



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECÁNICA
ELECTRICA**

**Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico para suministro de
energía eléctrica para el campamento de la central hidroeléctrica
Quitaracsa en Ancash**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Eléctrico

AUTORES:

Alfaro Mena, Marco Antonio (orcid.org/0000-0003-4029-7681)

Armas Torres, Elio Gustavo (orcid.org/0000-0003-1062-3175)

ASESORA:

Mg. Sovero Lazo, Nelly Roxana (orcid.org/0000-0001-5688-2258)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Generación, Transmisión y Distribución

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

TRUJILLO – PERÚ

2023

Dedicatoria

A Dios, A mi madre pues sin ella no habría logrado esto, su bendición y su enseñanza acerca de los principios de la vida me guiaron por el camino del bien; y a mis hijos por ser mi inspiración de superación todo este tiempo de estudio.

Alfaro Mena, Marco Antonio

A mi madre, por haber tenido fortaleza para sacarme adelante y apoyarme en mis estudios, a mi padre que desde el cielo estará contento por el logro que he cumplido y a mi esposa e hijos por ser lo mejor en mi vida y mi fortaleza para salir adelante.

Armas Torres, Elio Gustavo

Agradecimiento

Primeramente, a Dios por darme salud y fortaleza para salir adelante cada día y superar las adversidades. A mi madre que con mucho amor supo guiarme para poder afrontar los retos de la vida. Agradezco a la Universidad “César Vallejo” por haberme permitido ser parte de ella y formarme como profesional; a cada uno de los docentes que me brindaron sus conocimientos y fueron partícipes de este proceso.

Alfaro Mena, Marco Antonio

Doy gracias a Dios por darme salud, sabiduría y fuerzas para cumplir mis metas, agradecer a los docentes de la Universidad por hacer de mi un profesional de bien en especial a la Ingeniera Nelly Sovero y el Ingeniero Jorge Irujo que como asesores impartieron sus conocimientos para realizar nuestro proyecto de tesis, por último, agradecer a la empresa Engie Energía Perú S.A., por permitirme desempeñarme en lo que más me gusta.

Armas Torres, Elio Gustavo



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, SOVERO LAZO NELLY ROXANA, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico para suministro de energía eléctrica para el campamento de la Central Hidroeléctrica Quitaracsa en Ancash", cuyos autores son ARMAS TORRES ELIO GUSTAVO, ALFARO MENA MARCO ANTONIO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 20.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 12 de Julio del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
SOVERO LAZO NELLY ROXANA DNI: 20048561 ORCID: 0000-0001-5688-2258	Firmado electrónicamente por: NRSOVEROS el 20- 07-2023 10:41:38

Código documento Trilce: TRI - 0587707





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

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, ALFARO MENA MARCO ANTONIO, ARMAS TORRES ELIO GUSTAVO estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico para suministro de energía eléctrica para el campamento de la Central Hidroeléctrica Quitaracsa en Ancash", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
ARMAS TORRES ELIO GUSTAVO DNI: 41041091 ORCID: 0000-0003-1062-3175	Firmado electrónicamente por: EGARMAS el 21-07-2023 17:04:02
ALFARO MENA MARCO ANTONIO DNI: 40335865 ORCID: 0000-0003-4029-7681	Firmado electrónicamente por: MAALFAROA el 25-07-2023 21:23:12

Código documento Trilce: INV - 1330464

Índice de Contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Declaratoria de Autenticidad del Asesor	iv
Declaratoria de originalidad de los Autores	v
Índice de Contenido	vi
Índice de Tablas	vii
Índice de Figuras	viii
Resumen	ix
Abstract	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	14
3.1. Tipo y diseño de investigación	14
3.2. Variables y operacionalización	14
3.3. Población, muestra y muestreo	15
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	16
3.5. Procedimientos	17
3.6. Método de análisis de datos	17
3.7. Aspectos éticos	18
IV. RESULTADOS	19
V. DISCUSIÓN	45
VI. CONCLUSIONES.....	49
VII. RECOMENDACIONES	51
REFERENCIAS	53
ANEXOS	58

Índice de Tablas

Tabla 1: Demanda de energía eléctrica campamento Central Quitaracsa	19
Tabla 2: Detalles de arreglos (Strings)	25
Tabla 3: Datos técnicos del módulo fotovoltaico en condiciones STC	27
Tabla 4: Características del Inversor	29
Tabla 5: Datos técnicos del Smart Manager.....	30
Tabla 6: Producción de energía en el año 1 del sistema fotovoltaico.....	31
Tabla 7: Vida útil de los equipos del SFV	32
Tabla 8: Costo de la energía fotovoltaica	33
Tabla 9: Análisis de retorno de inversión EAFP vs EAHP	33
Tabla 10: Tiempo de recuperación de lo invertido.....	34
Tabla 11: Característica del módulo FV	36
Tabla 12: Valores de voltaje del SFV	38
Tabla 13: Características del Inversor.....	39
Tabla 14: Resistividad de cable por tipo de material aislante en Ω/mm^2	42
Tabla 15: Tolerancia de caída de voltaje.....	42
Tabla 16: Conductores y características	45

Índice de figuras

Figura 1: Ubicación de Central Hidroeléctrica de Quitaracsa	20
Figura 2: Esquema general del sistema	21
Figura 3: Ubicación de módulos fotovoltaicos.	22
Figura 4: Ubicación de módulos fotovoltaicos vista satelital.....	22
Figura 5: Ubicación de tableros eléctricos.....	23
Figura 6: Relación entre generación PV y consumo de energía	24
Figura 7: Modelo de conexión módulos en serie	25
Figura 8: Distribución de strings	26
Figura 9: Inversor Solis-25K-LV	28
Figura 10: Export Power Manager Solis-5G.....	30
Figura 11. Gráfico de barras consumo eléctrico 2021	35

RESUMEN

En la presente investigación se realizó el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica del campamento de la Central Hidroeléctrica Quitaracsá en Ancash. El diseño del tema de investigación es de tipo aplicado y no experimental, inició con la identificación del consumo de demanda de energía eléctrica, luego se identifica los requerimientos para el diseño de un sistema fotovoltaico definiendo ubicación y clima donde se va a dimensionar el sistema, planteamiento de componentes, cálculos, después se evalúa el análisis costo beneficio del dimensionamiento del sistema para obtener una recuperación de lo invertido calculando que el décimo año con un VAN $>$ a 0, como conclusiones se determinó la ubicación del lugar, la radiación solar (kW/m^2) e irradiancia (kWh/m^2), la selección de paneles solares, inversor, Smart control, el diseño de la instalación eléctrica fotovoltaica y el diseño del tablero de conmutación entre el centro de datos y sistema fotovoltaico, se cuantificó el ahorro en la facturación del consumo de la demanda de energía eléctrica mediante cálculos teóricos el cual fue revalidado por el software llamado PVSYST.

