de la empresa Perú Minerals Corp. S.A.C, en el que se resalta los costos asociados al consumo de energía, tales como: precio de energía, cargo fijo y cargo por energía. Además de presentar otros cargos que se asocian a la reparación, mantención de conexiones y al alumbrado público. (Ver figura 25)

**Figura 25**

*Recibo emitido por ENEL*



Nota: Elaboración propia.

Para determinar la reducción de la factura eléctrica, se calcula la generación de energía mensual del sistema fotovoltaico, el cual atenderá a la demanda de las oficinas administrativas de la empresa Perú Minerals Corp. S.A.C sede puente piedra, por lo que en la tabla 12 se presenta el análisis para el periodo de los 6 meses.

**Tabla 12**

*Tabla de generación de energía eléctrica del sistema fotovoltaico*

	Ene.	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Irradiación kWh/m <sup>2</sup> /mes	180.73	169.68	196.23	177.6	143.53	105.9
HSP(h)						
Potencia del SFV 5470W	5.83	6.06	6.33	5.92	4.63	3.53
Producción de energía diaria(W)	31889.26	33147.32	34624.18	32381.54	25325.43	19308.59
Producción de energía mensual (KWh)	988.567	928.125	1073.350	971.446	785.088	579.258

Nota: Elaboración propia

Asimismo, se realiza la comparación de energía y costos entre lo facturado por la empresa distribuidora y lo suministrado por el sistema fotovoltaico. Para ello, se considera el precio de energía y cargo fijo bajo una tarifa BT5B para estimar los costos de generación del sistema fotovoltaico (precios asignados por OSINERGMIN). (Ver tabla 13)

**Tabla 13**

*Tabla de monto facturado por recibo vs monto de la energía generada por el SFV.*

Mes	Lectura del recibo kWh	Monto Facturado en recibo(S/.)	Potencia generada por S. Fotovoltaico (kWh)	Monto de facturación del S. Fotovoltaico (S/.)	Ahorro (S/.)
Enero	1307	955.83	988.57	721.56	232.27
Febrero	943	681.54	928.13	670.83	10.71
Marzo	1324	921.85	1073.35	747.79	174.05
Abril	1160	805.53	971.45	674.99	130.54
Mayo	1002	686.52	785.09	538.43	148.09
Junio	882	598.32	579.26	393.79	204.53
TOTAL	6618	4649.58	5325.83	3749.40	

Nota: Elaboración propia

Posteriormente, se determina el porcentaje de ahorro obtenido tras la reducción de la factura eléctrica por el diseño del sistema fotovoltaico.

$$\text{Ahorro logrado en la facturación} = \frac{\text{Costo de la Energía producida por el S. F}}{\text{Costo de la energía del edificio}}$$

$$\text{Ahorro} = 0.81 \cong 81\%$$

### 3.3 Resultados

#### Resultado 1

Se determinó el potencial de radiación solar del sistema fotovoltaico según los datos brindados por la página web de la NASA mostrados en la tabla 3 y 4, para el diseño del SFV se considera el valor mínimo de radiación solar mensual generado, temperatura mínima, y temperatura máxima, siendo julio el mes seleccionado. (Ver tabla 14)

**Tabla 14**

*Tabla de datos de HSP mes de Julio*

Parámetros	Mes de Julio
T Max(°C)	23.60
T Min (°C)	11.65
kWh/m <sup>2</sup> /día	3.52

Nota: Elaboración propia

#### Resultado 2

Se dimensionó los componentes para el diseño del sistema fotovoltaico para un área de 30 m<sup>2</sup>, obteniéndose 14 módulos del tipo monocristalino para generar 5469.8 W, y según las características técnicas del panel seleccionado de 435 W, se obtuvo 7 módulos en serie y 2 módulos en paralelo mostrados en la tabla 6 y 7; además de seleccionar un inversor de 5 kW. (Ver tabla 15)

**Tabla 15**

*Tabla de componentes del sistema fotovoltaico*

Componentes	Marca	Modelo	Cantidad	Potencia(W)
Módulo Monocristalino	AE-SOLAR	AE435BME-46F	14	435
Inversor	FRONIUS	SYMO 5.0-3-M	1	5000

Nota: Elaboración propia

### Resultado 3

Se determinó que las cargas que serán atendidas por el sistema fotovoltaico para reducir la facturación de energía eléctrica en las oficinas administrativas Perú Minerals Corp. S.A.C sede puente piedra según el cuadro de cargas detallado en la figura 24, es de 19 kWh/día que contempla equipos de oficinas y luminarias ubicados en el piso 1 y 2. (Ver tabla 16)

