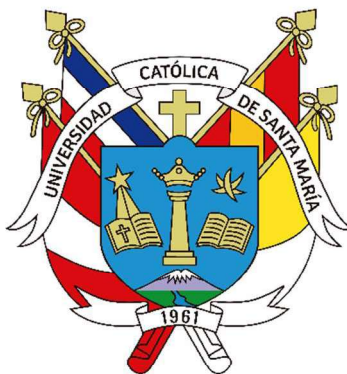


Universidad Católica de Santa María
Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales
Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica –Eléctrica
y Mecatrónica



Dimensionamiento e instalación de un sistema solar fotovoltaico conectado a red para abastecimiento de energía en una vivienda residencial, ubicado en Pampa del Cusco - Hunter - Arequipa

Tesis presentada por el Bachiller:

García Zevallos, Diego Alberto Henry

ORCID: 0009-0006-1571-7831

para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista

Asesor:

Dr. Gordillo Andía, Carlos Alberto

ORCID: 0009-0003-2143-1424

Arequipa - Perú

2025

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INGENIERIA MECANICA, MECANICA-ELECTRICA Y MECATRONICA

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 15 de Diciembre del 2024

Dictamen: 006520-C-EPIMMEM-2024

Visto el borrador del expediente 006520, presentado por:

2015701691 - GARCIA ZEVALLOS DIEGO ALBERTO HENRY

Titulado:

DIMENSIONAMIENTO E INSTALACIÓN DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO CONECTADO A RED PARA ABASTECIMIENTO DE ENERGÍA EN UNA VIVIENDA RESIDENCIAL, UBICADO EN PAMPA DEL CUSCO - HUNTER - AREQUIPA

Nuestro dictamen es:

APROBADO

Título Profesional/Título de Segunda Especialidad/Grado Académico a optar:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**29387211 - FERNANDEZ BARRIGA CAMILO GRIMALDO
DICTAMINADOR**



**40102882 - CHANI OLLACHICA DEIDAMIA GIOVANNA
DICTAMINADOR**



**40365965 - SIERRA VASQUEZ JULIO RAUL
DICTAMINADOR**



Dimensionamiento e instalación de un sistema solar fotovoltaico conectado a red para abastecimiento de energía en una vivienda residencial, ubicado en Pampa del Cusco - Hunter - Arequipa

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
2	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	1%
3	repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	www.providefreebookedition.com Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Pontificia Universidad Católica del Perú Trabajo del estudiante	1%
6	1library.co Fuente de Internet	1%
7	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
8	Submitted to Chevron Training Trabajo del estudiante	1%
9	Submitted to Universidad de Málaga - Tii Trabajo del estudiante	1%
10	Submitted to Universidad Europea de Madrid Trabajo del estudiante	<1%
11	www.nexans.pe Fuente de Internet	<1%
12	edoc.pub Fuente de Internet	<1%
13	Submitted to Universidad Carlos III de Madrid Trabajo del estudiante	<1%

DEDICATORIA

A mi padre y mi madre que me apoyaron a lo largo de mi carrera profesional de manera incondicional y han logrado que me convierta en una gran persona. A mi hermano Favio por su apoyo, comprensión y su buen humor en mis momentos de estrés y tensión a lo largo de mi carrera universitaria.

A mis docentes que me ayudaron con su trabajo y dedicación en clases lo cual me han ayudado a formarme como el gran profesional que soy actualmente. A mis compañeros de universidad que en la actualidad somos colegas y nos seguimos apoyando mutuamente.

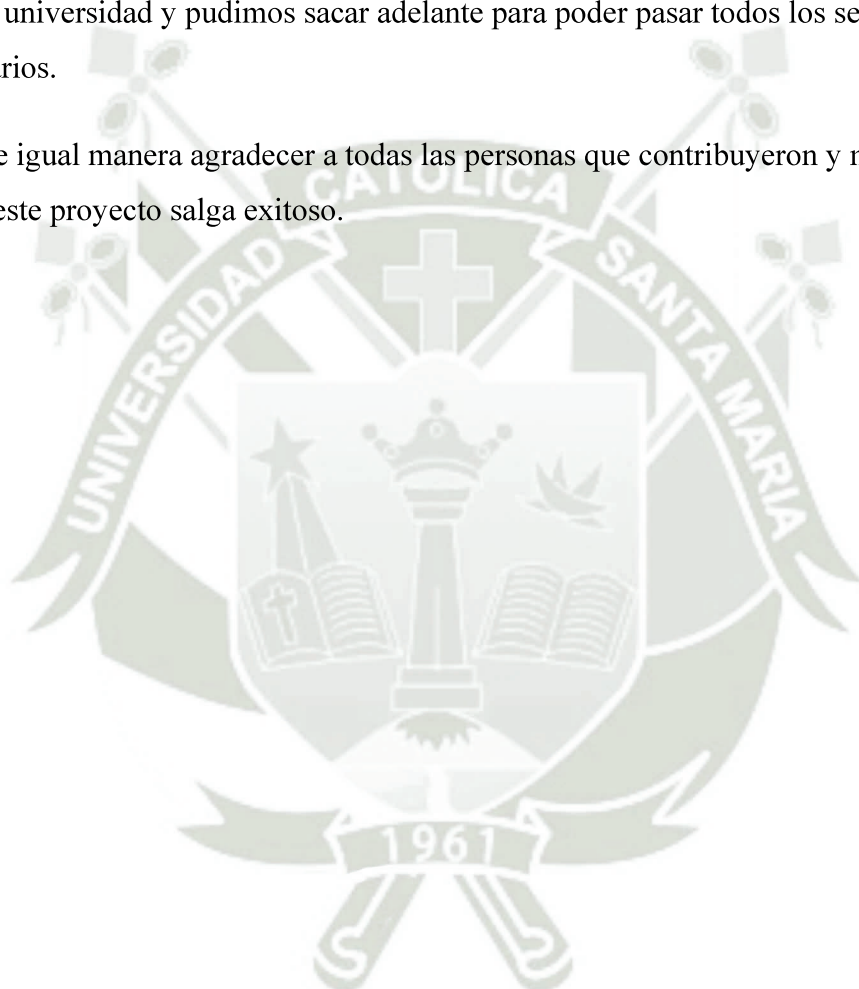


AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer al ingeniero Roberto Arivilca por su apoyo en la revisión del proyecto realizado adicional a ello por los conocimientos nuevos adquiridos a lo largo del proyecto presentado

Adicional a ello a mis compañeros de universidad que me apoyaron a lo largo de los 5 años de universidad y pudimos sacar adelante para poder pasar todos los semestres universitarios.

De igual manera agradecer a todas las personas que contribuyeron y me apoyaron para que este proyecto salga exitoso.



RESUMEN

En el presente proyecto se presentó el diseño a seguir para tener una instalación de un sistema conectado a una red y así no depender del fluido eléctrico proporcionado por SEAL, durante la presente tesis observaremos que se puede contar con un sistema conectado a red y por ende utilizar un sistema que no contamine el medio ambiente y a la vez utilizar energías renovables para ello.

Adicional a ello en el presente proyecto presentaremos las ventajas, desventajas, limitaciones que tiene el proyecto a realizar el cual lo hemos aplicado a una vivienda en la ciudad de Arequipa y con ello estamos viendo resultados reales y poder exponerlos para poder darlos a conocer a la sociedad arequipeña.

El proyecto ya está a disposición de la población arequipeña, ahora está en expresar todo lo que conlleva utilizar un sistema conectado a red y no el convencional proporcionado por la empresa SEAL.

En los resultados finales se observa la ventaja que se va a contar a largo plazo de tener un sistema solar fotovoltaico en una vivienda, a lo largo del tiempo va a ser utilizada en diferentes residenciales, teniendo en cuenta la inversión a realizar para contar con su instalación.

Palabras clave: Red, eléctrico, renovables, convencional, sistema

ABSTRACT

In this project, the design to be followed to have a system connected to a network will be installed and thus not depend on the electrical fluid provided by SEAL. During this thesis we will observe that it is possible to have a system connected to the network and therefore. Therefore, use a system that does not pollute the environment and at the same time use renewable energy to do so.

In addition to this, in this project we will present the advantages, disadvantages, limitations of the project to be carried out, which we have applied to a home in the city of Arequipa and with this we are seeing real results and being able to expose them to be able to make them known to the public. Arequipa society.

The project is already available to the Arequipa population, now it is about expressing everything that comes with using a network-connected system and not the conventional one provided by the SEAL company.

The final results show the long-term advantage of having a solar photovoltaic system in a home. Over time, it will be used in different residential areas, taking into account the investment required to install it.

Keywords: Network, electrical, renewable, conventional, system

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

ABSTRACT

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1. DESCRIPCIÓN	2
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.3. JUSTIFICACIÓN	2
1.3.1. Importancia	2
1.3.2. Alcance	3
1.3.3. Limitaciones del proyecto	3
1.4. OBJETIVOS	3
1.4.1. General	3
1.4.2. Específicos	4
2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	5
2.1. ANTECEDENTES	5
2.2. DATOS DE LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA CONECTADO DE RED	5
2.2.1. Datos del lugar de instalación del sistema conectado a red	5
2.2.2. Determinar los parámetros de radiación solar del lugar de proyecto	6
2.2.3. Determinar los parámetros de temperatura en Arequipa	7
2.3. TIPOS DE RADIACIÓN SOLAR	7
2.3.1. Radiación solar	7
2.3.2. Energía solar	8
2.4. ANGULO DE INCLINACIÓN	11
2.5. ORIENTACIÓN DE LOS MÓDULOS SOLARES	12
2.6. DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DE UN SISTEMA CONECTADO A RED	13
2.6.1. Módulo solar	13
2.6.2. Módulo Monocristalino	13

2.6.3. Módulo Policristalino	14
2.6.4. Inversor híbrido – conectado a red	14
2.6.5. Smart Meter monofásico	15
2.6.6. Caja eléctrica con elementos de protección.....	16
2.6.6.1. Llave térmica en DC	16
2.6.6.2. Llave térmica en AC	16
2.6.6.3. Tablero Eléctrico.....	16
2.6.6.4. Repartidor Eléctrico	16
2.6.7. Cables	17
2.6.8. Soportes para módulos solares	18
2.7. CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA CONECTADO A RED	19
2.8. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE UN SISTEMA CONECTADO A RED Y A UN SISTEMA AISLADO	20
2.8.1. Justificación de un sistema interconectado a red.....	20
2.8.2. Sistema interconectado a red	21
2.8.3. Ventajas de un sistema interconectado a red	21
2.8.4. Desventajas de un sistema interconectado a red.....	22
2.8.5. Sistema fotovoltaico autónomo o aislado, no conectado a red.....	22
2.8.5.1. Ventajas de un sistema fotovoltaico autónomo o aislado, no conectado a red.....	23
2.8.5.2. Desventajas de un sistema fotovoltaico autónomo o aislado, no conectado a red	23
3. CAPÍTULO III: INGENIERÍA DEL PROYECTO.....	24
3.1. DEFINICIONES DE VALORES A UTILIZAR	24
3.1.1. Caída de tensión.....	24
3.1.2. Arreglo fotovoltaico	24
3.1.3. String 24	
3.1.4. Condición MPP.....	24
3.2. CUADRO DE CARGAS DE LA VIVIENDA UNIFAMILIAR.....	24
3.2.1. Cálculo del área total	24
3.2.2. Cálculo del cuadro de cargas	26
3.2.3. Cálculo de la Máxima Demanda	27
3.2.4. Cálculo de la potencia contratada.....	27

3.3. CRITERIOS DE DISEÑO	28
3.3.1. Módulos solares fotovoltaicos	28
3.3.2. Cálculos del número de string	28
3.3.3. Cálculo del # máximo de módulos “ N_{max} ”	29
3.3.4. Cálculo de # mínimo de módulos “ N_{mín} ”	29
3.3.5. Cálculo del número de módulos	29
3.3.5.1. Número y selección de inversor	33
3.3.5.2. Resultados de equipos a utilizar	34
3.3.5.3. Cálculo de potencia generada por el Sistema conectado a red	34
3.3.5.4. Cálculo para dimensionamiento de conductores	34
3.3.5.5. Premisas de cálculo	35
3.3.5.6. Conductores DC	35
3.3.5.7. Criterio de la intensidad máxima admisible o de calentamiento	36
3.3.5.8. Criterio de la caída de tensión	36
3.3.6. Cálculo de la caída de tensión máxima admisible	36
3.3.7. Cálculo de la sección de los conductores	37
3.4. CÁLCULO DE DIMENSIONAMIENTO DE PROTECCIONES	38
3.4.1. Premisas de cálculo	38
3.4.2. Protecciones DC	39
3.4.3. Conectores MC4-PV	39
3.4.4. Interruptor DC y AC	39
4. CAPÍTULO IV: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA CONECTADO A RED.....	40
4.1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS MÓDULOS SOLARES	40
4.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL INVERSOR CONECTADO A RED DE 3KW – SUN3000L-3KTL	41
4.3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SMART METER ---DDSU666H (MONOFÁSICO)	43
4.4. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS CABLES	44
4.4.1. Cables eléctricos solares	44
4.4.2. Cable eléctrico TW AWG-NH-90-4mm ²	46
4.4.3. Cable de puesta cable puesta a tierra cpt 4 mm ² libre halog. amarillo/verde	46
4.5. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE TUBERÍAS SAP DE 1” Y CODOS SAP 1”	47
4.6. ESPECIFICACIONES DE CONECTOR MC4	48

4.7.	ESPECIFICACIONES DE BARRA DE COBRE DE 06 PUNTOS – AISLADORES.....	48
4.8.	ESPECIFICACIONES DE TERMINAL TUBULAR 6MM2 NEGRO	49
4.9.	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE SISTEMA DE PROTECCIÓN EN DC Y AC.....	49
4.10.	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL TABLERO GENERAL	51
4.11.	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA ESTRUCTURA PARA EL ARREGLO SOLAR	52
5.	CAPÍTULO V: MANTENIMIENTO DEL SISTEMA CONECTADO A RED	54
5.1.	MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS CONECTAS A RED	54
5.1.1.	Mantenimiento preventivo.....	54
5.1.2.	Mantenimiento correctivo.....	54
6.	CAPÍTULO VI: EVALUACIÓN ECONÓMICA	56
6.1.	METRADO DE LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA CONECTADO A RED	57
6.2.	PRESUPUESTO DE LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA CONECTADO A RED	59
6.3.	DETERMINACIÓN DE COSTOS DE MANTENIMIENTO.....	60
7.	CAPITULO VII: MARCO LEGAL	64
7.1.	MARCO LEGAL DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES.....	64
7.2.	NORMAS TÉCNICAS PERUANAS EN SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	65
	CONCLUSIONES.....	66
	RECOMENDACIONES	67
	REFERENCIAS.....	68
	ANEXOS.....	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Ubicación del lugar del proyecto	5
Tabla 2 Datos de Radiación mensual y promedio en [kWh/m ² dia]	6
Tabla 3 Promedio de temperatura mínima y máxima mensual (°C).....	7
Tabla 4 Datos técnicos Modulo Solar.....	28
Tabla 5 Datos Generales	29
Tabla 6 Datos técnicos Modulo Solar de 510 Wp	30
Tabla 7 Datos del módulo seleccionado	30
Tabla 8 Datos sacados de la misma ficha técnica del Inversor.....	30
Tabla 9 Datos del Inversor seleccionado	31
Tabla 10 Características del inversor a utilizado.....	33
Tabla 11 Características del inversor a utilizado	34
Tabla 12 Cuadro de marca del módulo para la sección del conductor	37
Tabla 13 Sección de conductores eléctricos en la marca INDECO.....	38
Tabla 14 Conductores DC.....	38
Tabla 15 Protecciones DC	39
Tabla 16 Datos de Ficha Técnica del modulo.....	40
Tabla 17 Datos de Ficha Técnica del modulo.....	41
Tabla 18 Datos técnicos del Inversor SUN3000 3kW –L1.....	42
Tabla 19 Datos técnicos del Smart meter	44
Tabla 20 Datos técnicos de Cable Fotovoltaico.....	45
Tabla 21 Datos técnicos del cable eléctrico para AC	46
Tabla 22 Ficha técnica de tubo de 1”.....	48
Tabla 23 Datos Técnicos - Llave térmica para AC.....	51
Tabla 24 Hoja general de metrados	57
Tabla 25 Presupuesto	59
Tabla 26 Presupuesto de costo de mantenimiento	61
Tabla 27 Datos nro.....	61
Tabla 28 Datos nro.....	62
Tabla 29 Cuadro resumen	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa de Ubicación para determinar las coordenadas de latitud, longitud y altitud.....	6
Figura 2 Tipo de radiaciones.....	8
Figura 3 Mapa del potencial de energía solar anual Nacional	9
Figura 4 Radiación solar del Perú por meses.....	10
Figura 5 Mapa del potencial de energía solar anual en Arequipa.....	11
Figura 6 Angulo de inclinación de los módulos solares	12
Figura 7 Orientación de módulos solares.....	12
Figura 8 Trayectoria del sol en invierno y verano.	13
Figura 9 Modulo solar Monocristalino – Mono Perc.....	14
Figura 10 Modulo solar Policristalino	14
Figura 11 Inversor conectado a red.....	15
Figura 12 Inversor conectado a red.....	15
Figura 13 Equipos de Protección.	17
Figura 14 Cables Eléctricos	18
Figura 15 Soporte para modulo solares	18
Figura 16 Esquema de un sistema conectado a red.....	20
Figura 17 Esquema de un sistema fotovoltaico conectado a red	21
Figura 18 Esquema de un sistema Fotovoltaico Aislado	23
Figura 21 String MPPT 1 = 6 módulos.....	32
Figura 23 Inversor SUN3000 3kW –L1.....	42
Figura 24 HUAWEI Smart Power Sensor DDSU666-H Monofásico	43
Figura 25 Datos técnicos del cable fotovoltaico	45
Figura 26 Dimensiones del cable eléctrico	47
Figura 27 Diagrama Conectores MC4	48
Figura 28 Barra de cobre.....	49
Figura 29 Terminal Tubular 6 mm ²	49
Figura 30 Llave térmica para AC.....	50
Figura 31 Llave térmica para AC.....	51
Figura 32 Datos técnicos del cable eléctrico para AC	52
Figura 33 Diagrama de instalación	53
Figura 34 Generación por cada año	63
Figura 35 Retorno de inversión.....	63

INTRODUCCIÓN

En la industria que vivimos hoy en día, viendo como el mundo está avanzando en la parte de tecnología de manera acelerada, una rama la cual no toma mucha importancia en nuestro territorio nacional son las energías renovables, justamente vamos a revisar ello durante la presente tesis.

Hoy en día, adquirir nuevos elementos para optar energías renovables suele ser caro para la mayoría de la población, debido a la fuerte inversión que se realiza desde un comienzo para poder optar por las energías renovables, pero a través de ellas a futuro la economía va a mejorar por lo que se tiene que ver como un ahorro para largo plazo.

Mayormente en la presente tesis vamos a exponer el procedimiento para obtener un sistema solar fotovoltaico conectado a red para una vivienda residencial, adicional veremos sus ventajas y desventajas que se tiene por obtener este sistema en todos los ámbitos como el económico.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción

La situación problemática actual, se requiere un sistema conectado a red, que funcione con energía renovables, para evitar costos elevados de compra de generador diésel, debido que esto genera un costo alto en mantenimiento, operación y combustible.

La coyuntura actual, definida por la escalada en la demanda energética y la crisis climática vigente, fundamenta el aprovechamiento de recursos para una producción energética exenta de emisiones contaminantes. De ello se desprende la imperiosa necesidad de prospectar alternativas de generación que resulten técnica y económicamente viables para su implementación contextual.

Como también debe a que el costo de kWh, brindado por la empresa distribuidora de Arequipa SEAL, para uso residencial, ha subido de precio, debido que en enero del 2021 su costo era el kWh: S/.0.6608 y ahora en enero del 2022 su costo es el kWh: S/.0.6964 para consumos de 31kWh a 100kWh. (Seal, s.f.)