Palabras clave: Sistema fotovoltaico, inversor, panel solar, dimensionamiento.

ABSTRACT

In the present investigation, the dimensioning of a photovoltaic system was carried out for the supply of electrical energy to the camp of the Quitaracsa Hydroelectric Power Plant in Ancash. The design of the research topic is of an applied and non-experimental type, it began with the identification of the consumption of electrical energy demand, then the requirements for the design of a photovoltaic system are identified, defining the location and climate where the system is going to be sized, component approach, calculations, then the cost-benefit analysis of the sizing of the system will be evaluated to obtain a return on investment calculated in the ten year with a NPV > 0, as conclusions the location of the place, solar radiation (kW/ m²) and irradiance (kWh/m²), the selection of solar panels, inverter, Smart control, the design of the photovoltaic electrical installation and the design of the switchboard between the data center and the photovoltaic system, the savings in the billing of the consumption of the demand for electrical energy through theoretical calculations which was revalidated by the software called PVSYST.

Keywords: Photovoltaic system, inverter, solar panel, sizing.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente las energías renovables a partir de este milenio aportan una solución eficiente para contrarrestar los efectos del calentamiento global y cubrir la demanda de la población en relación con sus necesidades de energía.

Según, Frías (2020), señala que en el País de México se cuenta con un gran potencial para el desarrollo de tecnologías encaminadas a la energía solar la cual se divide en fotovoltaica y térmica, la primera enfocada a la producción de electricidad por medio de celdas, principalmente fabricadas de silicio y la segunda generalmente para calentar fluidos, a través de concentradores o colectores de cama plana. Cabe mencionar que, cerca del 35% de referente a su producción industrial es haciendo uso de energía con panel solar, lo que lleva a mejora la calidad de energía a diferencia de otros países, Brasil hace uso de este tipo de energía por optimizar costos de energía (Márquez, 2020, p.12). Por otro lado, el país de Colombia con un rango de 51,52 millones de habitantes tiende a tener el acceso de energía eólica y solar reduciendo con el 45% de su costo en cuanto a energía eléctrica, además se enfocan en reflexionar y promover la conservación del ecosistema (p.12)

En Perú, es importante mencionar que para destacar el uso productivo y eficiente de la electricidad en los trabajos de las empresas de las distintas regiones del país, permite aportar incremento de la productividad y ofrecer mayores beneficios en cuanto al manejo de sus recursos productivos y económicos, En este desarrollo de trabajo, se plantea mejorar la calidad de energía, y también contribuir con el desarrollo de las zonas alejadas para mejorar su economía.

La revisión de estos datos significativos con respecto a la implementación de paneles solares para mejorar la calidad de energía llevó al planteamiento del problema general abordado en este estudio, el cual fue: ¿Cuál es la factibilidad de dimensionar e implementar un sistema fotovoltaico para la generación de energía eléctrica de suministro para el campamento de la central Hidroeléctrica Quitaracsa - Ancash? y de manera específica tenemos la formulación del problema: ¿Cuál es

la demanda de energía para el campamento de la central Hidroeléctrica Quitaracsa - Ancash?, ¿Cómo dimensionar un sistema fotovoltaico para la generación de energía eléctrica de suministro para el campamento de la central Hidroeléctrica Quitaracsa - Ancash?, ¿Cuál es el costo, beneficio de la implementación de un sistema fotovoltaico para la generación de energía eléctrica de suministro para el campamento de la central Hidroeléctrica Quitaracsa - Ancash?

(Moraga y Cartes; 2015). En consecuencia, se elaboró el objetivo general donde se busca Analizar la información respecto Al dimensionamiento de los paneles solares para la generación de energía carbono neutral, en el año 2023. Por consiguiente, este estudio se justificó, por razones teóricas porque permitirá cambiar el sistema de generación de energía eléctrica, a través del uso de paneles solares, empleando el conocimiento científico y tecnológico, lo que permitirá a generar energía limpia para el beneficio de la central eléctrica y en consecuencia a los beneficiarios directos, también se justifica por razones sociales, debido a que con este estudio se pretende enfocar a la población que goza del servicio de la central Hidroeléctrica Quitaracsa de la empresa Engie Energía Perú S.A, respecto al consumo de energía eléctrica, contribuyendo a mejorar su calidad de vida, por un consumo de energía limpia, por último, se justifica por razones geográficas porque permitirá aprovechar la buena cantidad de radiación solar que existe en la zona de la Región, haciendo uso de los paneles solares y aprovechar la energía renovable por la radiación solar, permitiendo eficazmente la conservación del medio ambiente.

Por lo tanto en el presente proyecto de investigación se establecerá el objetivo general Dimensionamiento de un SFV para la generación de energía eléctrica del campamento de la Central Hidroeléctrica en Ancash, de como objetivos específicos, primero es: Determinar la demanda de energía eléctrica para el campamento de la Central Hidroeléctrica Quitaracsa - Ancash, como segundo objetivo específico es Determinar los requerimientos necesarios para dimensionar un sistema fotovoltaico para la generación de energía eléctrica de suministro para el campamento de la Central Hidroeléctrica Quitaracsa – Ancash, como tercer

objetivo es Realizar un análisis del costo, beneficio de la implementación del sistema fotovoltaico para la generación de energía eléctrica de suministro del campamento de la central Hidroeléctrica Quitaracsa – Ancash

Para el presente proyecto de tesis, se estableció las hipótesis respectiva que en alguna manera son supuestas respuestas a los problemas formulados, de manera general tenemos. Hipótesis general: El dimensionamiento de un SFV si es eficiente, además de reducir costos de energía, genera energía limpia reduciendo la huella de carbono, aportando como solución de desarrollo sostenible ante la problemática de contaminación ambiental provocada por la generación de energía eléctrica convencional.