#### Tabla 16

*Tabla de detalle de energía usada durante el día*

<b>TABLERO TG: 220V-3Ø-60Hz (Oficinas Administrativas)</b>	
<b>Energía (Wh/día)</b>	19 kWh/día

Nota: Elaboración propia

### Resultado 4

Se determinó la reducción de facturación eléctrica para las oficinas administrativas de la empresa Perú Minerals Corp. S.A.C sede puente piedra para un periodo de 6 meses, el cual fue calculado de acuerdo a la comparación el costo de energía del sistema fotovoltaico entre el monto facturado por los recibos emitidos por la empresa distribuidora de energía eléctrica detallado en la tabla 13 dando un ahorro de 3749.40 soles, que representa el 81%. (Ver tabla 17)

#### Tabla 17

*Tabla comparativa de costo del recibo y costo de la energía producida por el sistema fotovoltaico*

	<b>Monto Facturado en recibo(S/.)</b>	<b>Monto de facturación del S. Fotovoltaico (S/.)</b>	<b>Ahorro (%)</b>
TOTAL	4649.58	3749.40	81%

Nota: Elaboración propia.

## CONCLUSIONES

El potencial de radiación solar para las oficinas administrativas de la empresa Perú Minerals Corp. S.A.C. sede puente piedra, en base a lo indicado por parte de la nasa cuenta con un rango de radiación solar de 6.33 kWh/mes a 3.52 kWh/mes mostrados en la tabla 3, considerándose aceptable para el desarrollo del diseño del sistema fotovoltaico.

El diseño del sistema fotovoltaico cuenta con una potencia de 5469.8 W, equipo con 7 módulos en serie y 2 módulos en paralelo de 435 W cada uno, ocupando un área de 30 m<sup>2</sup>, con un ángulo de inclinación de 15° y orientados al norte, así también se encuentran conectado a un inversor de 5 kW marca FRONIUS, ubicados en las oficinas administrativas de la empresa Perú Minerals Corp. S.A.C sede puente piedra datos mostrados en la tabla 8.

Las cargas eléctricas de las oficinas administrativas de la empresa Perú Minerals Corp. S.A.C sede puente piedra para equipos administrativos y iluminación tiene una demanda de 3.16 kW con 6 horas promedio al día de utilización, se obtiene 19 kWh/día que involucra equipos de oficina y luminarias.

El diseño del sistema fotovoltaico permite reducir la factura eléctrica en un 81% de su costo facturado, como se muestra en el análisis de la tabla 13 en el periodo de 6 meses se obtiene 3749.40 soles de ahorro para las oficinas administrativas de la empresa Perú Minerals Corp. S.A.C. sede puente piedra.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda analizar el tipo de estructura para la instalación del sistema fotovoltaico que será montada en el techo de las oficinas administrativas de la empresa Perú Minerals Corp. S.A.C. sede puente piedra, dado que es necesario conocer el peso aceptable que puede soportar esa área disponible.

Se recomienda establecer el plan de mantenimiento para el sistema fotovoltaico que se implementará en las oficinas administrativas de la empresa Perú Minerals Corp. S.A.C. sede puente piedra. esto para mantener y alargar la vida útil de los componentes del sistema fotovoltaico.

Se recomienda realizar posteriormente estudios de cálculo de huella de carbono, ya que es un factor importante en el cuidado del medio ambiente.

Se recomienda a futuro analizar la instalación de un seguidor solar para mejorar el aprovechamiento de la energía solar para dar mas ahorro en la facturación de energía



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcedo Aspilcueta, L., y Gonzales Urbina, G. (2018). *Diseño de un sistema fotovoltaico de conexión a red de 500KW para reducir la facturación en el consumo de la demanda de energía eléctrica Centro de datos Bitel-Arequipa*. Tesis para título profesional de Ingeniería de Energía. Universidad Nacional del Callao, Perú. Repositorio UNAC.

Alonso Montes, J., Fernández Durán, A., Jiménez Suárez, C., Lecuona Rivot, A., Mellado García, F., Plaza Fernández, J. F., . . . Sala Pano, G. (2007). *Energía Solar Fotovoltaica*. Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación. Madrid. Ibergraphi.

Alvarado Ladron de Guevara, J. (2018). *Diseño y cálculo de una instalación fotovoltaica aislada*. Trabajo de investigación. Universidad Politécnica de Madrid. Archivo Digital UPM.