1.2. Formulación del Problema

¿Cuál sería el diseño de un sistema conectado a red que trabaje con energías renovables para evitar altos costos de energía?

1.3. Justificación

1.3.1. Importancia

Se toma como alcance principal los costos elevados de los kWh en la ciudad de Arequipa, teniendo este proyecto todos los costos van a bajar de manera considerable lo que daría un gran impacto económico en la ciudad de Arequipa.

Adicional a ello realizar este proyecto da una relevancia muy considerable, ya que dará como introducción a un nuevo tipo de producto para la población inicialmente de Arequipa y posterior a ello expandirse en toda la región Sur.

1.3.2. Alcance

Se está considerando de la siguiente manera en los siguientes puntos:

- Determinar los parámetros de radiación solar y determinar la demanda de energía de la vivienda.
- Diseño y dimensionamiento de un sistema conectado a red, para abastecer de energía eléctrica a la vivienda.
- Instalar los componentes de un sistema conectado a red para poder realizar el abastecimiento de energía eléctrica.
- Elaboración de un sistema de monitoreo para la determinación de la generación y producción de la energía producida por los módulos solares, determinar el consumo de energía de la vivienda, consumo generado por la red para luego poder realizar el cuadro generación de consumos y ahorro.
- Obtención de los costos operativos.
- Elaboración de planos de las instalaciones.

1.3.3. Limitaciones del proyecto

Al momento de realizar los cálculos económicos lo más seguro es de que inicialmente sean altos y no toda la población va a tomar la instalación de un principio por lo que se requiere tener estrategias para poder dar facilidades a la población que requiera tomar el proyecto para su utilización.

1.4. Objetivos

1.4.1. General

Diseñar y dimensionar un sistema fotovoltaico conectado a red para abastecer energía eléctrica a una vivienda residencial en Arequipa, reduciendo costos energéticos y promoviendo el uso de energías renovables.

1.4.2. Específicos

- Determinar los parámetros de radiación solar y la demanda de energía de la vivienda
- Instalar los componentes necesarios para el abastecimiento de energía eléctrica.
- Implementar un sistema de monitoreo para medir generación solar, consumo de red y ahorro.
- Estimar costos operativos del sistema.
- Elaborar los planos de las instalaciones del sistema solar.



CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

El suministro energético constituye un factor indispensable para el desarrollo económico de una nación. Este posibilita la ejecución de labores que exceden la capacidad humana. El espectro de fuentes energéticas es diverso, abarcando desde los hidrocarburos fósiles hasta recursos renovables, como el solar y el eólico. La calificación de renovables para la energía solar y eólica se fundamenta en su naturaleza inagotable a escala temporal humana. Adicionalmente, se caracterizan por su vasta disponibilidad y su perfil no contaminante. Con tecnologías consolidadas, las fuentes renovables exhiben un considerable potencial para la generación energética. Ilustrativo de ello es la tecnología fotovoltaica, que convierte directamente la radiación solar en electricidad, demostrando una elevada utilidad para el abastecimiento eléctrico en emplazamientos aislados y remotos. (Naciones Unidas, s.f.)

En la actualidad, la tecnología fotovoltaica comercialmente disponible constituye una alternativa tangible para su aplicación en los ámbitos doméstico, industrial y agropecuario. No obstante, es preceptivo un análisis de factibilidad técnica y viabilidad económica para determinar su idoneidad para tal propósito. (Naciones Unidas, s.f.).

La casa de la vivienda a la cual se requiere inyectar red eléctrica cuenta con una potencia mensual aproximada de 450 Kwh/día en la que está incluido los artefactos a utilizar de forma diaria como son televisores, artefactos de cocina, etc.

2.2. Datos de la instalación del sistema conectado de red

2.2.1. Datos del lugar de instalación del sistema conectado a red

El sistema conectado a red está ubicado en el departamento de Arequipa, se detalle a continuación el lugar exacto del Proyecto:

Tabla 1

Ubicación

Depart.	Prov.	Dist.	Lugar
Arequipa	Arequipa	Jacobo Hunter	Pasaje los Geranios 102

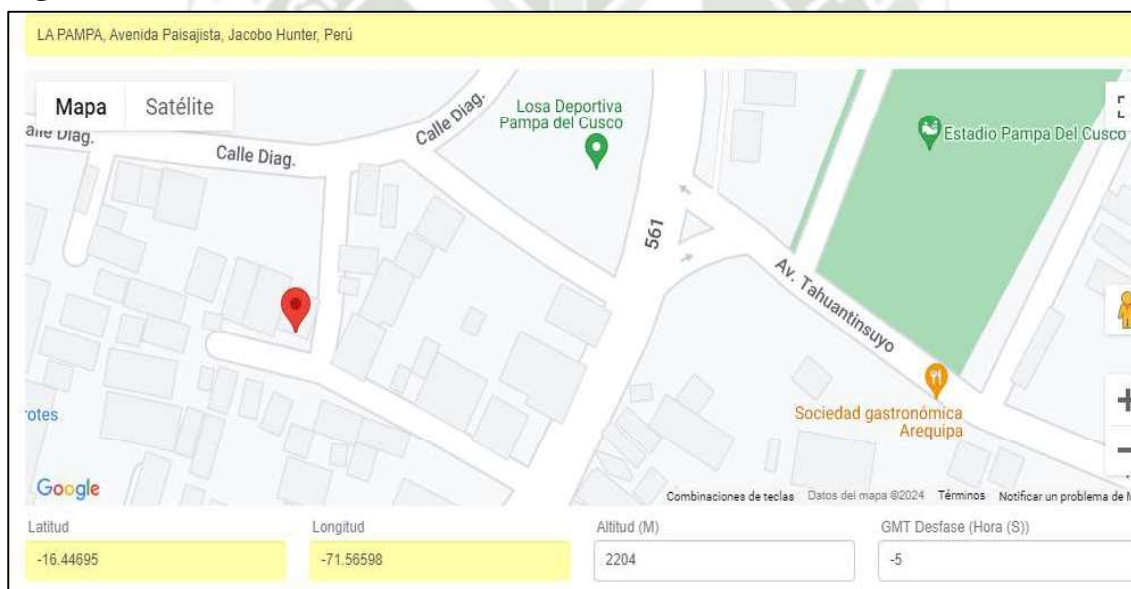
2.2.2. Determinar los parámetros de radiación solar del lugar de proyecto

Para determinar el recurso solar, se va a utilizar la ubicación de la vivienda, para determinar el nivel de radiación.

Para los datos de radiación, vamos a usar el software de la NASA SOLAR, tomando con base las siguientes coordenadas:

- Latitud: -16.44695
- Longitud: -71.56598
- Altitud: 2204 msnm

Figura 1



Mapa de Ubicación para determinar las coordenadas de latitud, longitud y altitud

Nota. De "NASA Prediction of Worldwide Energy Resources", por National Aeronautics and Space Administration, s.f. (<https://power.larc.nasa.gov/>).

Tabla 2

Datos de Radiación mensual y promedio en [kWh/m²día]

Radiación solar mensual (kW-hr / m ² / día)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Ju	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio
5.73	5.43	5.55	6.04	6.45	6.33	6.45	6.54	6.78	6.71	7.11	6.76	6.32

Nota. De "Portal Web", por Sociedad Eléctrica del Sur Oeste, s.f. (<https://oficinavirtual.seal.com.pe/Home/Login>).

2.2.3. Determinar los parámetros de temperatura en Arequipa

Tabla 3

Promedio de temperatura mensual (°C)

	En.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Temperatura media (°C)	13.7	13.4	13.5	13.6	13.2	13.1	12.9	13.9	14.9	15.5	15.8	15
Temperatura mín. (°C)	10.8	10.8	10.4	9.4	7.4	6.4	6.1	6.3	7.6	9.3	10.2	11.1
Temperatura máx. (°C)	18	17.4	17.7	18.5	19.8	20.4	20.2	21.2	21.7	21.7	21.4	19.9

Nota. De “Arequipa: Tiempo y clima en noviembre”, por Climate Data, s.f. (<https://bit.ly/3IDrw5v>)

Teniendo como resultado a base de la Gráfica 2:

- Temperatura mensual máxima: 21.7 °C
- Temperatura mensual mínima: 6.1 °C

2.3. Tipos de radiación solar

2.3.1. Radiación solar

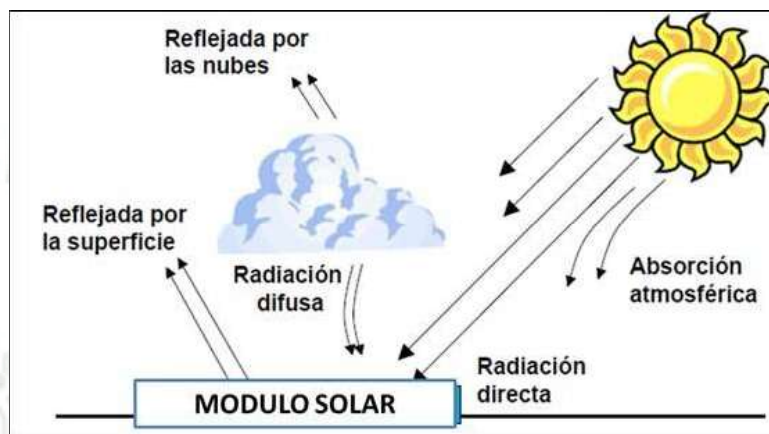
La energía solar se posiciona como una de las alternativas en desarrollo frente a las fuentes energéticas basadas en la combustión de hidrocarburos fósiles. A diferencia de otras latitudes, el territorio peruano, dada su proximidad a la línea ecuatorial, dispone de irradiación solar durante la mayor parte del ciclo anual. (Gallardo et al., 2000)

- Tipos de radiación solar: (Gallardo et al., 2000)
 - Directa: Aquella que incide sobre la superficie terrestre; es el componente de mayor relevancia en las aplicaciones térmicas.
 - Difusa: Es aquella recibida tras la alteración de su trayectoria por procesos de dispersión y reflexión. Bajo condiciones de nubosidad, representa la única radiación perceptible.
 - Reflejada: la radiación reflejada es, como su nombre indica, aquella reflejada por la superficie terrestre.
 - Solar global: Es la suma de los tres componentes de la radiación.

- Albedo: Es el porcentaje de la radiación directa y difusa reflejada por una superficie.

Figura 2

Tipo de radiaciones



Nota. De "Tiempo / Índice UV", por SENAMHI, s.f. (<https://bit.ly/4f11u3n>)

2.3.2. *Energía solar*

Según el SENAMHI (s.f.), el Perú tiene una elevada radiación solar anual: en la sierra de 5.5 a 6.5 kWh/m²; en la costa 5.0 a 6.0 kWh/m² y en la selva de 4.5 a 5.0 kWh/m².

Figura 3

Mapa del potencial de energía solar anual Nacional



Nota. De “Tiempo / Índice UV”, por SENAMHI, s.f. (<https://bit.ly/4fl1u3n>)

Adicionalmente, se expone la distribución mensual de la radiación solar en el Perú.

Figura 4

Radiación solar del Perú por meses

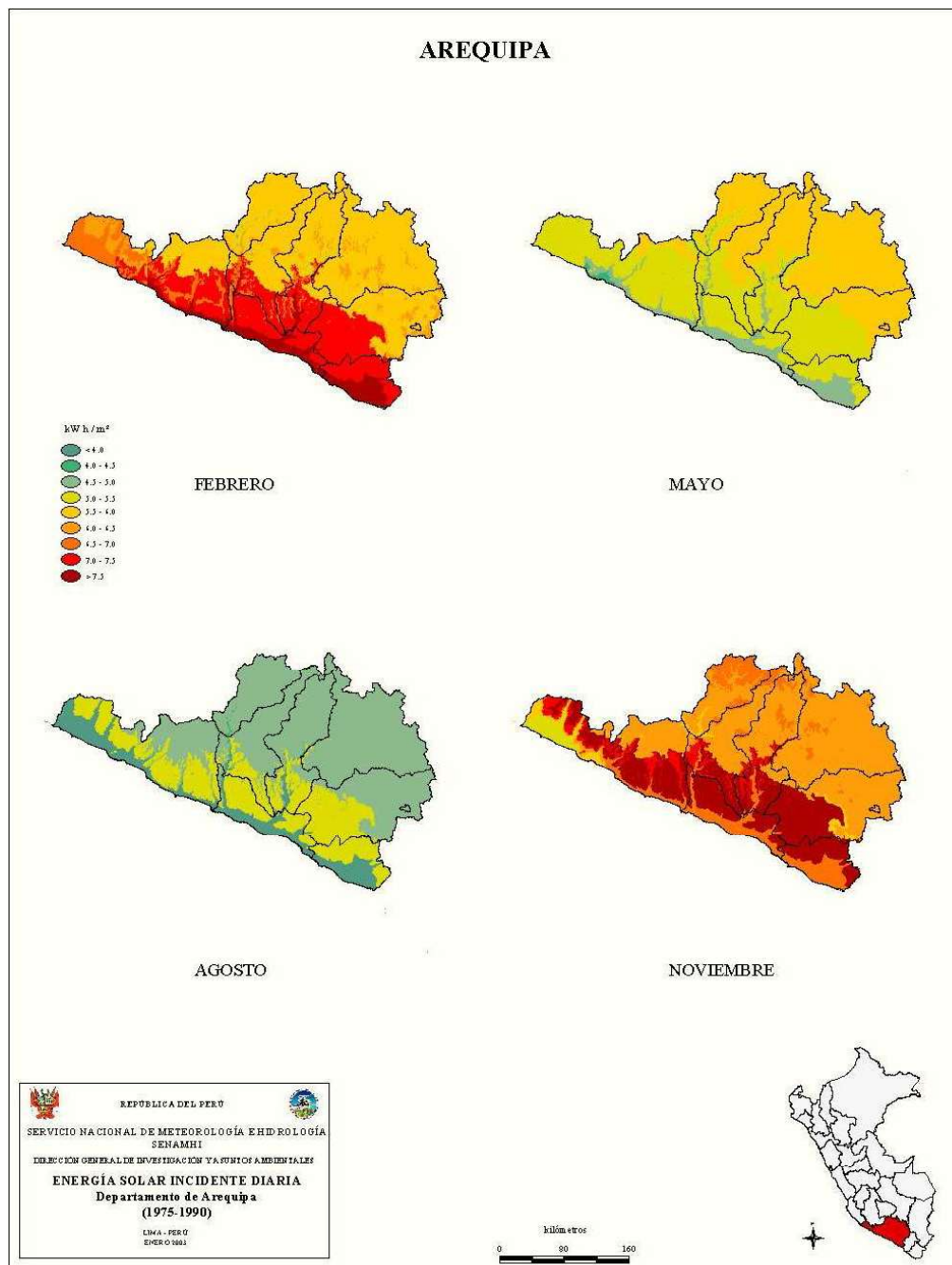
Site	Lat	Long	Ele	Yr	I	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Avg	Sr
Abancay	13,63 S	72,88	2398	2	1	5,42	4,89	5,03	4,94	4,72	4,56	4,81	5,11	5,08	5,86	5,97	5,33	5,14	H
Angostura	15,17 S	71,63	4155	3	1	5,47	4,92	4,89	4,97	4,83	4,78	4,89	5,36	5,42	6,86	6,14	5,64	5,28	H
Alacocha	10,58 S	76,22	4023	2	1	4,78	4,44	4,75	5,08	5,00	4,94	5,11	5,28	4,94	5,53	5,44	5,11	5,03	H
Bambamarca	6,68S	78,52	2600	3	1	4,75	4,67	4,64	4,69	4,56	4,94	5,11	5,17	5,17	5,17	5,53	5,39	4,96	H
Cajamarca	7,17S	78,52	2750	1	1	4,56	4,89	4,25	4,44	4,58	4,28	4,44	5,08	4,72	4,75	5,11	5,08	4,68	H
Calana	17,93 S	70,18	590	3	1	6,44	6,19	5,72	5,11	4,33	4,03	4,11	4,69	5,28	6,39	6,44	6,42	5,43	P
CampodeMarte	12,07 S	77,03	137	1	1	4,94	5,58	5,17	5,39	4,06	2,89	2,56	2,83	3,56	3,5	5,28	5,06	4,24	H
Capachica	15,63 S	69,83	3868	3	1	5,47	5,44	5,19	5,31	4,89	4,83	5,03	5,44	5,78	6,17	6,28	5,64	5,46	H
Cañete	13,10 S	76,30	36	3	1	5,19	5,19	5,14	4,97	3,92	2,97	2,92	3,17	3,56	4,25	4,75	5,22	4,27	H
Cartavio	7,92S	79,17	51	3	1	5,53	5,44	5,5	5,0	4,89	4,06	4,14	4,08	4,5	5,06	5,67	5,67	4,96	H
CasaGrande	7,77S	79,17	158	3	1	5,39	5,33	5,39	5,0	5,19	3,92	4,06	4,28	4,42	4,97	5,14	5,53	4,88	H
Caylloma	15,18 S	71,77	4320	2	1	5,56	4,92	4,78	4,86	4,75	4,78	4,97	5,44	5,31	6,06	6,14	5,86	5,28	H
Cayalli	6,88S	79,57	150	2	1	5,36	5,81	5,5	5,39	5,25	4,44	4,72	5,08	5,22	5,78	5,86	6,03	5,37	H
Characato	16,47 S	71,45	2461	3	1	6,14	5,33	6,56	5,50	5,22	4,81	5,19	5,64	6,11	6,92	7,06	6,58	5,84	H
Conococha	10,12 S	77,33	4020	3	1	4,86	4,33	4,44	4,72	4,78	4,89	5,17	5,42	5,25	4,69	5,53	5,08	4,95	H
CuencaRío Verde	15,48 S	70,67	4260	3	1	5,47	4,81	5,00	5,14	4,89	4,83	4,97	5,36	5,42	5,94	5,92	5,53	5,27	H
Cuzco	13,52 S	71,95	3365	3	1	5,19	4,69	4,92	5,03	4,81	4,78	5,06	5,11	5,17	5,64	5,75	5,22	5,11	H
Desaguadero	16,65 S	69,00	3850	3	1	5,72	5,56	5,58	5,53	4,92	4,67	4,81	5,39	5,47	6,17	6,06	5,67	5,46	H
DonMartin	11,03 S	77,68	50	3	1	5,33	5,06	5,06	4,86	4,0	3,25	3,36	3,58	3,97	4,36	5,03	5,44	4,44	H
El Fraile	16,15 S	71,18	4015	2	1	5,39	4,39	4,47	4,56	4,75	4,67	4,81	5,22	5,67	6,06	5,94	5,67	5,13	H
Fundolberia	11,35 S	69,57	180	3	1	4,81	4,67	4,64	4,31	4,25	4,31	4,69	5,25	5,03	5,0	5,06	4,61	4,72	H
GranjaM. Sassape	6,52S	79,92	45	1	1	5,75	5,81	6,22	6,28	5,83	5,0	4,86	5,31	5,81	6,0	5,94	5,89	5,72	H
HaciendaMajoro	14,83 S	74,97	620	3	1	5,56	5,72	5,81	5,06	5,03	4,28	4,53	5,06	5,81	6,58	6,36	5,94	5,48	H
Haciendita	17,02 S	71,62	450	2	1	6,42	5,58	5,92	5,33	4,39	4,06	3,94	4,5	4,78	6,08	6,42	5,56	5,25	H
Huaraz	9,53S	77,52	3207	2	1	5,06	4,83	5,08	5,11	5,25	5,11	5,39	5,72	5,47	5,28	5,72	5,5	5,29	H
Huancayo	12,05 S	75,18	3350	3	1	5,25	4,86	4,94	4,64	4,92	4,83	5,0	5,11	5,11	5,33	5,83	5,39	5,1	H
Huancayo	12,12 S	75,33	3380	3	1	7,38	6,71	6,54	6,54	6,18	6,28	6,3	6,75	7,18	7,47	7,75	7,21	6,86	P
Huánuco	9,90S	75,75	1912	2	1	4,67	4,53	4,64	4,64	4,78	4,58	4,81	5,14	4,86	5,08	5,33	4,89	4,83	H
Huraya-Moho	15,35 S	69,50	3890	3	1	5,25	4,69	5,0	5,31	4,83	4,83	5,14	5,56	5,69	5,86	6,03	5,31	5,29	H
Ica	14,08 S	75,73	398	2	1	5,86	5,0	5,42	5,11	4,78	5,75	4,17	4,81	5,25	6,17	6,44	6,14	5,41	H
Imata	15,82 S	71,07	4405	3	1	5,25	4,81	4,78	4,94	4,81	4,72	5,0	5,33	5,31	5,86	5,94	5,53	5,19	H
Juli	16,20 S	69,43	3862	2	1	5,5	4,81	4,47	5,25	5,11	4,78	4,97	4,97	5,47	6,06	6,06	5,33	5,23	H
Kayra	13,55 S	71,88	3219	2	1	5,0	4,47	4,61	4,86	4,64	4,78	4,97	5,03	5,08	5,33	5,56	4,89	4,93	H
Lagunillas	15,58 S	70,92	4280	3	1	5,67	5,22	5,11	5,03	4,67	4,53	4,89	5,53	5,58	6,28	6,39	5,75	5,39	H
Lambayeque	6,70S	79,90	18	3	1	5,17	5,61	5,5	5,31	5,08	4,64	4,39	4,72	5,03	5,47	5,64	5,81	5,2	H
LaMolina	12,08 S	76,95	251	3	1	5,03	5,17	5,25	5,0	3,97	3,33	3,31	3,56	3,75	4,36	4,83	5,08	4,39	H
Lampas Alto	10,08 S	77,28	4030	3	1	4,78	4,11	4,56	4,56	4,78	4,72	5,25	5,42	5,25	4,67	5,44	4,97	4,88	H
Lampas Bajo	10,07 S	77,37	3950	3	1	4,86	4,44	4,56	4,64	4,81	4,92	5,36	5,42	4,19	4,97	5,64	5,53	4,94	H
LaPunta	12,07 S	77,17	13	2	1	4,5	5,08	4,94	4,72	3,89	2,94	2,89	3,0	3,17	3,61	4,28	4,86	3,99	H
LaSalle	16,40 S	71,53	2330	3	1	6,14	5,33	5,58	5,33	5,22	4,72	5,11	5,64	5,94	6,58	7,06	6,58	5,77	H
Llaucan	6,68S	78,52	2600	1	1	4,64	4,89	4,56	4,08	4,14	4,47	4,39	4,72	5,03	5,28	5,53	5,69	4,78	H
LosCedros	3,13S	80,67	5	3	1	4,78	5,39	5,44	5,25	5,28	4,53	4,61	4,67	4,39	4,58	4,86	5,39	4,93	H
Moquegua	17,20 S	70,93	1420	2	1	7,67	5,19	5,89	5,92	5,14	4,92	5,0	5,75	6,5	7,03	7,33	7,28	6,13	H
Neshuya	8,63S	74,92	340	1	1	4,81	4,72	4,14	3,75	3,78	3,53	4,28	5,03	5,17	5,08	5,17	5,67	4,59	H
PampaBlanca	17,10 S	71,75	455	2	1	5,28	4,75	5,19	4,78	3,67	3,11	3,42	3,42	3,28	4,42	4,66	5,11	4,27	H
PampaDe Majes	16,35 S	72,17	1433	3	1	6,58	5,97	6,08	5,69	5,22	4,86	5,36	5,81	6,22	7,03	7,31	6,92	6,09	H
Panc	15,42 S	71,07	4524	3	1	5,03	4,69	4,58	4,67	4,33	4,61	4,64	4,83	4,83	5,22	5,72	5,31	4,87	H
Puno	15,83 S	70,03	3875	2	1	5,69	5,22	5,28	5,28	4,97	4,78	5,0	5,61	5,78	6,39	6,61	5,67	5,52	H
PuntadeCotes	17,68 S	71,38	15	2	1	6,67	6,36	6,61	5,19	4,14	3,25	3,0	3,67	3,42	4,58	6,36	6,28	4,96	P
Querococha	9,68S	77,35	3935	1	1	4,33	4,22	4,56	4,83	4,72	4,61	5,0	5,25	5,17	4,67	5,31	4,64	4,78	H
Quillabamba	12,83 S	72,72	1660	2	1	4,44	4,33	4,72	4,25	4,33	4,22	4,44	4,44	4,5	4,89	4,97	4,56	4,51	H
Salcedo	15,32 S	70,02	3852	3	1	5,47	5,11	5,11	5,14	4,83	4,61	4,69	5,28	5,5	6,17	5,36	5,64	5,34	H
San Jacinto	9,17S	78,32	283	3	1	5,06	4,33	5,17	4,94	4,75	4,0	4,33	4,5	4,97	5,72	5,83	5,83	4,95	H
San Jorge	8,53S	74,87	270	2	1	4,81	4,61	4,67	4,5	4,42	4,36	4,92	5,39	5,0	5,19	4,53	4,61	4,75	H
San Lorenzo	9,75S	77,47	3750	1	1	4,86	4,44	4,56	4,92	4,72	4,75	5,28	5,42	5,36	5,19	5,75	5,19	5,04	H
San Ramon	11,15 S	75,38	800	3	1	4,5	4,33	4,44	4,5	4,53	4,25	4,64	4,69	4,72	5,19	5,14	5,14	4,67	H
Sibayo	15,48 S	71,45	3847	3	1	5,36	4,69	4,69	4,94	4,81	4,75	4,89	5,0	5,22	5,86	5,94	5,53	5,14	H
Tablazo	5,37S	81,78	147	3	1	4,19	5,28	5,61	5,17	5,33	4,64	4,83	5,44	5,64	5,89	5,78	6,14	5,33	H
Tarapoto	6,58S	76,32	356	3	1	4,75	4,67	4,36	4,28	4,17	4,06	4,58	4,83	4,72	4,72	4,69	4,83	4,57	H
Tejedores	4,75S	80,23	2500	3	1	4,47	4,75	5,08	4,81	5,28	4,86	5,05	5,39	5,64	5,75	5,78	5,58	5,2	H
Tinajones	6,67S	79,47	220	3	1	5,44	5,61	5,39	5,58	5,72	5,06	5,75	5,86	6,0	6,22	6,5	6,64	5,81	H
Tunelcero	13,12 S	75,07	4600	3	1	4,97	4,67	5,14	4,97	4,67	4,81	5,08	5,42	5,28	5,66	6,97	5,44	5,19	H
Yurac	9,00S	75,67	420	3	1	4,31	4,0	4,14	4,11	3,94	3,67	4,17	4,72	4,69	4,67	4,64	4,31	4,28	H
Zorritos	3,67S	80,67	5	2	1	5,03	5,53	5,08	5,42	5,25	5,11	4,75	4,25	4,56	5,11	5,42	5,33	5,07	H