II. MARCO TEÓRICO

Cabe mencionar que, para el presente estudio de investigación sobre el dimensionamiento de paneles solares para generar energía fotovoltaica, se fundamenta bajo los criterios del diseño no experimental dado que se busca dimensionar algo para mejorar el evento (Fernández, Baptista y Hernández, 2014)

En el ámbito internacional tenemos la información relacionada a la implementación de los paneles solares en la producción de energía limpia, para ello se recurrió a revisar el artículo indexado de Gonzales y Vallejo (2019), en su artículo titulado como Efecto de la implementación de un sistema fotovoltaico de interconexión de red para generación de energía limpia en la ciudad de Barranquilla de Colombia, 2019, para ello el objetivo del presente artículo es determinar el efecto que tiene la implementación de un sistema fotovoltaico de interconexión de red para la generación de la energía limpia en la ciudad mencionada, cabe indicar que el estudio fue un diseño pre experimental longitudinal, donde se pretendió conocer el efecto de la variable independiente, se utilizó como instrumento a una ficha que permitan conocer la cantidad de energía en kilowatts que les permitió ahorrar energía y producir una energía limpia, para ello se hicieron mediciones sucesivas hasta lograr conseguir el objetivo.

Por otro lado tenemos la investigación de Paredes y Juárez (2018), en su artículo publicado en Scielo titulado como influencia de la implementación de sistemas fotovoltaicos para disminuir los tasas de producción de electricidad en la ciudad de Pontevedra, España 2018, para ello la investigación asumió como objetivo establecer la viabilidad de la ejecución de paneles solares para disminuir los gastos en la obtención de energía eléctrica de la ciudad de Pontevedra, durante el año mencionado, aquí el artículo se enfoca en el diseño de investigación donde la cantidad de habitantes fueron de 528 pobladores determinados en una zona específica, el instrumento que se aplicó fue dos cuestionarios para ambas variables para conocer por la misma población ya que en alguna medida la variable independiente va a determinar el valor de la variable dependiente, para los hallazgos se emplearon la matriz de correlaciona de Rho de Spearman cuyo

valor fue de 0.85, que señala la relación de la variable independiente en la dependiente, bajo un nivel de significancia del 0.05, del cual se concluye que la implementación de paneles solares influye significativamente en la disminución de los precios en la obtención de energía en la ciudad de Pontevedra, España durante el año 2018.

Por otro lado, Venegas y Ramos (2019), en su artículo publicado en Science Evaluación de la Instalación de un sistema fotovoltaico para iluminación en un campamento minero, indican que la evaluación actual en cuanto al consumo de energía, determinando la máxima demanda, el factor de carga y la energía consumida. Las cargas eléctricas que están instaladas en el campamento destaca el horario promedio de uso por día; determinando la energía que se requiere en un día que es 8.8 kWh, y la potencia instalada 305 watt.

Ramos y Luna (2018) a través de su tesis Diseño de un SFV on grid, indican que mediante el diseño del SFV se puede determinar: los kWh generados en el año, teniendo en cuenta las pérdidas ocasionadas por polución equivalentes a un 3%, con lo cual se determina la eficiencia anual del sistema. Para el cálculo del número de paneles fotovoltaicos se basa en la potencia instalada del sistema, con lo cual se obtiene lo adecuado para cubrir la demanda eléctrica.

También indica que el inversor es el elemento que permite la conversión de la corriente continua obtenida del sistema fotovoltaico a corriente alterna que es la que se necesita como suministro en el edificio estudiado. De las características del sistema depende la elección correcta del inversor el cual debe soportar los voltajes t corrientes máximas de los módulos del sistema. Por último, indica que un estudio adecuado de sombras permite determinar la eficiencia esperada del sistema la cual pueda absorber al máximo la energía solar.

Abad y Flores (2016), en su investigación Dimensionamiento de un SFV autónomo para plataforma de desembarque, indican que realizaron el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico con conexión a red en el edificio de

la escuela de Ingeniería en Energía, con el fin de disminuir el consumo de energía eléctrica que abastece la empresa Hidrandina SAC. Así mismo ellos determinaron una demanda de consumo de energía eléctrica del edificio de 131.1 kWh/día con una potencia de equipos instalada de 26.7 kW, con lo cual se utilizó 138 módulos solares, constituidos en 6 ramales en paralelo y cada ramal conformado por 23 módulos en serie.

López (2017), indica que con la evaluación para un diseño de un sistema fotovoltaico, se debe determinar la demanda de energía eléctrica para abastecer un edificio de varios usos, se necesitó observar la cantidad de equipos eléctricos instalados, la irradiancia y radiación de la energía solar que incide en ese punto, las horas punta fotovoltaicas y la potencia pico de cada módulo, basado en esto se obtuvo como resultados una demanda máxima de 14 kW, para un cálculo de 58 paneles solares, la cantidad de baterías a usar y demás componentes del sistema.

Tenemos también el estudio de Gallego, Sánchez y Casas (2019), titulado como impacto de la implantación de paneles fotovoltaicos en el sistema eléctrico Cayo Santa María, al respecto este artículo tiene como objetivo general en poder determinar el impacto que tiene la implantación de paneles fotovoltaicos fomentando un conocimiento del medio ambiente para la práctica de un técnica a utilizar el sistema fotovoltaico que contribuyen a la eficiencia energética y las acciones a considerar en el calentamiento global, para los resultados se hizo uso de la tabla de contingencia de taub de Kendall de 0.89, bajo un nivel de 0.01. Lo que demuestra que, existe impacto significativo en los módulos fotovoltaicos para en el suministro eléctrico de Cayo San María.

Según Pérez, Vides y Torres (2017), en su artículo científico publicado en la revista Scielo titulado como Implementación de un sistema Fotovoltaico On Grid sobre una estructura de dos ejes controlada, para la promoción de fuentes no convencionales de energía renovables en el colegio Gonzalo Jiménez Navas de Florida Blanca - Santander, Colombia, la motivación de este estudio es fomentar la conciencia ambiental, cabe mencionar que el prototipo estuvo en considerar a

un grupo de 10 alumnos del colegio Gonzalo Jiménez Navas, de la ciudad Santander en Colombia, aumentaron dichos resultados un 39% del suministro eléctrico originado por la investigación de los alumnos y docentes de dicho colegio.