Baselga Carreras, M. (2019). *Instalaciones Solares Fotovoltaicas*. Madrid. Editex.

Bayod Rújula, A. (2009). *Sistemas Fotovoltaicos*. Pressas Universitarias de Zaragoza

Cantos Serrano, J. (2016). *Configuración de sistemas solares fotovoltaicos*. Madrid, España(1ra edición). Ediciones Paraninfo SA.

- Cardozo Piña, A. (2014). *Cálculo y diseño de un sistema solar fotovoltaico para uso doméstico*. Tesina para el título de Especialista en Construcción Urbana. Universidad Autónoma de México.
- Chamba Lino, E. J., y Oyague León, S. M. (2022). *Análisis y Diseño fotovoltaico para un sistema de riego ubicado en el Cantón Mocche*. Guayaquil. Tesis para título de Ingeniero Eléctrico. Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador. Repositorio UPS.
- Cruz Carrascal, E., y De la Fuente Casal, P. (2012). *Inversores en aplicaciones fotovoltaicas*. Trabajo de fin de grado. Universidad de Valladolid, España. Repositorio UVA.
- Diaz Reyes, J., y Giraldo Orjuela, S. (2021). *Diseño de un sistema fotovoltaico tipo On Grid que suplira el 60% de la carga eléctrica total de la empresa INCOEL S.A.S. Bogotá, Colombia*. Tesis para título de Ingeniería Electromecánica. Universidad Antonio Nariño, Colombia. Repositorio UAN.
- Guarin Contreras, J., y Sandoval Caro, S. (2022). *Comparacion de celdas fotovoltaicas monocristalina y policristalina en condiciones climáticas de Bogotá*. Tesis para título de Ingeniería Electromecánica, Colombia. Repositorio UAN.
- Gutiérrez Sepúlveda, T. (2022). *Análisis Comparativo entre inversores y microinversores para la generación de energía solar fotovoltaica*. Tesis para título de Maestría en Ingeniería Renovable. Universidad de Barcelona, España. Depósito digital de la Universidad de Barcelona.
- L.S. Pereira, O., y F. Gonzales, F. (2008). *Dimensionamiento de inversores para sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica: estudio de caso sistema Tubarao S.A.C* (Vol. 14). Revista Brasileira de Energía.

López Barbosa, J. E. (2019). *Diseño de un sistema fotovoltaico para autoconsumo conectado a red en la empresa VIETTEL PERÚ S.A.C. ubicado en Trujillo-La Libertad*. Tesis para título de Ingeniería Mecánica Eléctrica. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Perú. Repositorio UNPRG.

Ministerio de Energía y Minas (MINEM). (2010, 13 de setiembre). *Decreto Legislativo 1002*. Gobierno del Perú.

Morales Cabrera, R., Ojeda Fernandez, M., Federico Cañizares, J., y Antoñanzas Torres, F. (2011). *Comparativa y análisis de variabilidad espacio-temporal entre las medidas de radiación solar terrestre (SIAR) y satélites CM-SAF estudio de productividad potencial*. Tesis para título de Master en Energías Renovables y Mercado Eléctrico. Universidad Politécnica de Madrid, España. Archivo digital UPM.

Morales Peñafiel, A., y Gomez Bravo, D. (2022). *Dimensionamiento e implementación de paneles fotovoltaicos aplicados al área residencial en un sector costero de la provincia de Guayas, Ecuador*. Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador. Repositorio UPS.

Nava Hernandez, I., Dávila Zenon, A., y López Cortés, O. (2018). *Diseño de un sistema fotovoltaico para disminuir el pago del consumo eléctrico en el taller mecánico HO*. Tesis para título de Ingeniería Eléctrica. Instituto Politécnico Nacional, México. Repositorio Dspace.

Navntoft, C., Biurrun, N., Cristofalo, M., Cuccorese, S., Ramos Defferrari, I., y Raggio, D. (2019). *Manual de Generación distribuida solar fotovoltaica*. Secretaria de Gobierno de Energía.

OSINERGMIN. (2023). *Tarifas y Mercado Eléctrico*.

Perez Alvarez, J. C. (2019). *Guía para el dimensionamiento de sistemas solares fotovoltaicos conectados y aplicación de la Resolución CREG 030 de 2018 para inyectar excedentes de energía a la red. Medellín, Colombia*. Tesis para título de Ingeniería Eléctrica. Universidad de Antioquia, Colombia. Biblioteca Digital UDEA.