Nota. De "Tiempo / Índice UV", por SENAMHI, s.f. (<https://bit.ly/4fl1u3n>)

También se muestra la energía solar de Arequipa, cuyos elevados niveles de radiación solar hacen factible la implementación de sistemas fotovoltaicos.

Figura 5

Mapa del potencial de energía solar anual en Arequipa



Nota. De “Tiempo / Índice UV”, por SENAMHI, s.f. (<https://bit.ly/4f11u3n>)

2.4. Angulo de Inclinación

Para conseguir que una instalación logre un rendimiento superior, resulta imprescindible examinar el ángulo de inclinación en los módulos solares. El ángulo de inclinación óptimo dependerá directamente de la latitud del punto de instalación.

Para instalaciones con perfiles de consumo anuales estables, es preferente optimizar el sistema para la máxima captación de irradiancia durante el periodo invernal.

$$\alpha = |\textit{Latitud}| + \pm 10^\circ$$

Figura 6

Angulo de inclinación de los módulos solares



Nota. De “Vocabulario técnico de energías renovables: Solar, eólica e hidráulica inglés-español, español-inglés”, por Coz & Sánchez, 2024 (<https://bit.ly/31GMxfy>)

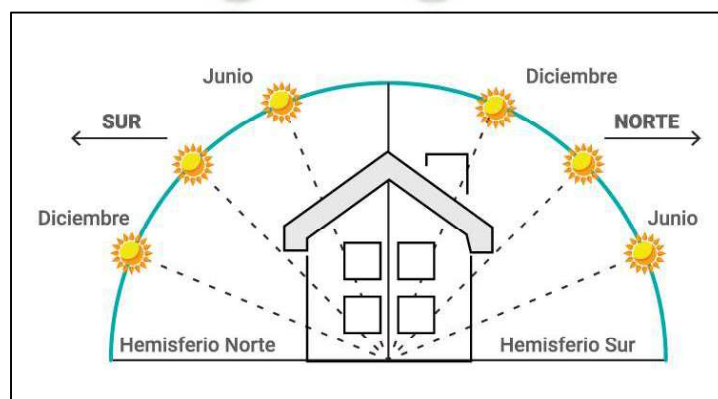
- Para nuestro caso en la región de Arequipa, el Ángulo de inclinaciones estándar es de 20°.

2.5. Orientación de los módulos solares

La orientación constituye un parámetro fundamental, cuya determinación, no obstante, es sencilla al basarse en una premisa lógica: el módulo solar debe posicionarse para que la radiación incida perpendicularmente. Por consiguiente, para emplazamientos ubicados en el hemisferio austral, los módulos deben orientarse hacia el norte. Como es nuestro caso.

Figura 7

Orientación de módulos solares



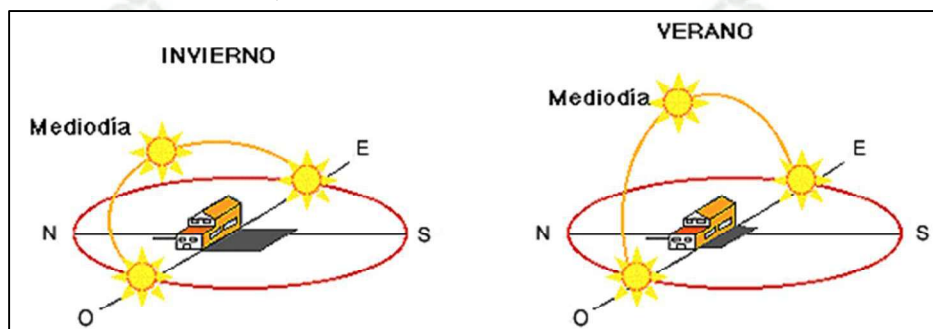
Nota. De “Vocabulario técnico de energías renovables: Solar, eólica e hidráulica inglés-español, español-inglés”, por Coz & Sánchez, 2024 (<https://bit.ly/31GMxfy>)

Otro factor a tener en cuenta es la Variación y trayectoria del sol.

- En el invierno, el sol alcanza su posición más baja, lo cual incrementa la longitud de su trayectoria (solsticio de invierno)
- En el verano, el sol alcanza su posición más alta, lo cual disminuye la longitud de su trayectoria (solsticio de verano)

Figura 8

Trayectoria del sol en invierno y verano.



Nota. De “Vocabulario técnico de energías renovables: Solar, eólica e hidráulica inglés-español, español-inglés”, por Coz & Sánchez, 2024 (<https://bit.ly/3IGMxfy>)

2.6. Descripción de los componentes de un sistema conectado a red

2.6.1. Módulo solar

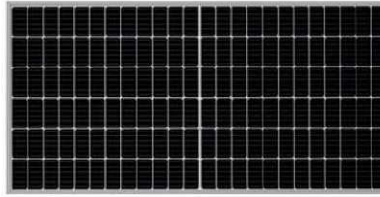
Los módulos solares, están compuesto por la agrupación de celdas solares, estos convierten la radiación solar en energía eléctrica. Dichas celdas se manufacturan a partir de un material semiconductor, tal como el silicio; para garantizar la correcta inclinación y orientación respecto a la incidencia solar, los módulos se emplazan sobre una estructura de soporte metálica.

Existen dos tipos de módulos fotovoltaicos más comunes:

2.6.2. Módulo Monocristalino

Se componen de un único cristal de silicio, de lo cual deriva su denominación como monocristalinos. El diferencial de su coste, en comparación con otras tipologías, obedece al exigente proceso de su manufactura; Por lo tanto, su pureza es óptima y mejora la eficiencia.

Se estima un proceso de Degradación aproximadamente: -0.7% por año

Figura 9*Modulo solar Monocristalino – Mono Perc*

Nota. De “Vocabulario técnico de energías renovables: Solar, eólica e hidráulica inglés-español, español-inglés”, por Coz & Sánchez, 2024 (<https://bit.ly/3IGMxfy>)

2.6.3. Módulo Policristalino

Esta tecnología presenta un coste más reducido, dado que la calidad del silicio empleado es inferior y su proceso de manufactura carece de la rigurosidad inherente a las células monocristalinas. Consecuentemente, su eficiencia resulta inferior, al estar constituidas por múltiples granos de cristal de silicio. Se estima un proceso de Degradación aproximadamente: -0.7% por año

Figura 10*Modulo solar Policristalino*

Nota. De “Vocabulario técnico de energías renovables: Solar, eólica e hidráulica inglés-español, español-inglés”, por Coz & Sánchez, 2024 (<https://bit.ly/3IGMxfy>)

2.6.4. Inversor híbrido – conectado a red

Es el dispositivo que efectúa la conversión de la energía en CC, generada por los módulos fotovoltaicos, a corriente alterna. Dicha transformación habilita su utilización directa por las cargas eléctricas en los ámbitos residencial o industrial.

Para los fines del proyecto se usará un inversor conectado a red; del modelo de inversor Huawei SUN2000 L1 2 kW. con sistema de monitoreo con modo opcional para conexión a baterías de Litio (sistema híbrido) y auto conmutado, este proceso realizará todo el tiempo transferencia de operación con la red eléctrica comercial.

Para la selección del inversor se tomó en cuenta lo siguiente:

- La generación de una onda senoidal pura, análoga a la de la red eléctrica, por su superior desempeño con cargas como transformadores, motores eléctricos, electrodomésticos e iluminación.
- La frecuencia y tensión nominal no debe variar más del 5% de su valor.
- Debe tener un Smart meter, para el proceso de no inyectado a la red

Figura 11

Inversor conectado a red



Nota. De “Soluciones energéticas que transforman el mundo”, por Novum Solar, s.f.
(<https://novumsolar.com/soluciones-energeticas/>)

2.6.5. *Smart Meter monofásico*

En un sistema fotovoltaico, los Smart Meters juegan un rol esencial. Permiten medir no solo cuánta energía se consume de la red, sino también cuánta energía se está generando e inyectando hacia la red de distribución. Es relevante para la tarificación de energía de sistemas fotovoltaicos que inyectan energía a la red de distribución, donde los usuarios pueden recibir créditos por la energía que aportan al sistema eléctrico.

Figura 12

Inversor conectado a red



Nota. De “Soluciones energéticas que transforman el mundo”, por Novum Solar, s.f.
(<https://novumsolar.com/soluciones-energeticas/>)

2.6.6. Caja eléctrica con elementos de protección

Es imperativa la dotación de un sistema de protección para la salvaguarda de la instalación contra sobretensiones, cortocircuitos y descargas atmosféricas. Dicho mecanismo, constituido por interruptores termomagnéticos para corriente continua (DC) y corriente Alterna (AC), repartidor de línea, barra de tierra y tablero eléctrico, para evitar fallas eléctricas:

2.6.6.1. Llave térmica en DC

Su diseño contempla la protección de equipos eléctricos frente a sobrecorrientes. Estos dispositivos están concebidos para aplicaciones en circuitos de control de corriente continua (CC).

2.6.6.2. Llave térmica en AC

Este dispositivo resguarda la instalación contra el sobrecalentamiento de los conductores ante una sobrecarga. Cuando la corriente circulante excede un umbral determinado, su mecanismo térmico se activa e interrumpe el circuito.

2.6.6.3. Tablero Eléctrico

Se albergan los dispositivos de protección y los mecanismos de maniobra de la instalación.

De forma general, son gabinetes que centralizan los componentes de conexión, control, protección, medida, señalización y distribución, cuyo conjunto garantiza el funcionamiento adecuado de una instalación eléctrica.

2.6.6.4. Repartidor Eléctrico

Es un dispositivo que permite la repartición de las distintas líneas eléctricas de un cuadro de forma segura, utilizando para ello el mínimo espacio posible.

Figura 13*Equipos de Protección*

Nota. De “Soluciones energéticas que transforman el mundo”, por Novum Solar, s.f.
(<https://novumsolar.com/soluciones-energeticas/>)

2.6.7. Cables

La selección del conductor adecuado está supeditada a que las caídas de tensión no excedan el 5 % en el circuito panel-inversor-carga, a fin de optimizar la eficiencia.

Es imperativo el empleo de conductores en conformidad con la normativa vigente: el Código Nacional de Electricidad y la Norma Técnica Peruana (Resolución Ministerial No 037-2006-MEM/DM, 2006; Instituto Nacional de Calidad, 2006). Para este caso utilizaremos:

- Cable Solar Fotovoltaico

Su superior conductividad, aislamiento específico y resistencia a la radiación ultravioleta garantizan una transferencia energética eficiente y una longevidad que excede a la de los conductores eléctricos convencionales.

- Cable Eléctrico NH-90 THW 12 AWG

Este componente se concibe para la conducción de corriente eléctrica. Su fabricación emplea primordialmente cobre, material seleccionado en virtud de su elevada capacidad conductiva.

Figura 14

Cables Eléctricos



Nota. De “Sistemas solares”, por Indeco by Nexans, s.f. (<https://www.nexans.pe/es/products/Sistemas-Solares.html>)

2.6.8. Soportes para módulos solares

Los módulos solares fotovoltaicos han de emplazarse en una locación despejada para evitar la incidencia de sombras durante el período de irradiación solar, razón por la cual la selección de dicho sitio es fundamental.

Es factible el empleo de soportes fijos, los cuales deben poseer la inclinación y orientación adecuadas para maximizar el aprovechamiento energético diario; esta opción no demanda mantenimiento continuo y es económicamente más viable.

Figura 15

Soporte para modulo solares



Nota. De “Soluciones energéticas que transforman el mundo”, por Novum Solar, s.f. (<https://novumsolar.com/soluciones-energeticas/>)

2.7. Características de funcionamiento de un sistema conectado a red

Un sistema solar interconectado a red constituye una instalación fotovoltaica que opera en conjunción con el suministro eléctrico público y la generación de los módulos solares. Sus componentes son: red eléctrica, módulos solares, inversor de red, medidor inteligente (smart meter) y un equipo de monitoreo. En consecuencia, el presente proyecto prescinde de acumuladores energéticos.

La función del inversor de red, además de transformar la CC en alterna, es priorizar automáticamente el uso de la energía fotovoltaica. Esto resulta en una reducción de la demanda energética sobre la red pública. Durante periodos nocturnos o de baja irradiación solar, el inversor conmuta al suministro de la red eléctrica sin requerir configuración alguna.