Cabezas , Franco y Fasoli (2018), a través de su capítulo científico divulgado en la revista de ciencia Scielo, titulado como Diseño y evaluación de un panel solar fotovoltaico y térmico para poblaciones dispersas en regiones de gran amplitud térmica, al respecto esta investigación tuvo como objetivo de diseñar y examinar un panel solar fotovoltaico y térmico para las localidades dispersas en la región de mayor extensión de la ciudad de México, cabe mencionar que este estudio es pre experimental donde se utilizaron 4 paneles fotovoltaicos de una sola calidad SOLARTEC, de marca KS – 3 T 3W, donde se demostró la uniformidad de resultado indicando que en ningún momento superó la diferencia de 3 % entre estos, por lo tanto se demostró que en los módulos planteados mejoraron el aprovechamiento en la recepción de energía solar por cada unidad de área presentada.

Tenemos el estudio de Vargas, Gil y Diaz (2019), el cual tiene por título de Aprovechamiento de energía solar para área académica de la escuela de aviación policial, al respecto el estudio tuvo por finalidad en analizar el aprovechamiento de energía, para el área académica mencionada, cabe mencionar que, el estudio es un diseño pre experimental, longitudinal, con enfoque cuantitativo, es así que el presente estudio muestra un consumo energético para la ESAVI, de 1930.61 KW/día y 38.50 kWh/mes, ante lo cual se plantea un sistema fotovoltaico que trabaje conjuntamente con una red o generación distribuida (GD), con una magnitud de 63.4 kWh/día y que equivale el 30% de energía utilizada por el propio espacio, el cual está considerado por 63 placas de 260 watts, De otra manera se dedujo el coste neto presente por el periodo de 11 años para la restitución económica y la proyección de recuperación hasta el año 2041 de un 10.71% que indican una solidez económica.

Arancibia (2018), hace conocer de su revista publicada en la web titulada como Importancia del uso de los paneles solares en la generación de energía eléctrica, para ello dicho artículo tuvo la finalidad de describir la importancia respecto al uso de paneles solares para generar energía eléctrica, se dice que este estudio fue descriptivo redactando que la energía solar fotovoltaica constituye un principio de energía renovable, por tanto mediante los paneles solares se convierten en radiación solar contribuyendo a nuestras actividades para el desarrollo de la población, para ello se empleó el método inductivo que llevo a la conclusión que el uso de los paneles solares muestra una gran importancia en la producción de suministro eléctrico.

Además, el estudio Salamanca (2017), mediante su artículo denominado como Propuesta de diseño de un sistema de energía solar fotovoltaica, este caso se empleó en la localidad de Bogotá, donde nos da a conocer en la mencionada ciudad sobre la implementación de la propuesta de este sistema de energía solar, se trató de un diseño pre experimental de tipo exploratorio donde el método que se aplicó fue el inductivo, al respecto el nivel de contaminación que se produce por el uso de los paneles solares es muy cómodo y los precios por montaje se recuperaran al disminuir la factura por la utilización del suministro que son brindados por las empresas eléctricas de la ciudad de Bogotá.

Sánchez, Rivera y Vera (2021), a través de su artículo científico titulado como La sostenibilidad energética con paneles solares y su relación económico social en la incertidumbre para el desarrollo regional de México, en donde tiene como objetivo de determinar la relación entre la sostenibilidad de la energía con células fotovoltaicas, por cuanto a la economía social está muy previsible; al respecto este artículo tuvo por diseño el no experimental de tipo descriptivo correlacional causal, para ello se empleó como hallazgo la variable de análisis de rho de Pearson de 0.75, bajo el 0.05 de nivel de significancia, en donde se concluye que cerca del 25% de los pobladores de la regional de México no logran conseguir el ahorro del consumo de energía por paneles solares debido al factor climático.

Salazar y Pichardo (2017), señala en su artículo titulado como La energía solar una alternativa para la generación de energía renovable, en España, tiene por finalidad de describir y hacer de conocimiento la importancia que tiene el sistema fotovoltaico como posibilidad para la obtención de energía renovable, cabe mencionar que este estudio es descriptivo de tipo básico, donde hace conocer que muchos países desarrollados de Europa, Asia y Norte América, vienen generando el uso de paneles solares desde el año 2012, lo que se ha demostrado un ahorro de consumo de energía eléctrica en cerca del 60% obtenida de materiales fósiles.

Alvarado (2018), en donde a través de su estudio titulado como Planeamiento estratégico de las industrias de energías renovables, se trató de un estudio descriptivo comparativo para poder identificar las ventajas que existen y siendo ello que el sector industrial se propone en la producción de energía limpia para la conservación del medio ambiente, en el caso del sistema fotovoltaico, teniendo el mayor crecimiento del mercado por otro lado la ventaja y beneficio es lograr obtener un ahorro considerables en la población y conservar el medio ambiente.

Gonzales y Vilca (2019), sostiene a través de su artículo publicado en la web denominado como Ventajas de contar con energía limpia en la población de Zaragoza – España, tienen por finalidad de describir y dar a conocer las ventajas y beneficios de contar con energía limpia, teniendo como método los argumentos y la guía documental, identificando que una de las ventajas es conservar el medio ambiente evitando gases de CO₂ como se obtiene por otro tipo de energía, tenemos también el desarrollo económico de la población debido al ahorro económico y mejores condiciones de vida, las industrias realizan sus actividades de manera más responsables evitando contaminar.

Bajo el contexto nacional tenemos la información científica apta sobre las dimensiones relacionados a la implementación de paneles solares.