Roitman, M., Mestrallet, A., Dolores Aramburu, M., y Rossi, R. (2015). *Dimensionamiento de un sistema de energía solar fotovoltaica para una vivienda familiar de Córdoba. Argentina (Vol 2)*. Revistas de la Universidad de Córdoba.

Schallenberg Rodriguez, J., Piernavieja Izquierdo, G., Hernández Rodríguez, C., Unamunzaga Falcón, P., Ramón García , D., Díaz Torres, M., . . . Subiela Ortin, V. (2008). *Energías Renovables y Eficiencia Energética* (1ra edición). Instituto Tecnológico de Canarias S.A.

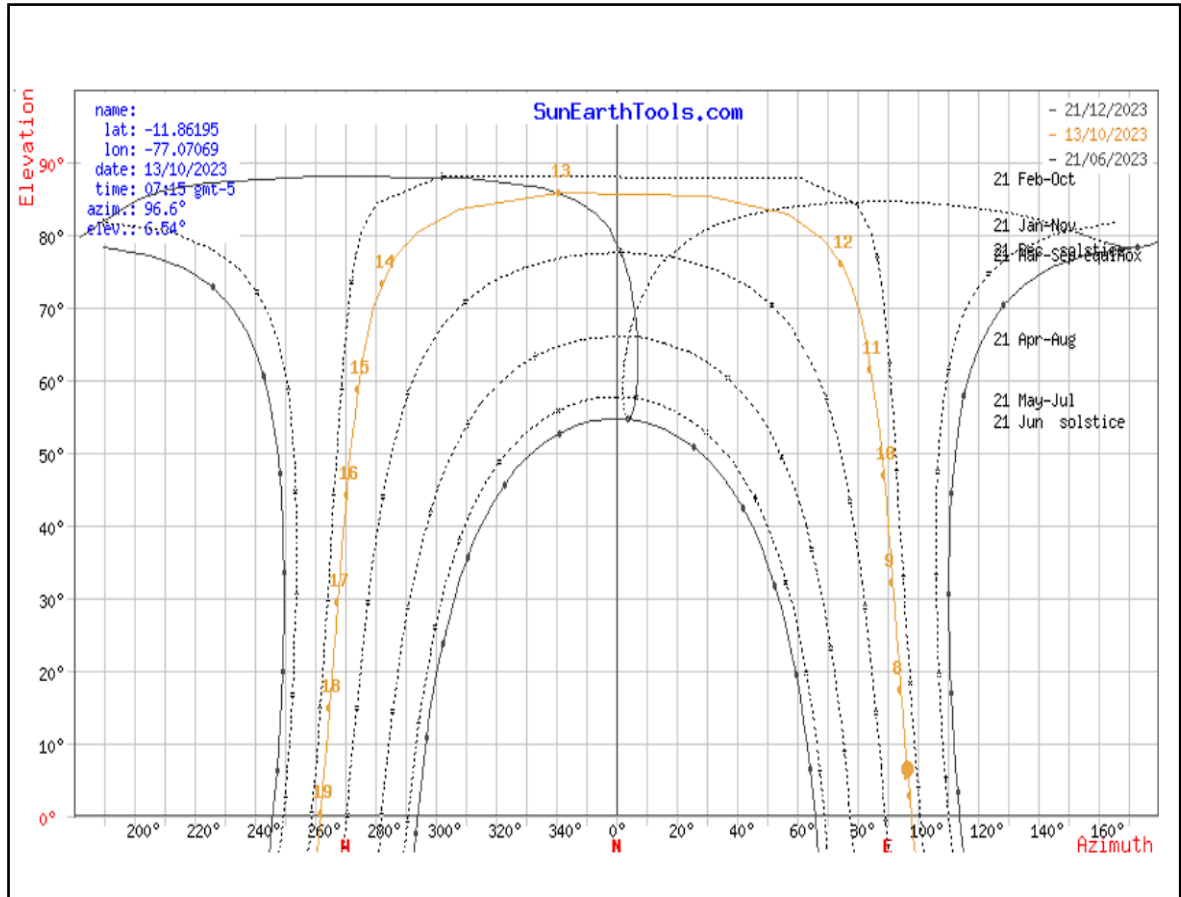
Villanueva Cubas, K. (2019). *Diseño de un sistema fotovoltaico para el ahorro de energía eléctrica en las viviendas residenciales del Grupo 10 de Villa el Salvador 2019*. Lima, Perú. Trabajo de Suficiencia Profesional para el título en Ingeniería Mecánica Eléctrica. Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur. Repositorio UNTELS.