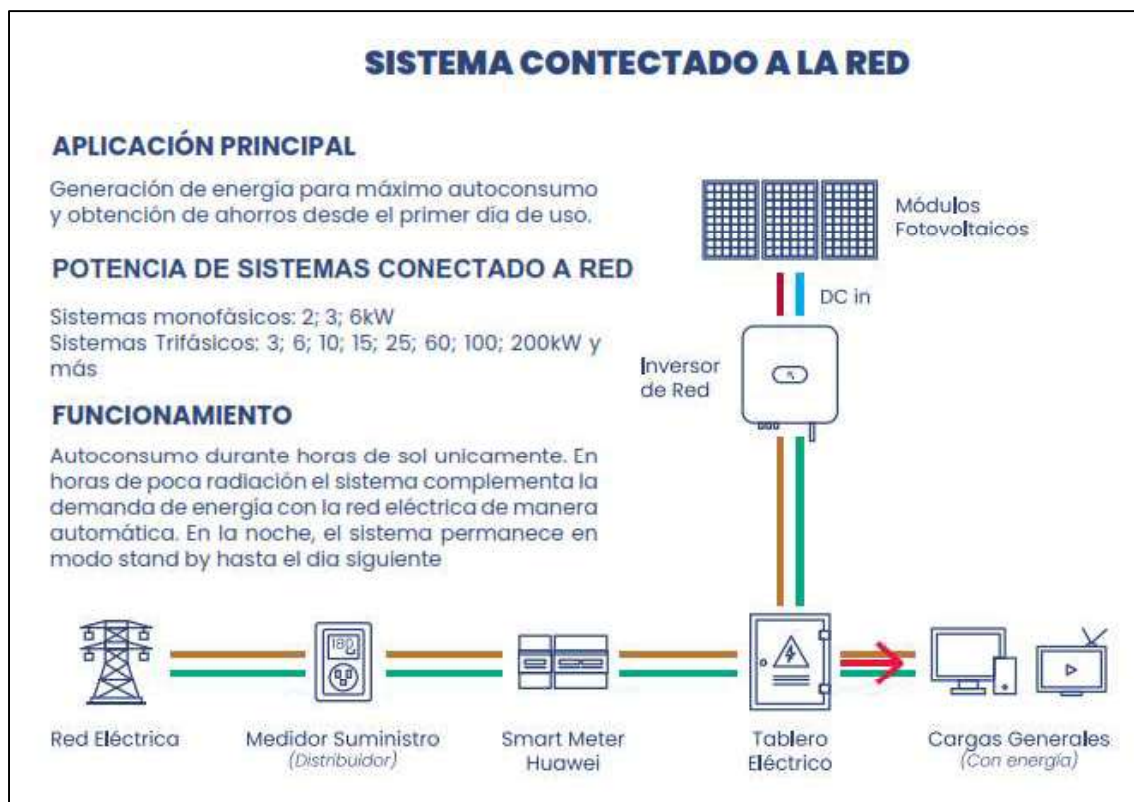
La aplicación de estos sistemas abarca los sectores residencial, comercial e industrial; su beneficio principal reside en la optimización de costos energéticos y la mitigación de las emisiones de CO₂. El mantenimiento requerido se circunscribe a la limpieza periódica de los módulos solares.

Estos sistemas poseen una vida útil que excede las dos décadas y su inversión se amortiza en el mediano plazo. Tienen la capacidad de alimentar motores e inclusive cargas de índole industrial. Su implementación se caracteriza por su sencillez y viabilidad económica. Dicho sistema posibilita una generación energética eficiente y sostenible.

Este aun en planeamiento la aprobación del reglamento de Generación Distribuida. En conclusión, el sistema posibilita el aprovechamiento del excedente energético producido, esto es, aquella energía que los módulos fotovoltaicos generaron sin ser consumida por el usuario, configurándola como crédito energético para uso posterior.

Figura 16

Esquema de un sistema conectado a red



Nota. De “Soluciones energéticas que transforman el mundo”, por Novum Solar, s.f. (<https://novumsolar.com/soluciones-energeticas/>)

2.8. Ventajas y desventajas de un sistema conectado a red y a un sistema aislado

2.8.1. Justificación de un sistema interconectado a red

En el mercado peruano, los sistemas de interconexión constituyen una realidad consolidada y en constante crecimiento; actualmente, su integración es un proceso de notable simplicidad cuya inversión se amortiza en plazos breves mediante el ahorro que genera.

En el mercado local, se está utilizando en sistemas de uso residencial, industria y minería y con especialmente su masificación en el sector residencial, para no depender de la energía convencional. Especialmente en departamento del Perú, donde hay una mayor radiación solar, para aprovechar el sistema al máximo.

Para su funcionamiento de un sistema interconectado a red, no es indispensable el de uso de baterías, para su funcionamiento.

Su costo de inversión, en comparación con sistemas con un sistema aislado, es menor

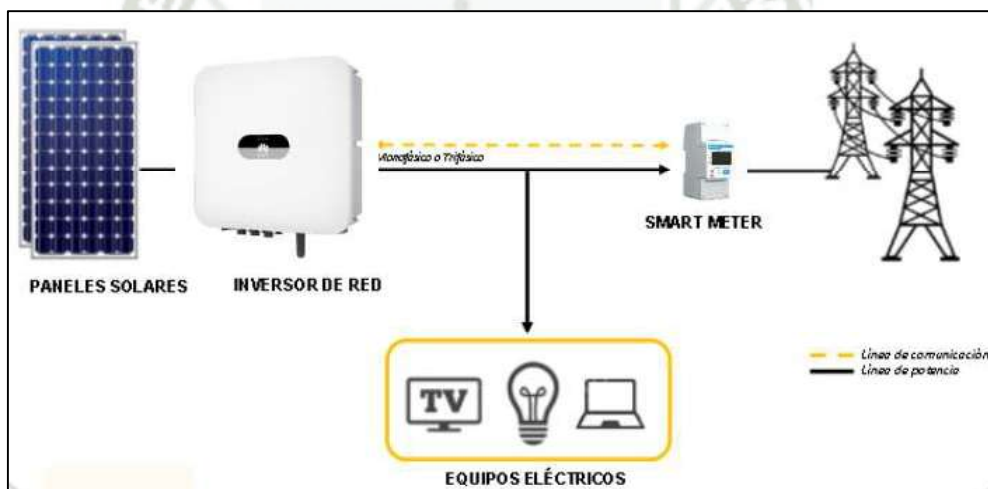
de costo, debido a que no requiero el uso de baterías. Debido, si se requiere mayor autonomía para su uso, se de aumentar baterías, y ellos hace que el costo sea mayor. Como también el aumento de los módulos solares, ya que depende una relación para la carga de baterías. Es por esta razón que el sistema se hace más costoso. Mayormente estos sistemas aislados son utilizados en zonas donde no hay cobertura de red eléctrica.

2.8.2. Sistema interconectado a red

Si bien la alusión a los sistemas de interconexión a la red con módulos solares es recurrente en la actualidad, el entendimiento de sus beneficios inherentes, más allá de la optimización del consumo energético, suele ser limitado. A continuación, se pormenorizan algunas de estas prerrogativas:

Figura 17

Esquema de un sistema fotovoltaico conectado a red



Nota. De “Vocabulario técnico de energías renovables: Solar, eólica e hidráulica inglés-español, español-inglés”, por Coz & Sánchez, 2024 (<https://bit.ly/3IGMxfy>)

2.8.3. Ventajas de un sistema interconectado a red

- Disminución de la dependencia energética de fuentes no renovables, ya que su fuente de energía solar es inagotable.
- Impacto ambiental reducido y nula generación de residuos nocivos para el ecosistema.
- Su carácter modular facilita la expansión de la potencia instalada en función de los requerimientos de la demanda energética.
- Requerimiento de mantenimiento mínimo, derivado de la ausencia de componentes

móviles y su operación insonora; es suficiente una inspección ocular periódica para verificar la limpieza e integridad de los módulos.

- Los avances tecnológicos y el incremento de la demanda han propiciado una reducción progresiva en el costo de estos sistemas.
- Su vida útil excede los 25 años.
- La generación eléctrica se realiza sin consumo de combustibles.

2.8.4. Desventajas de un sistema interconectado a red

El desembolso inicial resulta elevado, ya que el costo de los módulos solares excede al del suministro eléctrico convencional. No obstante, dicha erogación se concibe como una inversión a largo plazo, cuya amortización se produce a través del ahorro en la facturación eléctrica periódica.

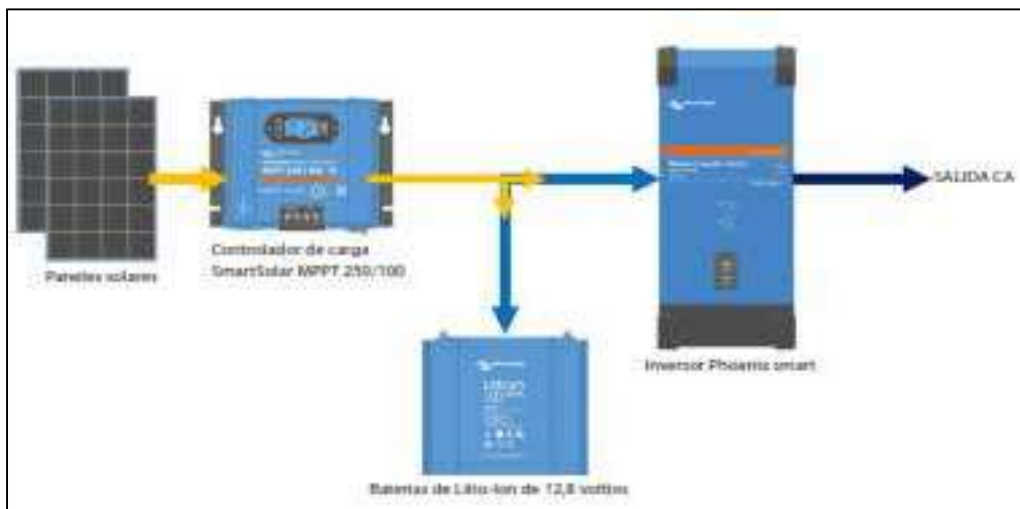
- Puede generar afectaciones ecosistémicas por la extensión territorial que ocupa, particularmente en instalaciones de gran envergadura. Es factible, además, un impacto visual adverso si no se gestiona adecuadamente la integración paisajística de los módulos en el entorno.
- Actualmente el excedente de energía no se puede inyectar a la red, debido a que no existe una regulación o reglamento que admite este proceso en Perú, por ello se coloca actualmente un dispositivo llamado Smart meter, que hace que la inyección sea cero a la red eléctrica.

2.8.5. Sistema fotovoltaico autónomo o aislado, no conectado a red

Por su parte, un sistema fotovoltaico autónomo o aislado se compone fundamentalmente de módulos fotovoltaicos, que funcionan como la unidad generadora a partir de la energía solar; acumuladores para el almacenamiento energético y su subsecuente utilización en ausencia de irradiación solar; y un inversor, dispositivo electrónico que adecúa dicha energía a la tensión requerida para el consumo doméstico.

Figura 18

Esquema de un sistema Fotovoltaico Aislado



Nota. De “Soluciones energéticas que transforman el mundo”, por Novum Solar, s.f. (<https://novumsolar.com/soluciones-energeticas/>)

2.8.5.1. Ventajas de un sistema fotovoltaico autónomo o aislado, no conectado a red

- No consume combustible para generar electricidad.
- Puede dar servicio en horas nocturnas.
- Cuando producimos más de lo que consumimos, no inyectamos energía a la red
- Es ampliable en función de las necesidades de la demanda de carga

2.8.5.2. Desventajas de un sistema fotovoltaico autónomo o aislado, no conectado a red

- El costo inicial es alto, especialmente por el costo de batería
- Se necesitan sistemas de baterías que aumentan el costo del sistema
- Si falla la batería, el sistema sé que, sin servicio o funcionamiento, donde se debe reemplazar el banco de batería.
- Necesita un ambiente adecuado para la colocación de las baterías con ventilación.

CAPÍTULO III: INGENIERÍA DEL PROYECTO

3.1. Definiciones de valores a utilizar

3.1.1. *Caída de tensión*

Corresponde a la diferencia de potencial existente entre los extremos de un conductor, semiconductor o aislante. Dicho valor, medido en voltios, representa el gasto de fuerza que implica el tránsito de la corriente a través del mismo.

3.1.2. *Arreglo fotovoltaico*

Un conjunto de módulos fotovoltaicos interconectados que opera como una única unidad generadora de electricidad.

3.1.3. *String*

Conjunto de varios módulos dispuestos en conexionado tipo serie, lo que provoca tensiones DC mayores a la salida de los terminales de cada string.

3.1.4. *Condición MPP*

Es la condición a la cual, un dispositivo electrónico (inversor) extrae la máxima cantidad de energía de una fuente de energía (lo hace a eficiencias cercanas al 99%)

3.2. Cuadro de cargas de la vivienda unifamiliar

Se ha realizado el cálculo del cuadro de cargas de la vivienda unifamiliar teniendo en cuenta las reglas del CNE.

3.2.1. *Cálculo del área total*

1. Se realiza el cálculo del área total a habitar aplicando la regla 050-110 inciso 1 del CNE.

$$AH = (L - P) * (A - P)$$

Descripción de la fórmula:

- *A.H: Área habitada (m²)*
- *L: Largo (m²)*
- *A: Ancho (m²)*
- *P: Ancho de las paredes (mm)*

Teniendo los siguientes datos

Tabla 4

Datos de las medidas de la vivienda

Lado	Medida	Unidad de medida
Ancho	7	m ²
Largo	12	m ²
Paredes	180	mm

Reemplazando los datos tenemos el área habitada

$$AH = (7 - 0.18) * (12 - 0.18)$$

$$AH = 80.61 \text{ m}^2$$

Luego procedemos a realizar el cálculo del área total de la vivienda teniendo en cuenta que la vivienda cuenta con dos pisos, según el CNE en la Regla 050-200 y/o 050-202 deben ser determinadas por las dimensiones interiores (áreas techadas) e incluyen:

- 100% del área del primer piso
- 100% del área de los pisos superiores
- 75% del área del sótano

Para este caso la vivienda cuenta con dos pisos y no con sótano por ello procedemos a realizar la sumatoria de áreas de la vivienda.

$$AT = A1 + A2 + \dots + An$$

- *AT: Área Total (m²)*

- $A1$: Primer Piso (m^2)
- $A2$: Segundo Piso (m^2)
- An : Pisos superiores (m^2)

Reemplazando los datos en la fórmula procedemos hallando el área total de la vivienda.

$$AT = 80.61 + 80.61$$

$$AT = 161.22 m^2$$

3.2.2. Cálculo del cuadro de cargas

Se elabora el cuadro de cargas en Base a la sección 050-110 Inciso (2) y/o 050-200 Inciso (1) teniendo en cuenta las siguientes fórmulas.

$$MD = P.I * F.D$$

- AT : Área Total (m^2)
- $A1$: Primer Piso (m^2)
- $A2$: Segundo Piso (m^2)

Teniendo en cuenta lo mencionado en el CNE del 050-200 Inciso (1) para Viviendas Unifamiliares en la primera regla procederemos a realizar el cuadro de cargas.

Para realizar el cuadro de cargas se ha tomado en cuenta las cargas especiales que cuenta la vivienda unifamiliar y tomando como criterios los puntos del CNE.

Tabla 5

Cuadro de cargas de la Vivienda Unifamiliar

DESCRIPCION	POTENCIA INSTALADA(W)	FACTOR DE DEMANDA(F.D.)	MAXIMA DEMANDA(W)
I y II) Tomacorrientes y Luminarias			3500
Primeros 90 m2	2500	1	2500
Siguietes 71 m2	1000	1	1000
III) Cargas especiales			3000
Equipo de aire acondicionado	3000	1	3000
IV) Cargas especiales			6000
Cocina eléctrica	8000	0.75	6000
V) Cargas especiales			6000
O2 Terma Eléctrica	6000	1	6000
VI) Cargas especiales			1125
>1500W			
Horno Microondas	2500	0.25	625
<1500W			
Puerta levadiza	500	1	500

3.2.3. Cálculo de la Máxima Demanda

Se obtiene de la sumatoria de la Tabla 5 el cual se obtiene el valor de 19625 Watts.

3.2.4. Cálculo de la potencia contratada

Se realiza aplicando la siguiente fórmula.

$$PC = M.D * F.S$$

- *PC: Potencia Contratada (KW)*
- *MD: Máxima Demanda (KW)*
- *FS: Factor de Simultaneidad*

Para viviendas se suele utilizar el factor de simultaneidad de 0.8 el cual va a ser utilizado en el presente trabajo.

$$PC = 19.625 * 0.8$$

$$PC = 15.7 \text{ KW}$$

Reemplazando los valores se obtiene una potencia contratada de 15.7 KW, y de forma mensual se tendría un valor de 471 KW, valor el cual si van a poder soportar nuestro sistema solar conectado a red.

3.3. Criterios de diseño

Para dimensionar los sistemas fotovoltaicos se tuvo en cuenta la demanda, radiación, equipos, y criterios de diseño. A partir de estos se obtuvo la potencia pico del sistema, el arreglo fotovoltaico y el rendimiento.

- La energía fotovoltaica producida por el sistema debe ser igual al consumo de las cargas que están conectadas al tablero general.
- La ratio DC/AC debe estar dentro de 1.1 a 1.3l sistema se diseñó con módulos solares Marca OSDA de 100 WP – Modelo ODA100-18-M
- El sistema se diseñó con inversor de conexión a red de 3 kW Marca Huawei, la potencia del inversor se basó en la demanda de energía requerida

3.3.1. Módulos solares fotovoltaicos

Se utilizará el panel solar de marca TRINA de 510 Wp con las siguientes características:

Tabla 6

Datos técnicos Modulo Solar

Potencia (Wp)*	Power Tolerance - Pmax (%)	Maximum Power Voltage - Vmp (V)	Corriente de potencia máxima - Imp (A)	Voltaje de circuito abierto - Voc (V)	Corriente de cortocircuito - Isc (A)	Module Efficiency - η (%)
490	±5	42.4	11.56	50.6	12.14	20.4
495	±5	42.6	11.84	50.8	12.29	20.7
500	±5	42.8	12.1	51	12.44	20.9
505	±5	43.2	12.34	51.2	12.56	21.1
515	±5	43.4	12.49	51.5	12.49	21.4

Nota. De “Vocabulario técnico de energías renovables: Solar, eólica e hidráulica inglés-español, español-inglés”, por Coz & Sánchez, 2024 (<https://bit.ly/3IGMxfy>)

3.3.2. Cálculos del número de string

La cantidad de módulos por cadena (*string*) quedará definido de acuerdo a la máxima y mínima tensión permitida por el inversor. La tensión de tensión de circuito abierto del string deberá estar dentro de estos valores. Para el cálculo de este voltaje, se debe considerar la tensión de circuito abierto de cada módulo y la influencia de la temperatura. El número de módulos máximo y mínimo de módulos viene determinado por las siguientes formulas:

3.3.3. Cálculo del # máximo de módulos “ N_{max} ”

$$N_{max} = \frac{V_{dc\ max}}{V_{oc} * [1 + (t_{min} - t_{STC}) * (K_v)]}$$

Descripción de la fórmula:

- N_{max} : Número de módulos conectados en serie (N es redondeado)
- $V_{dc\ max}$: Máximo voltaje de entrada DC permitido por los módulos al inversor (V)
- V_{oc} : Voltaje en circuito-abierto del módulo (V)
- t_{min} : Mínima temperatura de los módulos en la temperatura ambiente más baja históricamente en el año (°C).
- t_{STC} : Temperatura a condiciones STC del módulo, el valor es: 25° C.
- K_v : Coeficiente de temperatura de circuito-abierto de los módulos (%/°C)

3.3.4. Cálculo de # mínimo de módulos “ N_{min} ”

- Cálculo del # mínimo de módulos “ N_{min} ”
 - a.
 - t_{STC} : Temperatura a condiciones STC del módulo, el valor es: 25° C.
 - K_v : Coeficiente de temperatura de circuito-abierto de los módulos (%/°C)

3.3.5. Cálculo del número de módulos

Procedemos a realizar el cálculo de diseño y dimensionamiento de nuestro sistema interconectado para la vivienda.