La dimensión de radiación solar y frente a ello tenemos el estudio de Chambi (2018), dentro del contexto nacional; por lo tanto, su perspectiva en investigar en

la ciudad de Arequipa, titulado como Estudio y Análisis de la actividad solar, radiación solar global y radiación UV en la ciudad de Arequipa, del cual él tiene por objetivo en observar y examinar la actividad solar, propagación global y emisión UV en la localidad de Arequipa, se empleó como metodología el estudio de investigación de la propagación del sol; a través de imperfecciones ocasionados por el sol, también se consideró la radiación global y la radiación ultravioleta donde las manchas de las radiaciones del sol captadas satelitalmente y anunciadas mediante la web. Para los hallazgos se demostraron a través de un coeficiente de determinación de R^2 de 0.52, haciendo un ajuste polinomial de 3 se tiene un nuevo R^2 de 0.88, donde se induce que existe una gran actividad de irradiancia del sol en la radiación ultravioleta.

Rodríguez (2019), titulado como Influencia de la radiación solar en la salud de las personas en la ciudad de Moquegua 2019, en donde tiene por objetivo de comprobar la actividad solar en la afectación a los pobladores de la ciudad de Moquegua, para ello en dicho estudio se empleó como técnica la ficha de análisis de contenido a través de una ficha y una encuesta, tomando como tamaño de muestra a 355 pobladores de un distrito específico, también se solicitaron datos históricos de radiación ultravioleta al SENAMHI, se aplicó el análisis de variable de Pearson $r = 0.89$, bajo un margen de confianza del 0.01, el cual se termina concluyendo que, existe influencia significativa de la irradiancia del sol para el respectivo cuidado de los pobladores en la localidad de Moquegua.

Flores y Domínguez (2019), a través de su artículo científico titulado como Medición de la eficiencia energética de los paneles solares de silicio, al respecto este estudio, se trata de un estudio analítico donde evalúa la comprobación de la eficacia activa de los paneles solares, se trató metodológicamente de un estudio descriptivo aplicando criterios de la mecánica, por lo tanto concluye que, la energía eléctrica si varía notablemente en la radiación; por tanto es el elemento que establece la potencia generada dado que el voltaje permanece casi constante.

Peña la Torre y Nevado Talledo (2019), cuya investigación tiene por título en el Desarrollo de un sistema de control que hace el seguimiento del máximo punto de potencia en paneles solares aplicado a sistemas de generación fotovoltaica, teniendo por finalidad optimizar la calidad de las paneles solares para la electrificación en zonas rurales, cual mediante el criterio de análisis aplicativo se concluye que el tipo del panel solar puede ser considerado con instrumentos como software Matlab, para una mayor confianza del análisis establecido tenga garantía.

Cabe mencionar que, para darle un equilibrio técnico en el actual publicación se basó en teorías básicas y fundamentales de la elaboración de paneles solares y la generación de energía limpia, respecto a la primera variable tenemos la definición de Cieza (2017), en donde hace conocer que los paneles solares tienen por función de recuperar la mayor cantidad de energía producida por la energía solar por medio de sus placas acopladas en serie o paralelo, estos materiales se encuentran compuesto con fierro galvanizado en ángulos, bajo criterios estandarizados de construcción en soldadura para fabricar estos paneles (p.22).

Por otro lado tenemos el concepto de Fernández y Cervantes, (2017), hace referencia primero a los orígenes del funcionamiento del panel solar, dando a conocer que, todo es a base de la radiación solar emitida de forma electromagnética, al respecto estos lucimientos son medidos y expresados en unidades de irradiación, una unidad refleja la potencia por unidad de superficie, también hace conocer que la proporción de emisión que pueda llegar a nuestro planeta mayormente se debe a varios componentes, como trayecto hacia la tierra, dirección, ángulo de que la radiación penetra a la atmósfera y los movimientos giratorios que la tierra realiza mediante la rotación y traslación, Por otro lado comentó que la cantidad de energía que recibe de la atmósfera es una proporción de energía que corresponde a 1.367 W/m^2 , dado que se reconoce como insolación o constante solar, por otro lado el mismo autor hace referencia que el sistema fotovoltaico se centra básicamente en captar la radiación solar para convertirlo en electricidad por intermedio de células o placas, Ávila (2017), hace conocer por su parte que, el sistema de panel solar en su implementación es una

fuerza de energía que produce electricidad de origen renovable obtenida directamente de la radiación solar mediante un dispositivo semiconductor denominado célula fotovoltaica o bien una deposición de metales sobre un sustrato denominado célula solar de película fina, Rodríguez (2018), hace los componentes del sistema fotovoltaico, donde cuenta con celdas de silicio, en donde comúnmente recibe los rayos solares y mediante el efecto fotoeléctrico se logra la conversión directa de la energía proveniente del sol a energía eléctrica continua, básicamente el autor hace referencia que el panel estándar comúnmente entrega una energía de 12 VDC, dependiendo de las dimensiones del panel y del clima, por otro lado otro componente que debe de contar es la batería, como un acumulador de energía generada, el cual es distribuida a sus cargas cuando la generación es baja o tal vez no existen rayos de sol, otro componente es el regulador de energía, básicamente es un dispositivo electrónico, donde tiende a trabajar con las baterías y el panel solar, donde su función es distribuir la energía a su destino una vez que las baterías están completamente cargadas, finalmente tenemos el componente llamado inversor, donde su función principal es convertir la corriente de continua hacia alterna, permitiendo que las cargas de corriente alterna trabajen sin ningún problema. Es importante mencionar en este estudio las dimensiones que se encuentra compuesta la variable independiente, siendo la primera dimensión : Radiación solar, que viene a ser la energía emitida por el sol y que se propaga en todas las direcciones, su magnitud se da desde la luz infrarroja hasta ultra violeta, los rayos del sol al ingresar a la capa atmosférica un porcentaje de ella es absorbida por la capa de ozono en donde su unidad de medida es la irradiancia medido en W/m^2 (Saldaña, 2018), por otro lado tenemos la segunda dimensión como potencia de panel solar, que viene a ser estructurada de unas dimensiones de 10 X 10 cm, en donde genera una potencia de 1W a 2W, por lo cual es indispensable juntar varias células de potencia solar, para alcanzar una energía necesaria (Peña y Nevado , 2019), tenemos la tercera dimensión de tensiones máximas de conexión de paneles en paralelo o serie, para ello aquí juegan un rol importante las baterías mediante su estructura interna en donde para obtener valores mayores de voltaje se debe realizar conexión de baterías en serie ya que cada batería cuenta con

una tensión de 2.2 voltios, para lograr una tensión de 12 voltios es necesario la conexión de 6 baterías en serie. (Flores, E, 2019)

Por otro lado, en cuanto a la variable dependiente tenemos las teorías relacionado a ello los conceptos siguientes por ejemplo Eslava y Olaya (2018), comenta que la generación de energía limpia es una energía en pleno desarrollo, que excluye a cualquier tipo de contaminación que resulta de la obtención y su uso, tenemos también el concepto establecido por Ganoza (2019), en donde define a la energía limpia como energía renovable que se encuentra en pleno desarrollo con la finalidad de conservar el medio ambiente ante la crisis de energías agotables.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación.