Villegas Tapia, E., y Alcivar Tello, L. (2020). *Diseño de un Sistema fotovoltaico para la escuela de educación básica Simón Bolívar en la comunidad Masa 2. Golfo de Guayaquil*. Tesis para título en Ingeniería Eléctrica. Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador. Repositorio UPS.

# ANEXOS

## Anexo A

### Carta Solar SunEarthTools




## Anexo B

### Ficha técnica panel monocristalino AESOLAR modelo AE435BME-4F

## AE BME-46F Series 425W-445W

MONO-CRYSTALLINE PV MODULES  
SHINGLED TECHNOLOGY • MONO-FACIAL



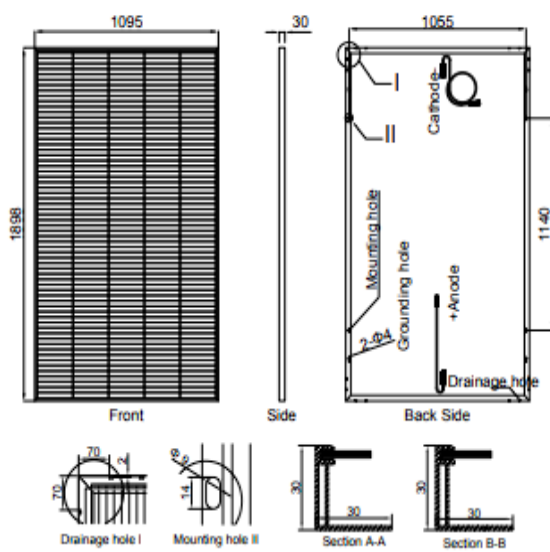
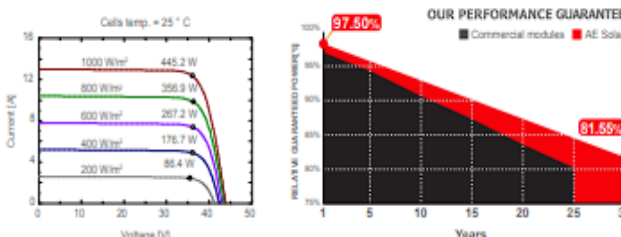
Mechanical and design specification	
Cell type	Mono c-Si PERC, Shingled cells, 210 mm
No. of cells	320 (64x5)
Glass	3,2 mm, high transmission, AR coated, tempered
Encapsulation	EVA
Back cover	White Backsheet
Junction box	IP 68 Rated, 2 bypass diodes
Frame	30 mm anodized Aluminium alloy, full black
Cable	Anode 300 mm, Cathode 1000 mm or customized
Connectors	MC 4 / MC 4 compatible
Dimension	1898 mm x 1095 mm x 30 mm
Weight	21.8 kg
Hail resistance	Max. Ø 25 mm at 23 m/s
Wind load	2400 Pa/ 244 kg/ m <sup>2</sup>
Mechanical load	5400 Pa/ 550 kg/ m <sup>2</sup>

Packaging information	
Packaging configuration	72 pcs / Double pallets
Loading capacity	864 pcs / 40 HQ
Size / Double pallets	1916 mm x 1125 mm x 2460 mm
Weight	1650 kg / Double pallets

Temperature ratings	
Operating temperature (°C)	-40 to +85
Temp.coefficient of P <sub>max</sub> (%/°C)	-0.34
Temp.coefficient of V <sub>oc</sub> (%/°C)	-0.27
Temp.coefficient of I <sub>sc</sub> (%/°C)	0.040
Nom. operating temp. NOCT (°C)	42.3 ± 2

Electrical specifications (STC)*:		AE425BME-46F	AE430BME-46F	AE435BME-46F	AE440BME-46F	AE445BME-46F
Nominal Max. Power	P <sub>max</sub> (Wp)	425	430	435	440	445
Maximum operating voltage	V <sub>MPP</sub> (V)	36.0	36.1	36.2	36.3	36.4
Maximum operating current	I <sub>MPP</sub> (A)	11.81	11.92	12.02	12.13	12.23
Open-circuit voltage	V <sub>oc</sub> (V)	43.4	43.5	43.6	43.7	43.8
Short-circuit current	I <sub>sc</sub> (A)	12.56	12.68	12.79	12.90	13.01
Module efficiency	η (%)	20.45	20.69	20.93	21.17	21.41
Power tolerance	(W)	0~+5				
Maximum system Voltage	(V)	1500				
Maximum series fuse rating	(A)	25				