Se cuenta con los siguientes datos generales para el dimensionamiento:

Tabla 7

Datos Generales

Departamento	Arequipa
Provincia	Arequipa
Distrito	Jacobo Hunter
Lugar	Pasaje los Geranios 102
Temperatura Máxima (°C)	21,7 °C
Temperatura Mínima (°C)	6.1 °C

Se cuenta con los datos del módulo seleccionado para el dimensionamiento:

Tabla 8

Datos técnicos Modulo Solar de 510 Wp

	Datos Eléctricos (STC)				
	490	495	500	505	515
Wp*	490	495	500	505	515
Pmax (%)	±5				
Vmp (V)	42.4	42.6	42.8	43.2	43.4
Imp (A)	11.56	11.84	12.1	12.34	12.49
Voc (V)	50.6	50.8	51	51.2	51.5
Isc (A)	12.14	12.29	12.44	12.56	12.49
η (%)	20.4	20.7	20.9	21.1	21.4

Nota. De “Vocabulario técnico de energías renovables: Solar, eólica e hidráulica inglés-español, español-inglés”, por Coz & Sánchez, 2024 (<https://bit.ly/3IGMxfy>)

De la ficha técnica del módulo se cuenta con los siguientes valores para el dimensionamiento:

Tabla 9

Datos del módulo seleccionado

Marca	TRINA SOLAR
Wp	510 Wp
Imp	11.81 A
Voc	52.1 V
Isc	12.42 A
Voltaje máximo del sistema	1500 VDC (IEC)
Coefficientes de temperatura de Voc	-0.25%/°C

Se cuenta con los datos siguientes datos del inversor seleccionado para el dimensionamiento:

Tabla 10

Datos sacados de la misma ficha técnica del Inversor

Específicas técnicas	SUN3000-2KTL-L1	SUN3000-3KTL-L1	SUN3000-4KTL-L1
Eficiencia			
Max. eficiencia	98.20%	98.30%	98.40%
European weighted efficiency	96.70%	97.30%	97.50%
Input (PV)			
Recommended max. PV power ²	3,000 Wp	4,500 Wp	6,000 Wp
Max. input voltage	600 V ³		
Start-up voltage	100 V		
MPPT operating voltage range	90 V – 560 V ³		
Rated input voltage	360 V		
Max. input current per MPPT	12.5 A		
Max. short-circuit current	18 A		
Number of MPP trackers	2		
Max. number of inputs	2		

Nota. De “Vocabulario técnico de energías renovables: Solar, eólica e hidráulica inglés-español, español-inglés”, por Coz & Sánchez, 2024 (<https://bit.ly/3IGMxfy>)

De la ficha de especificaciones del módulo se extraen los siguientes valores para el dimensionamiento:

Tabla 11

Datos del Inversor seleccionado

Marca	Huawei
Modelo	SUN3000L-3KTL
Potencia nominal activa de CA	3000 W
Conexión a red eléctrica	Monofásica
Tensión de entrada mínima.	120 V
Máxima intensidad por MPPT	10.60 A
Máxima intensidad de cortocircuito por MPPT	15 A

Procedemos a realizar los cálculos correspondientes para hallar los módulos necesarios.

- Ratio DC/AC (Objetivo): 1.02
 - Ratio DC/AC = P total DC (módulos) / Ptotal (Inversor)
 - P total DC (módulos) = Ratio DC/AC x Ptotal (Inversor)
 - P total DC (módulos) = 1.02 x 3000W = 3,060W
- Cálculo del # máximo de módulos “ N_{max} ”

$$N_{max} = \frac{V_{dc\ max}}{V_{oc} * [1 + (t_{min} - t_{STC}) * (K_v)]}$$

Reemplazando la formula con los valores obtenidos mediante datos meteorológicos y fichas técnicas del módulos e inversor

$$N_{max} = \frac{600\ V}{52.1\ V * [1 + (6.1\ ^\circ C - 25\ ^\circ C) * (-0.29\%/^\circ C)]}$$

$$N_{max} = 10.91\ \text{modulos}$$

$$N_{max} = 10\ \text{modulos}$$

- Cálculo del # mínimo de módulos “ N_{min} ”

$$N_{min} = \frac{V_{startup}}{V_{oc} * [1 + (t'_{max} - t_{STC}) * (K_v)]}$$

Reemplazando la formula con los valores obtenidos mediante datos meteorológicos y fichas técnicas del módulos e inversor

$$N_{min} = \frac{100 V}{52.1 V * [1 + (21.7 ^\circ C - 25 ^\circ C) * (-0.29\%/^\circ C)]}$$

$$N_{max} = 1.90 \text{ modulos}$$

$$N_{max} = 2 \text{ modulos}$$

- Configuración final de strings

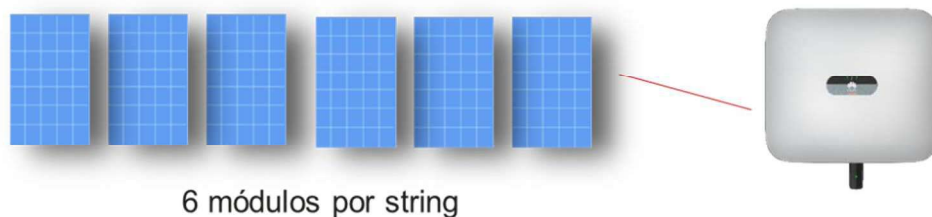
Cabe mencionar que el inversor tiene 2MPPTs y recibe 1 string por MPPT. En total, el inversor puede recibir 2 strings.

- Módulos TOTAL = P total DC (módulos) / P módulo
- Módulos TOTAL = 3060W / 510W = 6
- Módulos TOTAL = 6

Para nuestro caso de dimensionamiento vamos a utilizar 01 MPPT, con un solo string con la siguiente configuración:

Figura 19

String MPPT 1 = 6 módulos



- P total DC (módulos) = (510Wp/Mod)*(6 Mod)
- P total DC (módulos) = 3060 W
- Ratio DC/AC = 3,060W / 3,000W = 1.02
- Ratio DC/AC = 1.02

Para este dimensionamiento se cumple la regla de objetivo de valor del Ratio

Cálculo de Compatibilidad de la corriente del módulo respecto al inversor

Por lo tanto, para 01 MPPT a 1 string:

- $I_{mpp}(\text{módulo}) \leq I_{mpp}(\text{inversor})$

$$11.81 \text{ A} \leq 12.5 \text{ A OK}$$

- $I_{sc}(\text{módulo}) \leq I_{sc}(\text{inversor})$

$$12.42 \text{ A} \leq 18 \text{ A OK}$$

3.3.5.1. Número y selección de inversor

El inversor tiene como fin transformar la corriente DC en AC y la potencia fotovoltaica debe ser de un 10 a 30% mayor que la potencia nominal del mismo, así se garantiza la correcta operación. A parte del voltaje, también debemos verificar que la corriente máxima de los strings no supere la capacidad máxima permisible por cada inversor.

Tabla 12

Características del inversor a utilizado.

ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL INVERSOR	
Marca	Huawei
Modelo	SUN3000L-3KTL
Eficiencia	
Eficiencia máxima	98.4%
Entrada	
Entrada DC máxima recomendada	3,000 Wp
Máxima tensión de entrada	600 V
Rango de tensión de potencia máxima de MPPT	90V – 600 V
Tensión de entrada mínima	120 V
Tensión nominal de entrada	380 V
Máxima intensidad por MPPT	10.60 A
Máxima intensidad de cortocircuito por MPPT	15 A
Cantidad de rastreadores por MPPT	2
Máximo numero de entrada por MPPT	1
Salida	
Conexión a red eléctrica	Monofásica
Potencia nominal activa de CA	2000 W
Máxima potencia aparente de CA	2,200 VA
Tensión nominal de salida	220 V
Máxima intensidad de salida	10 A
Factor de potencia ajustable	0,8 capacitivo – 0,8 inductivo
Máxima distorsión armónico total	$\leq 3 \%$

Nota. De “Vocabulario técnico de energías renovables: Solar, eólica e hidráulica inglés-español, español-inglés”, por Coz & Sánchez, 2024 (<https://bit.ly/3IGMxfy>)

3.3.5.2. Resultados de equipos a utilizar

Se resume los componentes a utilizar para el sistema de generación fotovoltaico para la vivienda familiar.

Tabla 13

Características del inversor a utilizado

ítem	Descripción	Cant.	Potencia	Modelo
1	Inversor conectado a red	1	3000 W	SUN3000L-3KTL
2	Módulo Fotovoltaico	6	510 Wp	Trina Solar 510 Wp
3	Smar meter	1		SMART POWER SENSOR DDSU666H (Monofásico)
4	Estructura para arreglo solar	1		

3.3.5.3. Cálculo de potencia generada por el Sistema conectado a red

Teniendo en cuenta los equipos que tenemos seleccionados nuestro sistema va generar la siguiente potencia.

$$PG = PMF * 5 HSP$$

$$PG = 510 * 5 HSP$$

$$PG = 2.55 Kw/día$$

Teniendo 6 paneles seleccionados nuestro sistema va a generar 459 Kw de forma mensual y revisando nuestro cuadro de cargas tenemos un valor de 471 Kw lo cual cubre nuestra necesidad y se va a tomar también parte del fluido eléctrico proporcionado por SEAL en la vivienda unifamiliar donde se ha instalado el proyecto.

3.3.5.4. Cálculo para dimensionamiento de conductores

Se toman las normas impuestas por el CNE. Sin embargo, este proyecto también contempla normas internacionales propuestas por IEEE, el IEC y el UL. Las referencias tomadas son:

- Código Nacional de Electricidad Utilización - Sección 030
- Norma Técnica Peruana NTP 370.301
- IEC 60364-5-523 “Electrical installations of building. Part 5: Selection and

erection of electrical equipment”

- IEC 60287 “Calculation of the electrical cables. Calculation of the current rating”
- Norma IEEE, Standard Power Cable Ampacity Tables, IEEE 835.
- Código Nacional de Electricidad Suministro 2011 Sección 003
- Código Nacional de Electricidad Utilización Sección 060
 - IEC 60364: Low-voltage electrical installations, Part 7-712
 - IEC 61730-1:2016
- UL 4703: Norma para conductor unipolar aislado con o sin cubierta para sistemas de energía fotovoltaicos de 600, 1000 ó 2000 V.

3.3.5.5. Premisas de cálculo

La caída de voltaje de los circuitos alimentadores no deberá superar nunca el 5% entre la fuente principal de abastecimiento (módulos) y el punto más lejano de la instalación (tablero de interconexión).

La corriente máxima de los inversores fotovoltaicos son los que se indican en su placa característica, a cualquier factor de potencia, ya que está limitada por su electrónica de potencia.

3.3.5.6. Conductores DC

El presente ítem tiene como objeto calcular la sección del conductor para evitar la caída de tensión en el cableado de los sistemas fotovoltaicos diseñados, con el fin de dimensionar las secciones adecuada de los conductores a utilizar.

Los sistemas fotovoltaicos generan electricidad en forma de corriente directa (DC). Se determinará la sección del conductor requerida para cada conexión, así como su correspondiente caída de tensión.

El dimensionamiento normativo de la sección de un conductor requiere la determinación de la sección mínima estandarizada que satisfaga de manera simultánea las dos condiciones subsiguientes.

3.3.5.7. Criterio de la intensidad máxima admisible o de calentamiento

La temperatura del conductor, operando a plena carga y en régimen permanente, no deberá exceder la temperatura máxima admisible de los materiales que componen su aislamiento. Este umbral se especifica en la normativa particular de los conductores y se establece habitualmente en 70 °C para aislamientos termoplásticos y en 90 °C para los de tipo termoestable.

3.3.5.8. Criterio de la caída de tensión

El tránsito de la corriente a través de los conductores ocasiona una disipación de la potencia transportada y una caída de tensión, definida como la diferencia entre los potenciales en el origen y el extremo del conductor. Dicha caída de tensión debe ser inferior a los umbrales prescritos por la normativa para cada sección de la instalación, a fin de garantizar el funcionamiento adecuado de los receptores alimentados.

Para sistemas fotovoltaicos, la caída de tensión en el circuito DC debe limitarse al 1 % y, en casos extremos, no ha de superar el 3 %.

La formulación aplicable para la determinación de la sección del conductor en DC es:

$$S = \frac{2 * L * In}{\sigma * \Delta U_{dc}}$$

Descripción de la fórmula:

- S : Sección del conductor admisible en mm².
- In : intensidad o corriente de alimentación en Amperios.
- L : Longitud de la línea en m.
- ΔU_{dc} : Caída de tensión máxima admisible en voltios.
- σ : Coeficiente de conductividad del conductor (cobre=56, aluminio=35).

3.3.6. Cálculo de la caída de tensión máxima admisible

Fórmula para la determinación de la caída de tensión máxima admisible (ΔU_{dc})

$$\Delta U_{dc} = Voc * \%$$

Descripción de la fórmula:

- ΔU_{dc} : Caída de tensión máxima admisible en voltios.
- Voc : Tensión de circuito abierto del módulo solar en voltios.
- %: Porcentaje de caída de tensión admisible (3%, 5%).

3.3.7. Cálculo de la sección de los conductores

Datos del módulo seleccionado para el dimensionamiento de la sección del conductor

Tabla 14

Cuadro de marca del módulo para la sección del conductor

Marca	TRINA SOLAR
Wp	510 Wp
Imp	11.81 A
Voc	52.1 V
Isc	12.35 A

- Cálculo de la caída de tensión máxima admisible en voltios:

$$\Delta U_{dc} = 52.1 Voc * 0.03$$

$$\Delta U_{dc} = 1.563 Voc$$

- Cálculo de la sección del conductor admisible en mm²:

Datos:

$$L = 20m$$

$$In = 10.60 A$$

$$\sigma = 56 \text{ (cobre).}$$

$$\Delta U_{dc} = 1.563 Voc$$

- Realizamos el cálculo de la sección del conductor:

$$S = \frac{2 * 20m * 10.60A}{56 * 1.563 Voc}$$

$$S = 4.844 \text{ mm}^2$$

$S = 4 \text{ mm}^2$, siendo la sección comercial en la marca INDECO.

Tabla 15

Sección de conductores eléctricos en la marca INDECO.

CALIBRE AWG/MCM	SECCION mm ²	INDECO - CAPACIDAD DE CORRIENTE				
		AIRE	TW-70	TW-75	TW-80	TW-90
14	2.08	25	25	30	35	37
12	3.31	30	35	40	45	47
10	5.26	40	50	55	65	67
8	8.36	55	70	75	90	95
6	13.3	75	90	95	115	120
4	21.1	95	115	125	150	158

Nota. De “Sistemas solares”, por Indeco by Nexans, s.f. (<https://www.nexans.pe/es/products/sistemas-solares.html>)

Con el fin de unificar la sección de conductor eléctrico a usar se recomienda utilizar la sección 6 mm² especiales para sistemas fotovoltaicos.

Tabla 16

Conductores DC

Strings a Inversor	
Tipo de conductor:	UNIPOLAR COBRE FOTOVOLTAICO CLASE 5
Sección:	4 mm ²
Tensión de Operación Mínima	1 kV
Aislamiento de los conductores	Polietileno reticulado XLPE antillana

3.4. Cálculo de dimensionamiento de protecciones

3.4.1. Premisas de cálculo

La caída de voltaje de los circuitos alimentadores no deberá superar nunca el 5% entre la fuente principal de abastecimiento (módulos) y el punto más lejano de la instalación (tablero de interconexión).

Además de no sobrepasar la caída de tensión máxima permitida, los conductores deberán ser sobredimensionados con un factor de seguridad de 125% de tal forma que los mismos nunca trasladen más del 80% de su ampacidad nominal bajo condiciones de

operación continua.

3.4.2. Protecciones DC

Los sistemas fotovoltaicos generan energía eléctrica en continua (DC) y requieren de protecciones eléctricas adecuadas para operar en este tipo de corriente

La producción de electricidad por los módulos fotovoltaicos se realiza en CC; por consiguiente, es imperativa la implementación de un conexionado idóneo y de las protecciones pertinentes a fin de garantizar la fiabilidad, seguridad y eficiencia del sistema.

3.4.3. Conectores MC4-PV

La interconexión de los módulos fotovoltaicos se efectúa con los conectores MC4 que estos incorporan; las cadenas (*strings*), por su parte, se enlazarán directamente al inversor. Solo es necesario por cada string emplear un par de conectores adicionales.

3.4.4. Interruptor DC y AC

Debe seleccionarse un interruptor DC específico para aplicaciones FV, capaz de extinguir arcos de DC peligrosos, incluso ante la ocurrencia de fallas dobles. Y también interruptor AC.

Tabla 17

Protecciones DC

Dispositivo	Cantidad	Ubicación	Valor
Protector para el arreglo	01	En el tablero DC general	$I_N = 20 \text{ A}$
Protector del Smart meter	01	En el tablero AC general	$I_N = 16 \text{ A}$
Protector del Inversor	01	En el tablero DC general	$I_N = 20 \text{ A}$

CAPÍTULO IV: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA CONECTADO A RED

4.1. Especificaciones técnicas de los módulos solares

- Módulo solar de 510 WP Monocristalino Perc

Descripción:

Los diseños se han realizados usando el módulo fotovoltaico monocristalino PERC con tecnología de celda partida, lo que lo dota de una gran eficiencia de conversión, al minimizar las pérdidas de sombreados parciales. Las principales características de este módulo fotovoltaico a Standard Test Conditions son:

Tabla 18

Datos de Ficha Técnica del modulo

ELECTRICAL DATA (STC)			
Wp)*	490	495	510
PMAX (W)			
VMPP (V)	42.4	42.6	43.2
IMPP (A)	11.56	11.63	11.81
VOC (V)	51.3	51.5	52.1
ISC (A)	12.14	12.21	12.42
Module Efficiency η_m (%)	20.3	20.5	21.2
ELECTRICAL DATA (NOCT)			
PMAX (Wp)	385		
VMPP (V)	40.5		
IMPP (A)	9.5		
VOC (V)	49		
ISC (A)	10.01		

Nota. STC: Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5. *Measuring tolerance: $\pm 3\%$. De “Soluciones energéticas que transforman el mundo”, por Novum Solar, s.f.

(<https://novumsolar.com/soluciones-energeticas/>)

Tabla 19

Datos de Ficha Técnica del modulo

MECHANICAL DATA	
Solar Cells	Monocrystalline
Cell Orientation	150 cells
Module Dimensions	2187×1102×35 mm (86.10×43.39×1.38 inches)
Weight	26.3 kg (58.0 lb)
Glass	3.2 mm (0.13 inches), High Transmission, AR Coated Heat Strengthened Glass
Encapsulant Material	EVA
Backsheet	White
Frame	35 mm (1.38 inches) Anodized Aluminium Alloy
J-Box	IP 68 rated
Cables	Photovoltaic Technology Cable 4.0mm ² (0.006 inches ²), Portrait: N 280mm/P 280mm(11.02/11.02inches)
Connector	Length can be customized MC4 EVO2 / TS4*
TEMPERATURE RATINGS	
NOCT	43°C (±2°C)
Temperature Coefficient of Pmax	-0.34%/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.25%/°C
Temperature Coefficient of Isc	0.04%/°C
MAXIMUM RATINGS	
Operational Temperature	-40~+85°C
Maximum System Voltage	1500V DC (IEC) 1500V DC (UL)
Max Series Fuse Rating	20A
WARRANTY	
12 year Product Workmanship Warranty	
25 year Power Warranty	
2% first year degradation	
0.55% Annual Power Attenuation	
PACKAGING CONFIGURATION	
Modules per box	31 pieces
Modules per 40' container	620 pieces

Nota. De “Soluciones energéticas que transforman el mundo”, por Novum Solar, s.f.
(<https://novumsolar.com/soluciones-energeticas/>)

4.2. Especificaciones técnicas del inversor conectado a red de 3KW – SUN3000L-3KTL

- Descripción

El inversor de red monofásico es un inversor fotovoltaico sin transformador. Cuenta con 02 seguidores del punto de máxima potencia (MPP) que transforma la CC del generador fotovoltaico en corriente alterna trifásica apta para la red y la inyecta directamente a los consumos

Figura 20

Inversor SUN3000 3kW –L1



Nota. De “Soluciones energéticas que transforman el mundo”, por Novum Solar, s.f.
(<https://novumsolar.com/soluciones-energeticas/>)

Se presenta la siguiente tabla

Tabla 20

Datos técnicos del Inversor SUN3000 3kW –L1

ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL INVERSOR	
Marca	Huawei
Modelo	SUN3000L-3KTL
Eficiencia	
Eficiencia máxima	98.4%
Entrada	
Entrada DC máxima recomendada	3,000 Wp
Máxima tensión de entrada	600 V
Rango de tensión de potencia máxima de MPPT	90V – 600 V
Tensión de entrada mínima	120 V
Tensión nominal de entrada	380 V
Máxima intensidad por MPPT	10.60 A
Máxima intensidad de cortocircuito por MPPT	15 A
Cantidad de rastreadores por MPPT	2
Máximo numero de entrada por MPPT	1
Salida	
Conexión a red eléctrica	Monofásica
Potencia nominal activa de CA	2000 W
Máxima potencia aparente de CA	2,200 VA
Tensión nominal de salida	220 V
Máxima intensidad de salida	10 A
Factor de potencia ajustable	0,8 capacitivo – 0,8 inductivo
Máxima distorsión armónico total	≤ 3 %

Nota. De “Soluciones energéticas que transforman el mundo”, por Novum Solar, s.f.
(<https://novumsolar.com/soluciones-energeticas/>)

4.3. Especificaciones técnicas del Smart meter ---DDSU666H (MONOFÁSICO)

- Descripción

El Sistema dispondrá de un smart-meter pudiendo registrar tanto el consumo del tablero general Como la generación de la planta solar.