Tipo de investigación

Considerando la finalidad orientadora para la realización del presente estudio obedece a una investigación aplicada porque buscó conocer el comportamiento de la variable dependiente en todas sus magnitudes (Gerena 2015, p.07). En el estudio a desarrollar, se buscó conocer todas las facetas de la variable en estudio, para poder inferir resultados que ayuden a tomar decisiones óptimas en relación con las medidas a implementar.

Diseño de Investigación

Es no experimental - transversal dado que se está aplicando la técnica de recolección de datos, por lo tanto, los resultados van a ser examinados y tratados para lograr consecuencias proyectadas de forma detallada (Arteaga y Leyva 2020, p.22).

3.2. Variables y operacionalización

Sistema fotovoltaico

Cieza (2017), en donde hace conocer que este sistema tiene por función de captar la mayor suma de electricidad recibida por la energía solar fotovoltaica por medio de paneles o módulos fotovoltaicos configurados en serie o paralelo, estos materiales se encuentran compuesto con fierro galvanizado en ángulos, bajo criterios estandarizados de construcción en soldadura para fabricar estos paneles (p.22). En esta variable se consideran tres dimensiones: radiación solar, energía eléctrica fotovoltaica, potencia instalada, (Flores, E, 2019).

En lo que consiste a la operacionalización de la presente variable se realizó mediante la inserción de instrumentos direccionados a lograr implementar los paneles solares. Ante lo cual se establecieron niveles valorativos a las preguntas

con la finalidad de valorar o puntuar las respuestas obtenidas, respetando los criterios estadísticos descriptivos de agrupación y análisis de datos.

Energía eléctrica

García y Peñuela (2019), comentan que es una energía que se deriva de la existencia en la materia de cargas eléctricas positivas y negativas que se neutralizan. La energía eléctrica puede transformarse en muchas otras formas de energía, tales como la energía luminosa o luz, la energía mecánica y la energía térmica. La electricidad es una de las formas de energía más importantes para el desarrollo tecnológico debido a su factibilidad de generación, distribución y a su gran número de aplicaciones

3.3. Población, Muestra, Muestreo y unidad de análisis

Población

El proyecto de tesis tuvo como fin estudiar las instalaciones del campamento de la Central Hidroeléctrica Quitaracsa.

a. Criterios de inclusión:

- Módulos A y B del campamento.
- Lavandería
- Tópico
- Gimnasio y zona de recreación
- Campo deportivo
- Oficinas administrativas
- Taller general
- Almacén general
- Recibos de facturación consumo eléctrico años 2020 y 2021.

b. Criterios de exclusión.

- Casa de Maquinas de la Central Hidroeléctrica Quitaracsa.
- Zona de captación de la Central Hidroeléctrica Quitaracsa.

Muestra

Para este proyecto de tesis la muestra está constituida por el campamento de la Central Hidroeléctrica Quitaracsa.

Muestreo

Campamento de la Central Hidroeléctrica Quitaracsa

Unidad de análisis

Se considera todas las instalaciones del campamento de la Central Hidroeléctrica Quitaracsa, ya que el sistema fotovoltaico suministraría con energía a todo el campamento.

3.4 Técnicas e instrumentos de recojo de datos

Técnicas

- a) **Observación directa.** Se inspeccionaron las áreas e instalaciones del campamento de la Central Hidroeléctrica, así como los recibos de facturación de demanda eléctrica.

- b) **Análisis de documentos.** Se adquiere información de artículos, data sheet de equipos, repositorios universitario, tesis e informes de otros investigadores, para el desarrollo del proyecto de tesis.

Instrumentos

- a) **Ficha de inspección.** Según Arias (1999), los instrumentos son los medios materiales que se emplean para recoger y almacenar la información. El instrumento empleado en esta

investigación fue una ficha para conocer la finalidad del óptimo funcionamiento de los equipos.

- b) Guía documental.** Se realizó la búsqueda de los documentos necesarios para argumentar el proceso de implementación del sistema fotovoltaico.

3.5 Procedimientos

Los procedimientos necesarios para realizar la presente investigación son los siguientes:

- i) Recolectar datos históricos de radiación solar incidente en la zona de estudio, a través de la plataforma web de la Nasa.
- ii) Solicitar a la Empresa propietaria ENGIE Energía Perú S.A. la entrega de los recibos emitidos por Hidrandina S.A., de donde se obtendrá información concerniente a facturación, consumo de energía eléctrica, opción tarifaria y potencia contratada.
- iii) Dimensionar el sistema fotovoltaico, en cuanto capacidades y cantidades de los paneles solares, acumuladores, inversores, reguladores de carga y sistemas de protección, necesarias para un obtener un óptimo nivel de autonomía, para esto se usará el software PVSyst.

3.6 Método de análisis de datos

La técnica para recolectar datos relacionados a las variables estudiadas a través del análisis de documentos, obteniendo datos de la demanda eléctrica del campamento de la Central Hidroeléctrica Quitaracsa. De la misma forma a través de la recolección de datos y observación directa se logra realizar una propuesta de diseño y planificación para minorizar el costo de suministro eléctrico y mejorar la calidad de energía con energía eléctrica fotovoltaica como objetivo de desarrollo sostenible, adicionalmente con el uso de software PVSyst versión 7.2, se realiza

el dimensionamiento del sistema fotovoltaico. El diseño de estructuras y tableros se realizará con el software AutoCAD 2022.