\*STC: Standard test conditions (Irradiance 1000 W/m<sup>2</sup>, Cell temperature 25°C and air mass of AM1.5)

Electrical specifications (NMOT)*:		AE425BME-46F	AE430BME-46F	AE435BME-46F	AE440BME-46F	AE445BME-46F
Nominal Max. Power	P <sub>max</sub> (Wp)	320	324	328	331	335
Maximum operating voltage	V <sub>MPP</sub> (V)	34.3	34.4	34.5	34.6	34.7
Maximum operating current	I <sub>MPP</sub> (A)	9.32	9.41	9.49	9.57	9.66
Open-circuit voltage	V <sub>oc</sub> (V)	41.4	41.5	41.6	41.7	41.8
Short-circuit current	I <sub>sc</sub> (A)	10.14	10.23	10.32	10.41	10.50

\*NMOT: Normal Module Operating Temperature (Irradiance 800 W/m<sup>2</sup>, Ambient temperature 20°C, air mass of AM1.5 and wind speed of 1 m/s)

## Anexo C.

### Ficha técnica inversor FRONIUS SYMO 5.0-3-M

#### DATOS TÉCNICOS FRONIUS SYMO (5.0-3-M, 6.0-3-M, 7.0-3-M, 8.2-3-M)

DATOS DE ENTRADA	SYMO 5.0-3-M	SYMO 6.0-3-M	SYMO 7.0-3-M	SYMO 8.2-3-M
Máxima corriente de entrada ( $I_{dc\ max. 1} / I_{dc\ max. 2}$ )		16 A / 16 A		
Máxima corriente de cortocircuito por serie FV (MPP <sub>1</sub> /MPP <sub>2</sub> )		24 A / 24 A		
Mínima tensión de entrada ( $U_{dc\ min.}$ )		150 V		
Tensión CC mínima de puesta en servicio ( $U_{dc\ arranque}$ )		200 V		
Tensión de entrada nominal ( $U_{dc\ r}$ )		595 V		
Máxima tensión de entrada ( $U_{dc\ max.}$ )		1.000 V		
Rango de tensión MPP ( $U_{mpp\ min.} - U_{mpp\ max.}$ )	163 - 800 V	195 - 800 V	228 - 800 V	267 - 800 V
Número de seguidores MPP		2		
Número de entradas CC		2 + 2		
Máxima salida del generador FV ( $P_{dc\ max.}$ )	10,0kW pico	12,0kW pico	14,0kW pico	16,4kW pico

DATOS DE SALIDA	SYMO 5.0-3-M	SYMO 6.0-3-M	SYMO 7.0-3-M	SYMO 8.2-3-M
Potencia nominal CA ( $P_{ac,r}$ )	5.000 W	6.000 W	7.000 W	8.200 W
Máxima potencia de salida	5.000 VA	6.000 VA	7.000 VA	8.200 VA
Máxima corriente de salida ( $I_{ac\ max.}$ )	7,2 A	8,7 A	10,1 A	11,8 A
Acoplamiento a la red (rango de tensión)	3-NPE 400 V / 230 V o 3-NPE 380 V / 220 V (+20 % / -30 %)			
Frecuencia (rango de frecuencia)	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)			
Coefficiente de distorsión no lineal	< 3 %			
Factor de potencia ( $\cos \varphi_{ac,r}$ )	0,85 - 1 ind. / cap.			

DATOS GENERALES	SYMO 5.0-3-M	SYMO 6.0-3-M	SYMO 7.0-3-M	SYMO 8.2-3-M
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)	645 x 431 x 204 mm			
Peso	19,9 kg			21,9 kg
Tipo de protección	IP 65			
Clase de protección	1			
Categoría de sobretensión (CC / CA) <sup>1)</sup>	2 / 3			
Consumo nocturno	< 1 W			
Concepto de inversor	Sin Transformador			
Refrigeración	Refrigeración de aire regulada			
Instalación	Instalación interior y exterior			
Margen de temperatura ambiente	-25 - +60 °C			
Humedad de aire admisible	0 - 100 %			
Máxima altitud	2.000 m / 3.400 m (rango de tensión sin restricciones / con restricciones)			
Tecnología de conexión CC	4 x CC+ y 4 x CC bornes roscados 2,5 - 16mm <sup>2)</sup>			
Tecnología de conexión principal	5 polos CA bornes roscados 2,5 - 16mm <sup>2)</sup>			
Certificados y cumplimiento de normas	ÖVE / ÖNORM E 8001-4-712, DIN V VDE 0126-1-1/A1, VDE AR N 4105, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 3100, AS 4777-2, AS 4777-3, CER 06-190, G83/2, UNE 206007-1, SI 4777, CEI 0-21, NRS 097			

<sup>1)</sup> De acuerdo con IEC 62109-1.