Este equipo es un componente imprescindible para restringir la potencia inyectada por la instalación fotovoltaica, puesto que, en escenarios donde la generación excede al consumo, se origina un excedente energético cuyo vertido a la red eléctrica no está permitido.

Funciona como un analizador de redes que está censando todo el tiempo voltaje, corriente y sentido del flujo del lugar donde se le instala. Para censar corriente se acompaña de transformadores de corriente de núcleo partido que se colocan directamente en las fases a medir.

El Smart meter se comunicará al inversor a través de un cable de comunicación RS485, dicho cable al ser apantallado CAT 5 ira por la misma tubería de los conductores eléctricos.

Figura 21

HUAWEI Smart Power Sensor DDSU666-H Monofásico



Nota. De “Soluciones energéticas que transforman el mundo”, por Novum Solar, s.f.
(<https://novumsolar.com/soluciones-energeticas/>)

Se presenta la tabla de los datos técnicos del Smart meter

Tabla 21

Datos técnicos del Smart meter

Datos generales	
Dimensiones	100 x 36 x 65.5 mm
Tipo de montaje	DIN35 Rail
Peso (con cables)	1.2 kg
Fuente de alimentación	
Tipo de red eléctrica	1P2W
Potencia de entrada (tensión por fase)	176 Vac ~ 288 ac
Consumo de energía	≤ 0.8 W
Rango de medición	
Tensión de línea	/
Tensión por fase	176 Vac ~ 288 Vac
Intensidad	0 ~ 100 A
Precisión de medición	
Tensión	±0.5 %
Intensidad / Potencia / Energía	±1 %
Frecuencia	±0.01 Hz
Comunicación	
Interfaz	RS485
Velocidad de transmisión en baudios	9,600 bps
Protocolo de comunicación	Modbus-RTU
Entorno	
Rango de temperatura de operación	-25 °C ~ 60 °C
Rango de temperatura de almacenamiento	-40 °C ~ 70 °C
Humedad de operación	5 %RH ~ 95 %RH (sin condensación)
Otros	
Accesorios	RS485 Cable (10 m) 1 CT 100 A/40 mA (5 m)

Nota. De “Soluciones energéticas que transforman el mundo”, por Novum Solar, s.f.
(<https://novumsolar.com/soluciones-energeticas/>)

4.4. Especificaciones técnicas de los cables

4.4.1. Cables eléctricos solares

Están diseñados para ser instalados en instalaciones fotovoltaicas y son resistentes a las condiciones extremas del medio ambiente (radiación UV, calor, frío, etc.). Están contruidos por un conductor de aluminio o cobre electrolítico estañado para garantizar la correcta conductividad, disponen de doble aislación para así mejorar su resistencia a la intemperie, a la incidencia directa de los rayos ultravioleta y resistir temperaturas extremas ambientales. También son elaborados con compuestos libres de halógenos, lo cual los hace

autoextinguibles para así evitar llamas en caso de incendios. Estos cables se van a utilizar para la conexión en DC desde el arreglo solar el inversor

Tabla 22

Datos técnicos de Cable Fotovoltaico

Capacidad de Corriente por Conductores					
nxmm ²	Conductor Construction	Conductor ϕ	Outer ϕ	Ω /Km	Current Carrying Capacity (A)
1X1.5	30X0.25	1.58	4.9	12.1	15
1X2.5	56X0.256	2.06	5.45	7.98	25
1X4	84X0.3	2.67	7.15	4.61	35
1X6	228X0.3	3.6	9.2	2.85	45
1X10	360X0.3	5.7	10.7	1.83	70
1X16	540X0.3	8	12.1	1.15	100
1X25	1000X0.3	10	14.4	0.723	135
1X35	1400X0.3	12.5	16	0.565	160
1X50	2000X0.3	15	18	0.415	195
1X70	2800X0.3	16.6	20	0.306	235
1X95	3600X0.3	18	22	0.239	280
1X120	4600X0.3	19	24	0.198	320

Nota. De “Sistemas solares”, por Indeco by Nexans, s.f. (<https://www.nexans.pe/es/products/sistemas-solares.html>)

Figura 22

Datos técnicos del cable fotovoltaico

Alambre fotovoltaico solar		
	Conductor	Hilos finos de cobre Re estañado, según VDE0295 / IEC60228.Clase5
	Aislamiento	Copolímero de poliolefina reticulado por haz de electrones
	Chaqueta de vaina	Copolímero de poliolefina reticulado por haz de electrones
	Voltaje nominal	U ₀ / U = 600V / 1000VAC, 1000 / 1800VDC
	Prueba de voltaje	6500 V, 50 Hz, 5 minutos
	Clasificación de temperatura	-40 ° C-125 ° C, más de 25 años (TUV)
	Rendimiento de fuego	IEO 60332-1
	Emisión de humo	IEC61034, EN 50268-2
	Carga de fuego baja	DIN 51900
	Certificación	TUV 2PFG 1169 / 08.2007 PVI-F

Nota. De “Sistemas solares”, por Indeco by Nexans, s.f. (<https://www.nexans.pe/es/products/sistemas-solares.html>).

4.4.2. Cable eléctrico TW AWG-NH-90-4mm²

Los conductores tipo TW, ya sean sólidos o cableados, se constituyen de cobre de temple suave y se hallan aislados por un revestimiento uniforme de policloruro de vinilo (PVC) termoplástico con resistencia a la humedad. Estos cables se van a utilizar para la conexión del todo el tablero general del sistema

Tabla 23

Datos técnicos del cable eléctrico para AC

CONSTRUCCIÓN	
Material del conductor	Cobre Temple Blando
Material de aislamiento	PVC Doble Capa
Libre de plomo	Sí
DIMENSIONALES	
Sección del conductor	6mm ²
Número total de alambres	7
Diámetro del conductor	3,0mm
Mínimo espesor de aislamiento	0,8mm
Diámetro exterior nominal	4,6mm
Peso aproximado	65kg/km
ELÉCTRICAS	
Tensión nominal de servicio U _o /U (Um)	450 / 750 V
Rigidez dieléctrica	2.5kV
Tiempo Rigidez Dieléctrica Vca al aislamiento	5min.
Resistencia máxima del conductor en CC a 20° C	3.08Ohm/km
Capacidad de corriente en ducto a 30°C	35A
Capacidad de corriente en aire a 30°C	45A
Capacitancia Nominal	1040,0pF/m

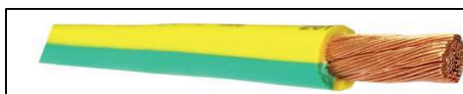
Nota. De “Sistemas solares”, por Indeco by Nexans, s.f. (<https://www.nexans.pe/es/products/sistemas-solares.html>)

4.4.3. Cable de puesta cable puesta a tierra cpt 4 mm² libre halog. amarillo/verde

El conductor de puesta a tierra salvaguarda la integridad de los equipos eléctricos, de la infraestructura y de sus ocupantes frente a sobretensiones. De este modo, ante una descarga atmosférica o un incremento súbito de potencia, el excedente de corriente se deriva hacia tierra, facilitando así su conducción controlada.

Figura 23

Dimensiones del cable eléctrico




Tensión Nominal 450/750 V		Colores Amarillo con una franja verde.
Temperatura de Operación		

Tabla de Datos Técnicos

mm²

CALIBRE CONDUCTOR	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPESOR AISLAMIENTO	DIAMETRO	PESO APROX. Kg/Km	CAPACIDAD DE CORRIENTE (*)	
			EXTERIOR		AURE	DUCTO
mm ²	mm	mm	mm	Kg/Km	A	A
1.5	1.52	0.7	2.92	22	18	14
2.5	2	0.8	3.6	32	30	24
4	2.52	0.8	4.12	48	35	31
6	3.02	0.8	4.62	69	50	39
10	4.02	1	6.02	115	74	51
16	5.1	1	7.1	174	99	68
25	6.42	1.2	8.82	271	132	88
35	7.56	1.2	9.96	370	165	110
50	8.9	1.4	11.7	522	204	138
70	10.5	1.4	13.3	725	253	165
95	12.5	1.6	15.7	990	303	198
120	14.1	1.6	17.3	1219	352	231
150	15.7	1.8	19.3	1480	413	264
185	17.6	2	21.6	1869	473	303
240	20	2.2	24.4	2410	528	352

Nota. De "Sistemas solares", por Indeco by Nexans, s.f. (<https://www.nexans.pe/es/products/sistemas-solares.html>)

4.5. Especificaciones técnicas de tuberías SAP de 1" y codos SAP 1"

- Tubería SAP de 1"

Descripción:

La tubería PVC sirve para alojar y proteger los conductores eléctricos embutidos en muros, losa y pisos.

Tabla 24

Ficha técnica de tubo de 1”

Ficha técnica	
Características	Exhibe rigidez y resistencia, con aptitud para operar en ambientes húmedos y tolerancia a ciertos agentes químicos.
Marca	Pavco
Material	PVC
Medidas	1”
Color	Negro
Uso	Resguardar los conductores del deterioro mecánico y la contaminación, además de proveer protección contra incendios a la instalación.
Procedencia	Nacional
Recomendaciones	Su almacenaje debe realizarse en recintos cerrados, sin exposición a la intemperie, para evitar la degradación de las propiedades del material.
Tipo	Tubería Pesada
Familia	Electricidad

4.6. Especificaciones de Conector MC4

- Conector MC4 PV-BN1018 MC4 1500 VDC
 - Descripción

Este conector es para la unión de los módulos solares, ya sea en conexión en serie o paralelo, estos conectores permiten una mayor compresión de unión y evitar las pérdidas o fuga de corriente por los empalmes.

Figura 24

Diagrama Conectores MC4



Nota. De “Soluciones energéticas que transforman el mundo”, por Novum Solar, s.f. (<https://novumsolar.com/soluciones-energeticas/>)

4.7. Especificaciones de Barra de Cobre de 06 PUNTOS – AISLADORES

- Barra de Cobre de 06 puntos

- Descripción

Estas barras de cobre se van a utilizar para la conexión de todas las tierras que viene arreglo solar y componentes.

Figura 25

Barra de cobre



Nota. De “Soluciones energéticas que transforman el mundo”, por Novum Solar, s.f. (<https://novumsolar.com/soluciones-energeticas/>)

4.8. Especificaciones de Terminal Tubular 6mm² Negro

- Terminal Tubular
 - Descripción

Estos terminales se van a usar, para colocar en la punta de los cables, para tener un mejor contacto con los interruptores y equipos, evitando así cualquier fuga de corriente

Figura 26

Terminal Tubular 6 mm²



Nota. De “Soluciones energéticas que transforman el mundo”, por Novum Solar, s.f. (<https://novumsolar.com/soluciones-energeticas/>)

4.9. Especificaciones técnicas de sistema de protección en DC y AC

- Interruptores – Llave térmica en AC para consumos -inversor solar – Smart meter
 - Descripción

Serán automáticos del tipo termomagnéticos y montaje por apernado. Su diseño debe

ser intercambiable para posibilitar su remoción sin interferir con unidades adyacentes. El conexionado del cableado se efectuará mediante terminales de compresión.

El tendido de los conductores de entrada y salida se ejecutará ordenadamente, identificando inequívocamente cada circuito con marcadores y agrupándolos visiblemente con ataduras espirales.

Los interruptores exhibirán una rotulación explícita de sus estados de operación: desconectado (OFF) y conectado (ON). Asimismo, incorporarán protección contra sobrecargas mediante un elemento bimetálico y contactos de aleación de plata, configuración que asegura un contacto eléctrico óptimo y reduce la incidencia de picaduras y fusión.

Figura 27

Llave térmica para AC



Nota. De “Soluciones energéticas que transforman el mundo”, por Novum Solar, s.f. (<https://novumsolar.com/soluciones-energeticas/>)

- Interruptores – Llave térmica en DC, para el arreglo solar
 - Descripción

La función de los protectores FPV-63 2P DC MCB es el resguardo de la aparamenta eléctrica frente a sobrecorrientes. Su aplicación se concibe para circuitos de control de CC.

Figura 28

Llave térmica para AC



Nota. De “Soluciones energéticas que transforman el mundo”, por Novum Solar, s.f. (<https://novumsolar.com/soluciones-energeticas/>)

Adicional a ello se tiene la siguiente tabla de datos técnicos.

Tabla 25

Datos Técnicos - Llave térmica para AC

TIPO DE PRODUCTO: INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO	
Marca	FEE0
Disyuntor de la serie	FPV-63
Procedencia	Importado
Modelo	2P 20A
Tipo de curva	C
Capacidad de ruptura	10kA
Amperaje	20 A
Voltaje	550 V
Alto del producto	8 cm
Ancho del producto	3.5 cm

Nota. De “Sistemas solares”, por Indeco by Nexans, s.f. (<https://www.nexans.pe/es/products/sistemas-solares.html>)

4.10. Especificaciones técnicas del tablero general

- Descripción

Los tableros serán de tipo metálico para empotrar, fabricados con plancha metálica de 1.5 mm de espesor mínimo. Estarán equipados con puerta con llave, chasis riel DIN, cubreequipo protector y dos barras de distribución de tierra, una de ellas aislada, con capacidad suficiente para alojar todos los accesorios previstos.

Deberá contemplarse una capacidad de reserva libre no inferior al 30% del equipamiento. Cada circuito contará con identificación permanente y sus accesos se realizarán ordenadamente mediante el uso de pasamuros (bushings).

Se prestará especial cuidado a la integridad de los ductos de acometida al tablero; a tal fin, las aberturas correspondientes se practicarán exclusivamente con sacabocados.

Figura 29

Datos técnicos del cable eléctrico para AC



Nota. De “Soluciones energéticas que transforman el mundo”, por Novum Solar, s.f. (<https://novumsolar.com/soluciones-energeticas/>)

4.11. Especificaciones técnicas de la Estructura para el arreglo solar

- Descripción

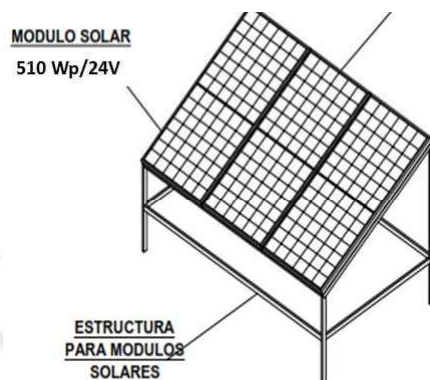
La estructura para el arreglo solar, serán de aluminio, son estructuras diseñadas para arreglo solar, contando con abrazaderas interiores para sujetar los módulos solares, como también abrazadera exterior y sistema puesta tierra.

Cuenta con un riel de aluminio, con sus bases delantera y su base posterior que cuenta con un ángulo de inclinación desde 15° a 30°.

Para nuestro proyecto, usaremos 02 estructura para 03 módulos solares.

Figura 30

Diagrama de instalación



CAPÍTULO V: MANTENIMIENTO DEL SISTEMA CONECTADO A RED

5.1. Mantenimiento de instalaciones fotovoltaicas conectas a red

La gestión de una instalación fotovoltaica interconectada a la red no se circunscribe al diseño, montaje, la verificación funcional de los componentes y del sistema, ni a la prevención de sombras, etc.

Es igualmente imperativa la ejecución de labores de mantenimiento, tanto preventivo como correctivo. Ciertas operaciones podrán ser efectuadas por el propio usuario del sistema; otras, en cambio, precisarán la intervención de un servicio técnico.

5.1.1. *Mantenimiento preventivo*

Este mantenimiento consiste en inspecciones visuales de verificación, cuyo objetivo es asegurar que los parámetros de operación, rendimiento, protección y durabilidad de la instalación fotovoltaica se mantengan en niveles admisibles. Comprende las operaciones siguientes:

- Revisión de las protecciones eléctricas
- Revisión del estado de los paneles fotovoltaicos y sus conexiones
- Revisión del estado del inversor: funcionamiento, lámparas de señalizaciones, alarmas, etc.
- Revisión, reajustes y limpieza de cables y terminales.
- Supervisión global, mediante la comprobación periódica del funcionamiento correcto de los equipos; por ejemplo, la observación de los indicadores de estado del inversor y la constatación de que este reciba energía del campo generador y la inyecte a la red, entre otras funciones.
- La limpieza de los módulos solares es un factor que optimiza la producción energética, por lo cual se recomienda la instalación de una toma de agua próxima. Dicha labor incluye la remoción de vegetación u otros objetos que puedan proyectar sombras sobre el campo generador.

5.1.2. *Mantenimiento correctivo*

El alcance de esta modalidad de mantenimiento deberá comprender lo siguiente:

- El análisis y la presupuestación de las intervenciones y sustituciones requeridas para la operación óptima de la instalación.
- La especificación del costo anual para el mantenimiento correctivo y su correspondiente alcance; podrán excluirse de este tanto la mano de obra como la sustitución de equipos una vez expirado el periodo de garantía.
- El mantenimiento será ejecutado por personal técnico cualificado, recayendo la responsabilidad sobre la empresa encargada de dicho servicio.
- La medición de la tensión e intensidad del arreglo solar, procedimiento que permite la detección de fallos en los módulos (Ej: diodos fundidos) y deficiencias en el cableado o las conexiones.
- La verificación de la integridad estructural del arreglo solar, el reapriete de la tornillería y la evaluación del estado de la protección de los soportes metálicos y anclajes.
- La caracterización de la forma de onda, frecuencia y tensión en la salida de CA del inversor.
- La comprobación de las protecciones, los fusibles y los interruptores diferenciales.