3.7 Aspecto éticos

Cabe mencionar que los investigadores respetarán de manera especial los derechos de la empresa tomados en cuenta para el presente estudio. Las consideraciones éticas consideradas por la investigadora son:

- Respetar las normas NTP presentes en este estudio
- Respeto en todo momento de lo establecido en el CIP
- Citar los resultados obtenidos por otros autores respetando los derechos de autor.
- Contemplar la buena conducta y principios usando la norma ISO 690-2010.

IV. RESULTADOS

4.1 Objetivo específico 1: Determinar la demanda de energía eléctrica para el campamento de la Central Hidroeléctrica Quitaracsa – Ancash.

Para obtener los datos de consumo de energía eléctrica de la Central Quitaracsa se hizo uso de la recolección de datos de recibos de facturación año 2022, centrándonos en los consumos fuera de hora punta (EAFP) y los consumos en hora punta (EAHP).

Tabla 1: Demanda de energía eléctrica campamento Central Quitaracsa

Mes	EAFP (MWh)	EAHP (MWh)	Consumo total (MWh)
Enero	10.46	2.6	13.06
Febrero	10.55	2.8	13.35
Marzo	10.94	2.9	13.84
Abril	11.29	2.7	13.99
Mayo	13.31	3,3	16.61
Junio	11.36	2.8	14.16
Julio	11.76	2.6	14.36
Agosto	11.25	2.6	13.85
Septiembre	11.52	2.9	14.42
Octubre	11.75	2.8	14.55
Noviembre	10.43	2.3	12.73
Diciembre	10.35	2.6	12.95

Total

Nota: EAHP: Energía Activa Hora Punta

EAFP: Energía Activa Fuera de Punta

Interpretación

Según lo analizado, a través del valor máximo de consumo total de energía nos servirá para el dimensionamiento y calculo potencia instalada del sistema fotovoltaico.

4.2 Objetivo específico 2: Determinar los requerimientos necesarios para dimensionar un SFV para el campamento de la Central Hidroeléctrica Quitaracsa – Ancash.

Ubicación Geográfica

Geográficamente, el proyecto se ubica en la Central Hidroeléctrica Quitaracsa, provincia de Huaylas, región de Ancash

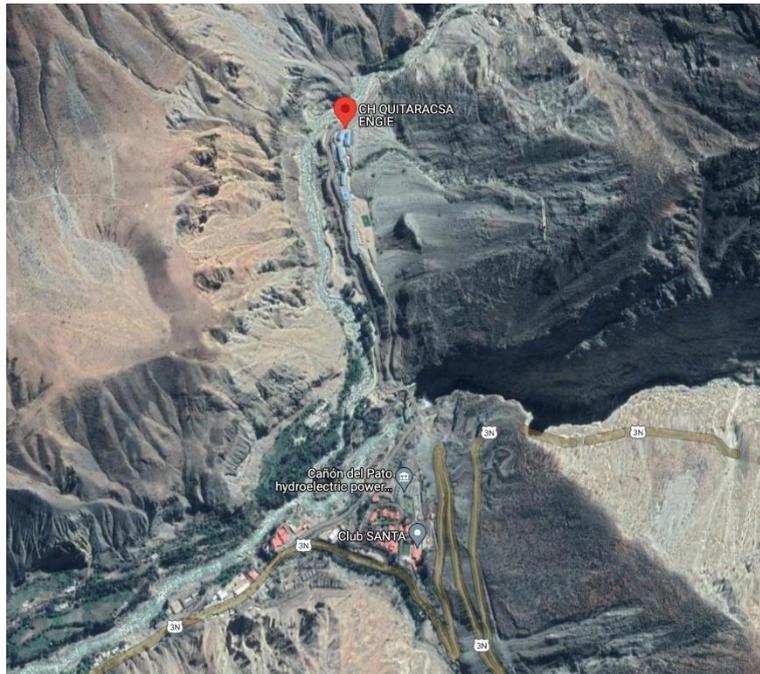


Figura 1: Ubicación de Central Hidroeléctrica de Quitaracsa / Fuente: Google earth

La planta en donde se encuentra el taller mecánico sobre el que se montará el sistema se ubica a 120km al norte de Huaraz y 38km de Caraz con coordenadas referenciales respecto a latitud y altitud de: -8.804522, -77.854042 y 1478 msnm.

Características Climatológicas

El clima de la ciudad resulta especialmente particular dada su situación ya que posee un cielo mayormente con muy poca nubosidad en la mañana, un tiempo agradable durante el día, y viento fuerte en algunas tardes. Las noches son frías y poseen moderada humedad atmosférica. Cuenta con una alta incidencia de radiación solar directa y lluvia durante algunas tardes y noches.

De acuerdo con información de SENAMHI (Servicio Nacional de Metrología e Hidrología del Perú), el clima es semiárido con invierno seco, templado y cuenta con temperaturas máximas y mínimas de acuerdo con lo descrito a continuación:

- Temperatura máxima: Entre 21°C a 30°C
- Temperatura mínima: Entre 15°C a 19°C.
- Precipitación anual promedio: 300 a 700 mm.

Alcance del diseño

Este dimensionamiento tiene como objetivo generar a través del sistema fotovoltaico, la energía eléctrica necesaria para abastecer los consumos propios de la instalación. Este sistema contará con 58 paneles fotovoltaicos monocristalino de 450Wp (calculado por software PVSyst), cada uno, haciendo un total de capacidad instalada de 26.10kWp en tensión DC y contando con un inversor de tipo on grid de 25kW para la tensión AC.

En general, dicho sistema contendrá lo siguientes componentes y/o equipos (principales):

- 58 módulos fotovoltaicos de 450Wp.
- 01 inversor de interconexión on grid de 25Kw.
- 01 rack de inversores (opcional en caso no sea posible adosar el inversor a la pared en el primer nivel de la edificación).
- 01 tablero adosado. Tablero Fotovoltaico AC.
- Estructuras coplanares para paneles solares.
- 01 sistema de puesta a tierra (Incluirá el cableado de tierra).