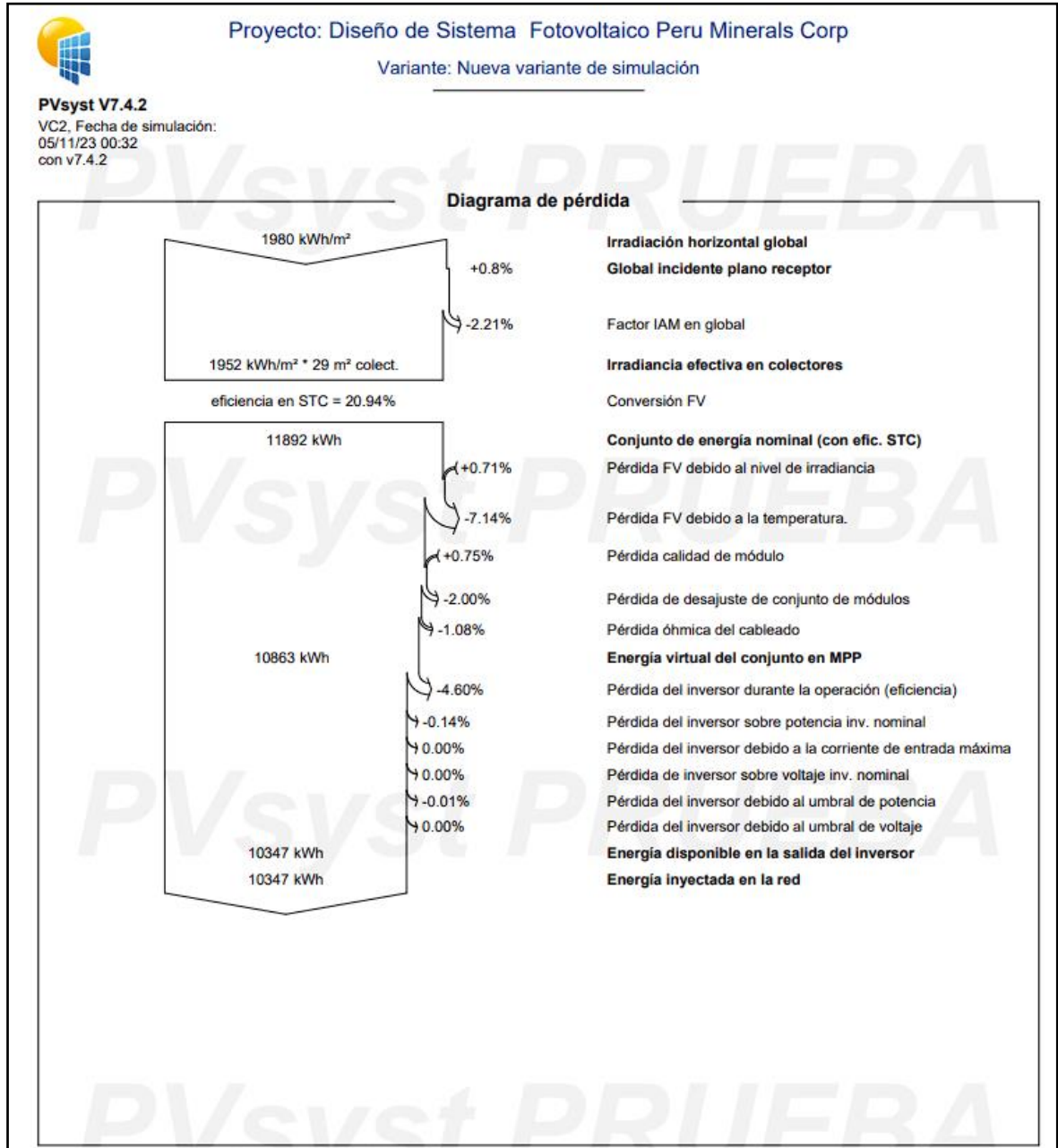
<sup>2)</sup> 16 mm<sup>2</sup> sin necesidad de terminales de conexión.