CAPÍTULO VI: EVALUACIÓN ECONÓMICA



6.1. Medrado de la instalación del sistema conectado a red

Tabla 26

Hoja general de metrados

		TUBE						
Propietario:	CASA HUNTER						Fecha: 2024	
Obra:	SISTEMA INTERCONECTADO A RED - RESIDENCIAL						Xspara	
Referencia:	RESIDENCIAL						Revisado por:	
Partida:	INSTALACIÓN ELÉCTRICAS PARA SISTEMA CONECTADO A RED						Página:	
N°	DESCRIPCIÓN	VECES	DIMENSIONES			PAR.	TOT.	UND.
			LAR.	ANC.	ALT.			
01.00.	INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EL SISTEMA CONECTADO A RED						1.00	GLB
01.01.	CONEXIÓN SISTEMA FOTOLVOLTAIICO CONECTADO A RED	1	1.00			1.00 1.00		
01.02.	CONDUCTORES Y CABLES DE ENERGIA							
01.02.01	CABLE ELECTRICO SOLAR TUV PV UNIPOLAR 6 mm2	1	20.00			20.00	40.00	M
	CABLE ELECTRICO SOLAR TUV PV UNIPOLAR 6 mm2- Negro	1	20.00			20.00		
	CABLE ELECTRICO SOLAR TUV PV UNIPOLAR 6 mm2- Rojo					40.00		
01.02.02	CABLE ELECTRICO TW AWG-NH-80- 4mm2	2	20.00			40.00 40.00	40.00	M
01.02.03	CABLE PUESTA A TIERRA CPT 6 mm2 LIBRE HALOG. AMARILLO/VERDE	1	20.00			20.00 20.00	20.00	M
01.02.04	RIEL STRUT DE 40 X 40 mm	2	3.00			6.00 6.00	6.00	M
01.02.05	TUBERIA PVC-SAP ELECTRICA DE 1"	3	6.00			18.00 18.00	18.00	M
01.02.06	ABRAZADERA DE SUJECCION PARA RIEL STRUT DE 1"	13				13.00	13.00	M

01.02.07	CODO PVC-SAP DE 90°			13.00		
		13		13.00	13.00	M
01.03.	TABLEROS & INTERRUPTORES & ACCESORIOS DE INSTALACION			13.00		
01.03.01	TABLERO GENERAL TG + 04 INTERRUPTORES				11.00	UND
	LLAVE TERMOMAGNETICA DE 2X32 A - EN AC - LLAVE GENERAL	1		1.00		
	LLAVE TERMOMAGNETICA DE 2X20 A - EN AC - LLAVE ILUMINACION	1		1.00		
	LLAVE TERMOMAGNETICA DE 2X20 A -EN AC -TOMACORRIENTES COCINA	1		1.00		
	LLAVE TERMOMAGNETICA DE 2X20 A - EN AC - TOMACORRIENTES GENERAL	1		1.00		
	LLAVE TERMOMAGNETICA DE 2X20 A -EN DC - ARREGLO SOLAR	1		1.00		
	LLAVE TERMOMAGNETICA DE 2X20 A -EN AC - INVERSOR SOLAR	1		1.00		
	LLAVE TERMOMAGNETICA DE 2X16 A -EN AC - SMART METER	1		1.00		
	REPARTIDOR ELECTRICO DE LINEAS - 4 LINEAS	1		1.00		
	TABLERO METALICO - TG 40X40X15 cm.	1		1.00		
	CONECTOR MC4	2		2.00		
				11.00		
01.04.	MATERIALES ELECTRICOS & ACCESORIOS				11.00	UND
	TERMINALES TUBULAR 6mm2 . PAQUETE	1		1.00		
	TERMINALES TUBULAR 4mm2 . PAQUETE	1		1.00		
	TERMOCONTRAIBLE 6mm2 - ROJO	4		4.00		
	TERMOCONTRAIBLE 6mm2 - NEGRO	4		4.00		
	RIEL DIN	1		1.00		
				11.00		
01.05.	INSTALACIONES EXPUESTAS				2.00	UND
01.05.01	ESTRUCTURA DE SOPORTE PARA ARREGLO SOLAR					
		2		2.00		
				2.00		
01.06.	EQUIPOS ELECTRICOS Y MECANICOS					
01.06.01	INVERSOR CONECTADO A RED DE 3 KW - MONOFASICO				1.00	UND
		1	1.00	1.00		
01.06.02	SMART POWER SENSOR DDSU666H (MONOFÁSICO)				1.00	UND
		1	1.00	1.00		
01.06.03	MODULO SOLAR DE 510 Wp- MONOCRISTALINO				6.00	UND
		6	1.00	6.00		
				6.00		

6.2. Presupuesto de la instalación del sistema conectado a red

Tabla 27

Presupuesto

Presupuesto		SISTEMA INTERCONECTADO A RED - RESIDENCIAL			
Subpresupuesto		INSTALACION ELECTRICAS PARA SISTEMA CONECTADO A RED			
Cliente	RESIDENCIAL			Costo al	11/11/2024
Lugar	HUNTER - AREQUIPA			Precio S/.	Total S/.
Item	Descripción	Und.	Metrado		
1	INSTALACIONES ELECTRICAS PARA EL SISTEMA CONECTADO A RED				
01.01	CONEXIÓN SISTEMA FOTOLVOLTAICO CONECTADO A RED	glb	1.00	600.00	600.00
01.02.	CONDUCTORES Y CABLES DE ENERGIA				
01.02.01	CABLE ELECTRICO SOLAR TUV PV UNIPOLAR 4 mm2 - Negro	m	20.00	8.00	160.00
01.02.01	CABLE ELECTRICO SOLAR TUV PV UNIPOLAR 4 mm2 - Rojo	m	20.00	8.00	160.00
01.02.02	CABLE ELECTRICO TW AWG-NH-80- 6mm2	m	20.00	6.00	120.00
01.02.03	CABLE PUESTA A TIERRA CPT 6 mm2 LIBRE HALOG. AMARILLO/VERDE	m	20.00	7.39	147.80
01.02.04	RIEL STRUT DE 40 X 40 mm	m	6.00	9.00	54.00
01.02.05	TUBERIA PVC-SAP ELECTRICA DE 1"	m	18.00	1.50	27.00
01.02.06	ABRAZADERA DE SUJECCION PARA RIEL STRUT DE 1"	und	13.00	3.00	39.00
01.02.07	CODO PVC-SAP DE 90°	und	13.00	2.00	26.00
01.03.	TABLEROS E INTERRUPTORES & ACCESORIOS DE INSTALACION				
01.03.01	TABLERO GENERAL TG + 07 INTERRUPTORES				
01.03.01	LLAVE TERMOMAGNETICA DE 2X32 A - EN AC - LLAVE GENERAL		1	22	22
01.03.01	LLAVE TERMOMAGNETICA DE 2X20 A - EN AC - LLAVE ILUMINACION	und	1	22	22
01.03.01	LLAVE TERMOMAGNETICA DE 2X20 A - EN AC - TOMACORRIENTES COCINA		1	22	22

01.03.01	LLAVE TERMOMAGNETICA DE 2X20 A - EN AC - TOMACORRIENTES GENERAL		1	22	22
01.03.01	LLAVE TERMOMAGNETICA DE 2X20 A - EN DC - ARREGLO SOLAR	und	1.00	37.00	37.00
01.03.01	LLAVE TERMOMAGNETICA DE 2X20 A -EN AC - INVERSOR SOLAR	und	1.00	22.00	22.00
01.03.01	LLAVE TERMOMAGNETICA DE 2X16 A -EN AC - SMART METER	und	1.00	22.00	22.00
01.03.01	REPARTIDOR ELECTRICO DE LINEAS - 4 LINEAS	und	1.00	38.00	38.00
01.03.01	TABLERO METALICO - TG 40X40X15 cm.	und	1.00	120.00	120.00
01.03.01	CONECTOR MC4	und	2.00	20.00	40.00
01.04.	MATERIALES ELECTRICOS & ACCESORIOS				
01.04.01	TERMINALES TUBULAR 6mm2 . PAQUETE	Pqt	1.00	26.00	26.00
01.04.01	TERMINALES TUBULAR 4mm2 . PAQUETE	Pqt	1.00	22.00	22.00
01.04.01	TERMOCONTRAIBLE 6mm2 - ROJO	Mt	4.00	5.00	20.00
01.04.01	TERMOCONTRAIBLE 6mm2 - NEGRO	Mt	4.00	5.00	20.00
01.04.01	RIEL DIN	und	1.00	20.00	20.00
01.05.	INSTALACION EXPUESTAS				
01.05.01	ESTRUCTURA DE SOPORTE PARA ARREGLO SOLAR	und	2.00	510.00	1,020.00
01.06.	EQUIPOS ELECTRICOS Y MECANICOS				
01.06.01	INVERSOR CONECTADO A RED DE 2 Kw - MONOFASICO	und	1.00	5,280.00	5,280.00
01.06.02	SMART POWER SENSOR DDSU666H (MONOFÁSICO)	und	1.00	386.00	386.00
01.06.03	MODULO SOLAR DE 510 Wp- MONOCRISTALINO	und	6.00	819.00	4,914.00
	TOTAL PRESUPUESTO INCLUIDO EL IGV				13,408.80
	SON : TRECE MIL CUATROCIENTOS OCHO Y 80/100 NUEVOS SOLES				

6.3. Determinación de costos de mantenimiento

Se ha sacado el costo de mantenimiento, de preferencia se debe hacer cada 01 año.

Tabla 28

Presupuesto de costo de mantenimiento

Ítem	Descripción	Especificaciones técnicas	Cant	Unid	Precio Unitario	Precio Total
1	Servicio de mantenimiento	Servicio de mantenimiento preventivo y correctivo. Limpieza de módulos solares Revisión del cableado en DC y AC Revisión de pines Revisión del tablero eléctrico Limpieza de baterías Realización de protocolo de pruebas de los equipos Determinación de estado de los equipos	01	Unid	500.00	500.00
PRECIO TOTAL EN SOLES						S/. 500.00

- Retorno de inversión

Se cuenta con los siguientes datos.

Tabla 29

Datos nro

Radiacion Media Diaria Anual HSP	5.08	Potencia Panel Solar Wp	510
Producción FV anual (kWh/año)	1248.02	Numero de Paneles	6
Perdida anual de Potencia PV	0.70%	Potencia Instalada kWp	3.06
PVP kWh Sustituido (S./kWh)	0.869	Inversión Inst. Solar S/.	13408
Inflación Anual	2.00%	Renov Equipos 5años S/.	0
Mantenimiento S/. /año	0	Renov Equip. 20 años S/.	0
Eficiencia total del sistema	22%	TIR 20 Retorno	6.30% 10.92

Tabla 30

Datos nro

Año	Inversión Fotovoltaica					Acumulado
	Generación	Mantenimiento FV/año	Ahorro Fotovoltaico	Beneficio /año	Redito %/año	
0	0	S/. -	S/. -	S/.13,408.00	0	-S/. 13,408.00
1	1248.25	S/. -	S/. 1,084.73	S/. 1,084.73	8%	S/. 1,084.73
2	1239.51	S/. -	S/. 1,098.68	S/. 1,098.68	8%	S/. 2,183.40
3	1230.83	S/. -	S/. 1,112.81	S/. 1,112.81	8%	S/. 3,296.21
4	1222.22	S/. -	S/. 1,127.12	S/. 1,127.12	8%	S/. 4,423.33
5	1213.66	S/. -	S/. 1,141.61	S/. 1,141.61	9%	S/. 5,564.94
6	1205.17	S/. -	S/. 1,156.29	S/. 1,156.29	9%	S/. 6,721.23
7	1196.73	S/. -	S/. 1,171.16	S/. 1,171.16	9%	S/. 7,892.39
8	1188.35	S/. -	S/. 1,186.22	S/. 1,186.22	9%	S/. 9,078.61
9	1180.03	S/. -	S/. 1,201.48	S/. 1,201.48	9%	S/. 10,280.09
10	1171.77	S/. -	S/. 1,216.93	S/. 1,216.93	9%	S/. 11,497.02
11	1163.57	S/. -	S/. 1,232.58	S/. 1,232.58	9%	S/. 12,729.60
12	1155.43	S/. -	S/. 1,248.43	S/. 1,248.43	9%	S/. 13,978.03
13	1147.34	S/. -	S/. 1,264.48	S/. 1,264.48	9%	S/. 15,242.51
14	1139.31	S/. -	S/. 1,280.75	S/. 1,280.75	10%	S/. 16,523.26
15	1131.33	S/. -	S/. 1,297.22	S/. 1,297.22	10%	S/. 17,820.48
16	1123.41	S/. -	S/. 1,313.90	S/. 1,313.90	10%	S/. 19,134.37
17	1115.55	S/. -	S/. 1,330.80	S/. 1,330.80	10%	S/. 20,465.17
18	1107.74	S/. -	S/. 1,347.91	S/. 1,347.91	10%	S/. 21,813.08
19	1099.99	S/. -	S/. 1,365.24	S/. 1,365.24	10%	S/. 23,178.32
20	1092.29	S/. -	S/. 1,382.80	S/. 1,382.80	10%	S/. 24,561.12
21	1084.64	S/. -	S/. 1,400.58	S/. 1,400.58	10%	S/. 25,961.70
22	1077.05	S/. -	S/. 1,418.59	S/. 1,418.59	11%	S/. 27,380.30
23	1069.51	S/. -	S/. 1,436.84	S/. 1,436.84	11%	S/. 28,817.14
24	1062.02	S/. -	S/. 1,455.32	S/. 1,455.32	11%	S/. 30,272.45
25	1054.59	S/. -	S/. 1,474.03	S/. 1,474.03	11%	S/. 31,746.48

Se genera la tabla de datos por inversión fotovoltaica.

Se genera un cuadro resumen.

Tabla 31

Cuadro resumen

Total de las inversiones a 25 años	Acumulado
Beneficio S/.	24561.12
Rédito	183%

Se cuentan con los siguientes gráficos:

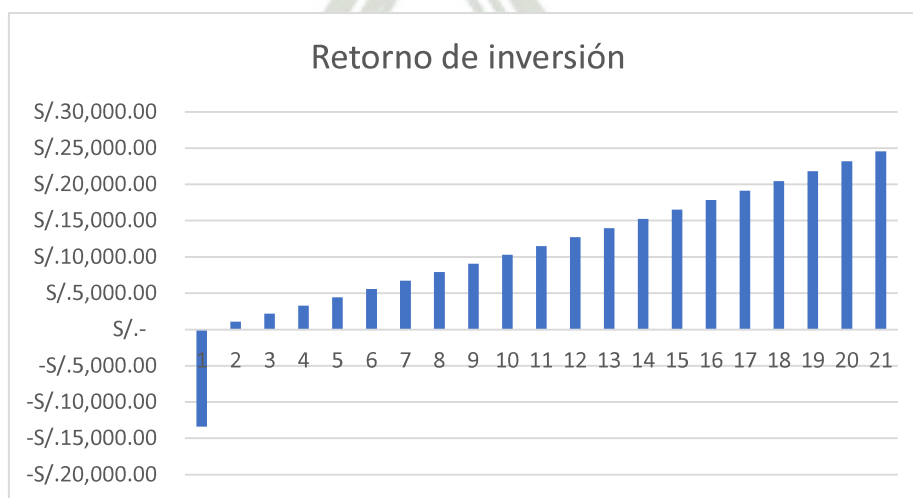
Figura 31

Generación por cada año



Figura 32

Retorno de inversión



CAPITULO VII: MARCO LEGAL

7.1. Marco legal de las energías renovables

Existen diversas normativas y decretos supremos cuyo objeto es la regulación y promoción del estudio, la instalación, la utilización y la evaluación de las fuentes energéticas renovables:

- Ley de Concesiones Eléctricas y su Reglamento, crea el mercado eléctrico y establece su arreglo institucional.
- Ley de Generación Eficiente, Ley para promover licitaciones y contratos de largo plazo como medio para respaldar inversión en generación a gran escala.
- Ley de electrificación rural y de localidad aislada y de frontera - N° 27744 – Promulgada el 30 de mayo del 2002
- Ley de promoción y utilización de recursos energéticos renovables no convencionales en zonas rurales aisladas y de frontera del País. - Ley N° 28546, fue promulgada 27 de Mayo de 2005
- Decreto Legislativo 1002, Decreto Legislativo de promoción de la inversión para la generación de electricidad con el uso de energías renovables.
- Decreto Supremo N° 020-2013-EM Reglamento para la promoción de la inversión eléctrica en áreas no conectadas a red.
- Decreto Supremo N° 024-2013-EM Reglamento de la Generación de Electricidad con Energías Renovables.
- Decreto Supremo N° 064-2010-EM-Política Energética Nacional Del Perú 2010-2040.
- Reglamento Técnico Especificaciones Técnicas y Procedimientos de Evaluación del Sistema Fotovoltaico y sus Componentes para Electrificación Rural. R.D. N° 003-2007- EM/DGE (2007.02.12).
- Código Nacional de Electricidad – Utilización. R.M. N° 037-2006-MEM/DM (2006.01.30).
- Ministerio de Energía y Minas – Dirección General de Electricidad - Guía de Instalación de Sistemas Fotovoltaicos Domésticos.

7.2. Normas técnicas peruanas en sistemas fotovoltaicos

- Norma Técnica Peruana, NTP 399.403.2006: Sistemas Fotovoltaicos hasta 500 Wp. Especificaciones Técnicas y método para la calificación energética de un sistema fotovoltaico. R.0013-2006/INDECOPI-CRT (2006.03.06).
- Norma Técnica De Edificación – EM 080 Instalaciones Con Energía Solar



CONCLUSIONES

Se realizó el diseño y dimensionamiento de los componentes necesarios para poder tener un sistema fotovoltaico conectado a red el cual va a abastecer de energía eléctrica a una vivienda residencial en Arequipa teniendo en cuenta el uso de energías renovables lo cual es una alternativa novedosa y viable para el suministro de energía eléctrica para los hogares peruanos.

Se llegó a determinar los parámetros de radiación solar requeridos para poder abastecer de energía eléctrica la vivienda residencial ubicada en Arequipa, teniendo en cuenta la demanda utilizada en la vivienda la cual se realizó un estudio de forma mensual y así poder medir los KWh requeridos.

Se realizó la instalación de los componentes requeridos para el sistema conectado a red como lo son el inversor, los paneles solares en la vivienda en Arequipa para poder obtener energía eléctrica a base del dimensionamiento de componentes analizados en la presente tesis.

Se cuenta con un sistema de monitoreo en el cual verificamos sobre la actividad de la generación solar teniendo en cuenta los consumos de red y el ahorro que se va a generar teniendo el presente sistema conectado a red en la vivienda en Arequipa.

Se ha realizado una estimación de los costos operativos, puesta en marcha del sistema fotovoltaico conectado a red, los costos de mantenimiento que se van a tener y lo que implica el retorno de la inversión a lo largo de los años, para poder dar a conocer a otras familias peruanas sobre el uso del sistema presentado para que lo puedan adquirir.

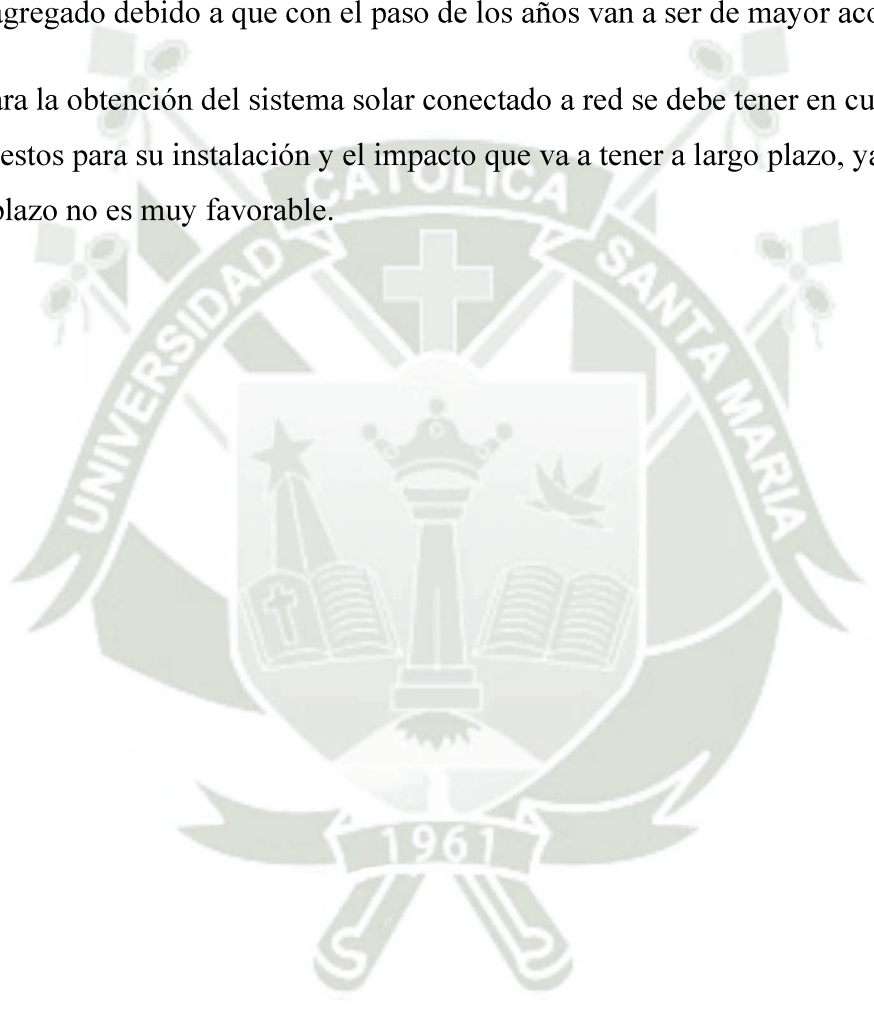
Se elaboraron los planos requeridos para poder realizar la instalación de los componentes del sistema conectado a red ubicando los componentes dimensionados en el presente sistema, teniendo en cuenta que se recibe energía continua para poder transformar a corriente alterna como se muestra en la presente tesis.

RECOMENDACIONES

Siempre que trabajamos con máquinas o sistemas, se debe de contar con un plan de mantenimiento semestral y anual para que nuestra inversión no se vea afectada y pueda durarnos por un periodo largo.

También es bueno tener una valoración a las energías renovables para así poder darle un valor agregado debido a que con el paso de los años van a ser de mayor acogida.

Para la obtención del sistema solar conectado a red se debe tener en cuenta los costos y presupuestos para su instalación y el impacto que va a tener a largo plazo, ya que verlo en un corto plazo no es muy favorable.



REFERENCIAS

- Climate Data. (s.f.). *Arequipa: Tiempo y clima en noviembre*. Climate-Data.org. Recuperado el 23 de noviembre de 2024, de <https://bit.ly/3IDrw5v>
- Coz, F., & Sánchez, T. (2004). *Vocabulario técnico de energías renovables: Solar, eólica e hidráulica inglés-español, español-inglés*. Practical Action América Latina.
<https://bit.ly/3IGMxfy>
- Decreto Legislativo 1002. (2008). *Decreto Legislativo de promoción de la inversión para la generación de electricidad con el uso de energías renovables*. Congreso de la República del Perú.
- Decreto Supremo 009-93-EM. (1993). *Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas*. Consejo de ministros de la República del Perú.
- Decreto Supremo 020-2013-EM. (2013). *Reglamento para la promoción de la inversión eléctrica en áreas no conectadas a red*. Consejo de Ministros de la República del Perú.
- Decreto Supremo 024-2013-EM. (2013). *Reglamento de la Generación de Electricidad con Energías Renovables*. Consejo de Ministros de la República del Perú.
- Decreto Supremo 064-2010-EM. (2010). *Política Energética Nacional Del Perú 2010-2040*. Consejo de Ministros de la República del Perú.
- Gallardo, V., Ruiz, M. A., Parera, A., y Hernández, A. (2000). Radiaciones solares: tipos y efectos. *Ars Pharmaceutica*, 41(2), 167-176. <https://bit.ly/44GLF37>
- IEC 60364-7-712:2017. (2017). *Instalaciones eléctricas de baja tensión*. Parte 7-712: Requisitos para instalaciones o emplazamientos especiales.
- IEC 61730-1:2016. *Cualificación de la seguridad de los módulos fotovoltaicos (FV) - Parte 1: Requisitos de construcción*.
- Indeco by Nexans. (s.f.). *Sistemas solares*. Recuperado el 23 de noviembre de 2024, de <https://www.nexans.pe/es/products/Sistemas-Solares.html>
- Institute of Electrical and Electronics Engineers. (2018). *Standard power cable ampacity tables (IEEE 835-2018)*.
- Instituto Nacional de Calidad. (2006a). *Sistemas fotovoltaicos hasta 500 Wp. Especificaciones técnicas y método para la calificación energética de un sistema fotovoltaico (NTP 399.403:2006)*.
- Instituto Nacional de Calidad. (2006b). *Código Nacional de Electricidad Utilización*

(Sección 030).

Instituto Nacional de Calidad. (2006c). *Código Nacional de Electricidad Utilización*

(Sección 060).

Instituto Nacional de Calidad. (2011). *Código Nacional de Electricidad Suministro* (Sección 003).

Instituto Nacional de Calidad. (2016). *Conductores eléctricos. Cables aislados con compuestos termoplásticos y termoestables para tensiones hasta e inclusive 450/750 V* (NTP 370.301).

Ley 25844 (1992). *Ley de Concesiones Eléctricas* (Decreto ley). Congreso de la República del Perú.

Ley 27744. (2002). *Ley de electrificación rural y de localidad aislada y de frontera*. Congreso de la República del Perú.

Ley 28546. (2005). *Ley de promoción y utilización de recursos energéticos renovables no convencionales en zonas rurales aisladas y de frontera del país*. Congreso de la República del Perú.

Ley 28832. (2006). *Ley para asegurar el desarrollo eficiente de la Generación Eléctrica*. Congreso de la República del Perú.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2009). *Instalaciones con energía solar* (Norma EM.080).

Naciones Unidas. (s.f.). *Energías renovables: energías para un futuro más seguro*.
<https://bit.ly/4lGzKZi>

National Aeronautics and Space Administration. (s.f.). *NASA Prediction Of Worldwide Energy Resources*. The POWER Project. Recuperado el 23 de noviembre de 2024, de <https://power.larc.nasa.gov>

Novum Solar. (s.f.). *Soluciones energéticas que transforman el mundo*. Recuperado el 23 de noviembre de 2024, de <https://novumsolar.com/soluciones-energeticas/>

Resolución Directoral 003-2007-EM/DGE. (2007). *Reglamento Técnico Especificaciones Técnicas y Procedimientos de Evaluación del Sistema Fotovoltaico y sus Componentes para Electrificación Rural*. Ministerio de Energía y Minas de la República del Perú.

Resolución Directoral 030-2005-EM/DGE. (2005). *Reglamento Técnico "Especificaciones Técnicas y Ensayos de los Componentes de Sistemas Fotovoltaicos Domésticos hasta 500 Wp"*. Ministerio de Energía y Minas de la República del Perú.

Resolución Directoral 203-2015-MEM/DGE. (2015). *Norma DGE "Especificación Técnica del Sistema Fotovoltaico y sus componentes para Electrificación Rural"*. Ministerio de Energía y Minas de la República del Perú.

Resolución Ministerial 037-2006-MEM/DM. (2006). *Código Nacional de Electricidad Utilización*. Ministerio de Energía y Minas de la República del Perú.

Seal. (s.f.). *Tarifas*. Recuperado el 23 de noviembre de 2024, de

https://www.seal.com.pe/clientes/tarifasseal/forms/allitems.aspx?Paged=TRUE&p_SortBehavior=0&p_FileLeafRef=Publicaci%C3%B3n%20Pliego%20Tarifario%20001%2D2023%20vig%2004%2D01%2D2023%20SEAL%2Exlsx&p_ID=110&PageFirstRow=91&&View=%7BA2852904-F516-41B8-8EA9-0FB6BA89A38F%7D

SENAMHI. (s.f.). *Tiempo / Índice UV*. Ministerio de Ambiente. <https://bit.ly/4fl1u3n>

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2003). *Atlas de energía solar*.

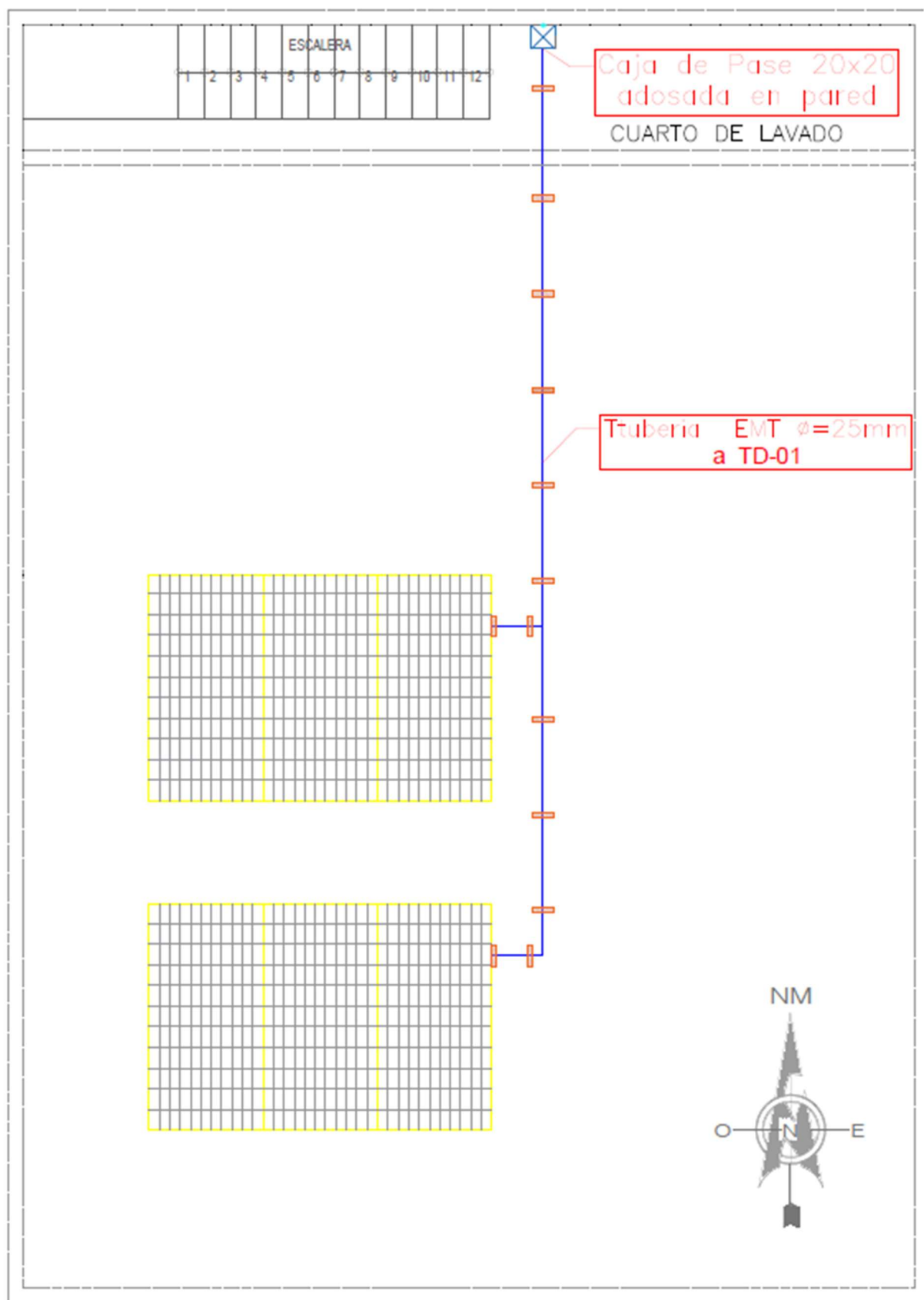
<https://bit.ly/44XwH7T>

Sociedad Eléctrica del Sur Oeste. (s.f.). *Portal Web*. SEAL. Recuperado el 23 de noviembre de 2024, de <https://oficinavirtual.seal.com.pe/Home/Login>

UL 4703:2014. (2014). *Standard for photovoltaic wire*.

ANEXOS



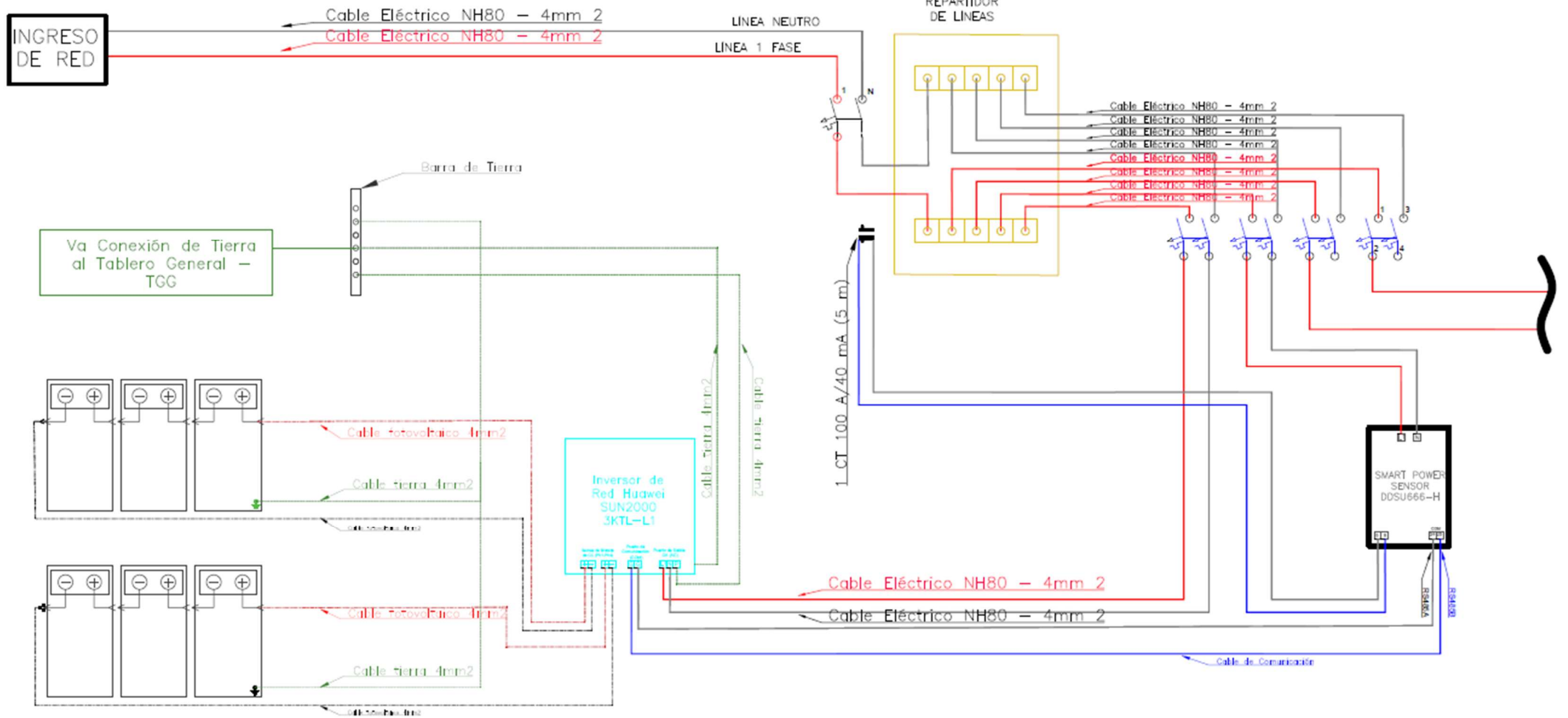


Dibujado	Nombre	Fecha	Firma
	Diego Alberto Henry Garcia Zevallos	04/10/2024	
Revisado	Ing. Carlos Gordillo		
Dimensionamiento e Instalación de un Sistema Solar Fotovoltaico conectado a Red para Abastecimiento de energía en una vivienda residencial, ubicado en Pampa del Cusco - Hunter - Arequipa <i>Vista en Planta de Ubicación del Arreglo Solar</i>			



N° de Pieza	Revisión
1/3	1

CONEXIÓN DE RED A INVERSOR



Dibujado	Nombre	Fecha	Firma
	Diego Alberto Henry Garcia Zevallos	04/10/2024	
Revisado	Ing. Carlos Gordillo		

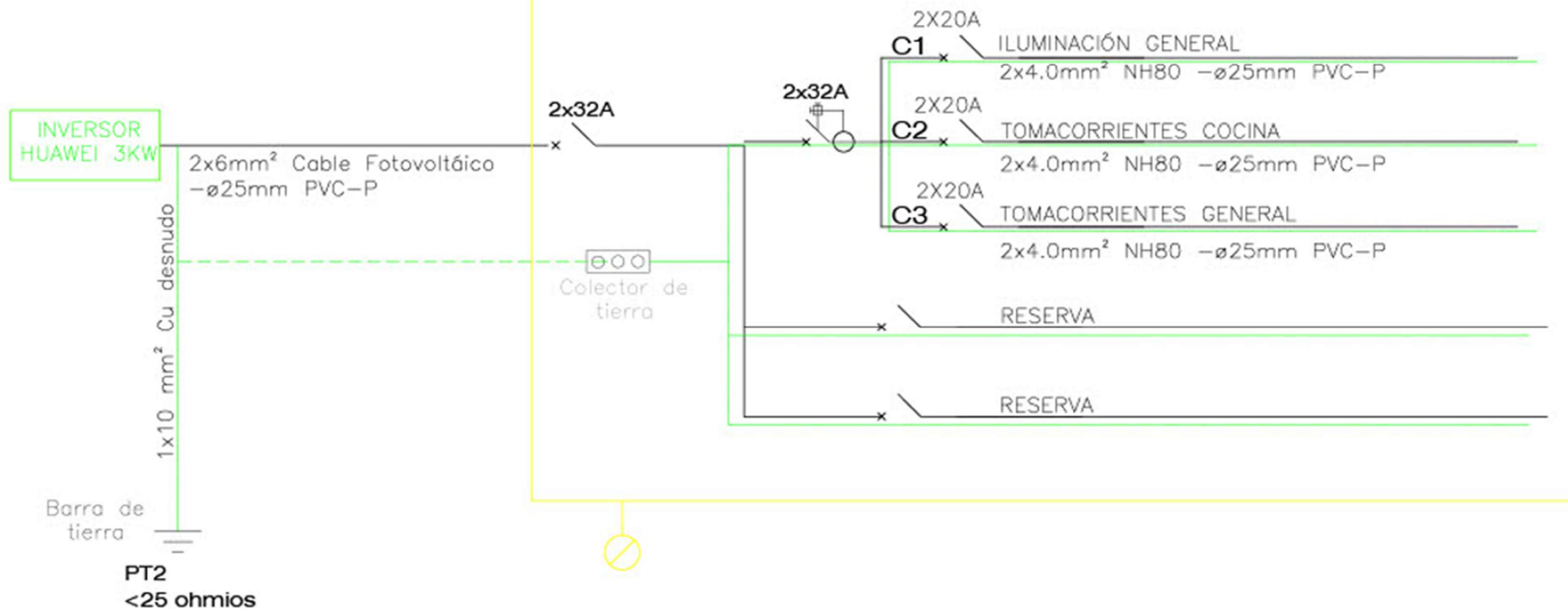


Dimensionamiento e Instalación de un Sistema Solar Fotovoltaico conectado a Red para Abastecimiento de energía en una vivienda residencial, ubicado en Pampa del Cusco - Hunter - Arequipa
Esquema Eléctrico del Sistema Solar

N° de Pieza	Revisión
2/3	1

TABLERO 220V, 1 FASE, 2 HILOS + 6KW

DIAGRAMA UNIFILAR VIVIENDA – TABLERO PARA EMPOTRAR



Dibujado	Nombre	Fecha	Firma
	Diego Alberto Henry Garcia Zevallos	04/10/2024	
Revisado	Ing. Carlos Gordillo		



Dimensionamiento e Instalación de un Sistema Solar Fotovoltaico conectado a Red para Abastecimiento de energía en una vivienda residencial, ubicado en Pampa del Cusco - Hunter - Arequipa
Esquema Unifilar del Sistema Solar

N° de Pieza	Revisión
3	1