Más información sobre la disponibilidad de inversores en su país en [www.fronius.es](http://www.fronius.es).



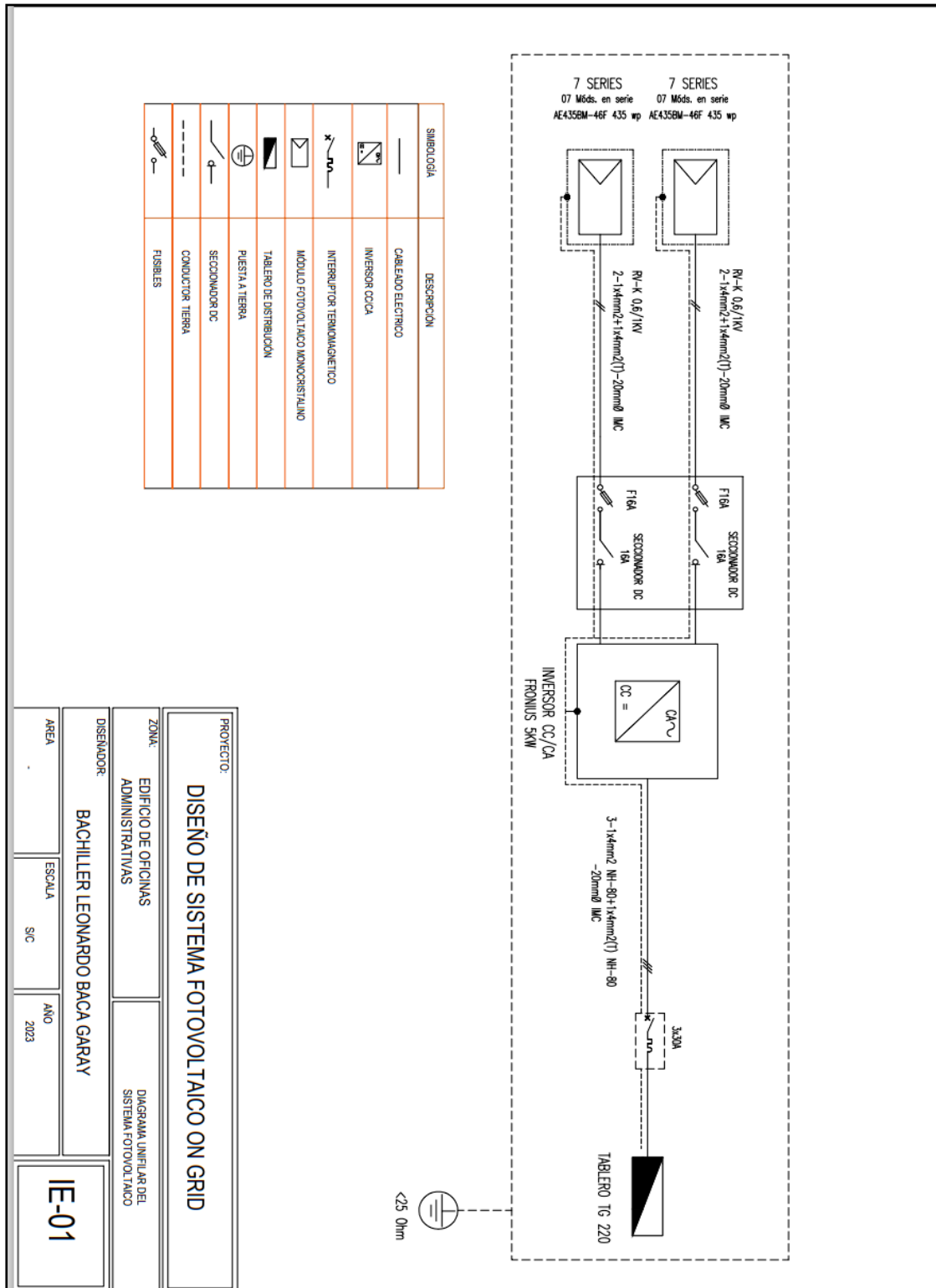
## Anexo D

### Diagrama de pérdida PVSYST V7.4.2



# Anexo E

## Diagrama de conexión de módulos fotovoltaicos



# Anexo F

## Plano de ubicación de módulos fotovoltaicos