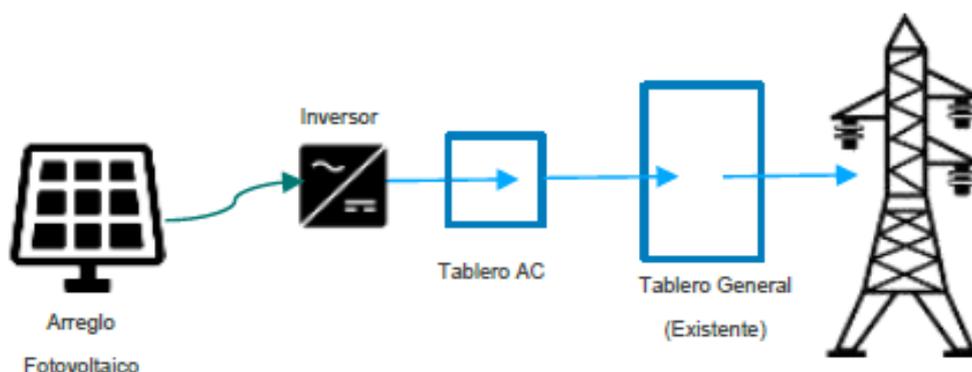


Figura 2: Esquema general del sistema / Fuente: elaboración propia

Descripción de las instalaciones

El sistema fotovoltaico se encontrará ubicado en el techo de un taller mecánico de la central hidroeléctrica de Quitaracsa. Este techo sobre el cual se montarán los módulos fotovoltaicos es a dos aguas, por lo que se deben considerar dos planos superficiales con inclinaciones opuestas.



Figura 3: Ubicación de módulos fotovoltaicos / Fuente: elaboración propia



Figura 4: Ubicación de módulos fotovoltaicos vista satelital / Fuente: Google earth

El tablero fotovoltaico AC que se dimensionará, se deberá conectar al tablero general existente del taller. Las conexiones se indican en la figura siguiente:

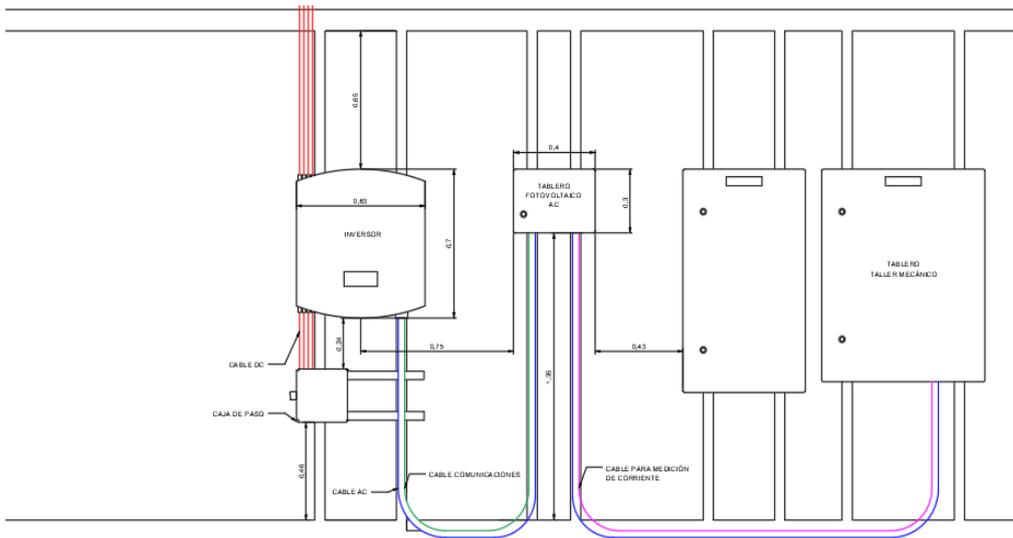


Figura 5: Ubicación del tablero / Fuente: elaboración propia

Descripción del sistema fotovoltaico (SFV)

Al diseñar el SFV se tuvo en consideración los siguientes indicadores:

- Radiación solar en la ubicación del proyecto.
- Espacio disponible para la instalación de paneles solares.
- Proyección de sombras sobre el arreglo solar.
- Producción de energía, según normativa.

Demanda y potencia fotovoltaica

Los requerimientos van de acuerdo con los cálculos realizados para cubrir la demanda de la planta e inyectar a la red. Evaluando los requisitos y el espacio disponible en el techo de la instalación, se propuso el sistema de 26.1 kWp, esto con la finalidad de utilizar al máximo rendimiento cada componente.

Inyección Cero

En el dimensionamiento del sistema se considera un Smart Manager para optimizar la eficiencia del sistema y maximizar el autoconsumo, pudiendo registrar tanto el consumo como la generación del sistema fotovoltaico.

Perú no cuenta todavía con la reglamentación de generación distribuida que permita inyectar a la red eléctrica, es por esto, que este es un equipo imprescindible para limitar la potencia entregada por la instalación fotovoltaica, ya que en los momentos donde haya mayor radiación solar o generación, y no existan suficientes consumos, habrá un excedente que no debe verterse en la red eléctrica.

Autoconsumo

El perfil de carga del campamento será del tipo comercial/industrial, donde la mayor parte de sus consumos serán en horario laboral, entre las 8am y 5 pm. Por este motivo, dicha instalación fotovoltaica es ideal para este tipo de consumidores, ya que la mayor generación del sistema fotovoltaico se obtendrá entre estas horas, pudiendo así aprovechar lo máximo generado durante todo el día para abastecer a los consumos directamente. Un ejemplo se refleja en la figura 6.



Figura 1 Relación entre generación PV (verde nítido) y consumo de energía eléctrica (verde opaco) / Fuente: PV solar

Unidades del sistema fotovoltaico

Unidad de generación

Esta unidad se encarga de captar la energía proveniente de la radiación solar, para el cual los arreglos de los módulos fotovoltaicos se encuentran instalados según lo dispuesto en el expediente de ingeniería, y estos se ubicarán paralelos al techo de dos aguas. Los paneles o módulos solares se conectarán en serie según el detalle de la tabla 1 mostrada a continuación. Cada string se conecta al inversor

(2 cables por string), y se cuenta con 4 strings. Se hará uso de tuberías EMT adosada al techo y por la pared hasta llegar al inversor.

Tabla 2: Detalles de arreglos (Strings).

SITE	N° MOD	POTENCIA	INVERSOR	SERIES	STRINGS	TABLERO AC
1	30	13500 Wp	25000.0W	15	2	1
	28	12600 Wp		14	2	

Fuente: Elaboración propia

Los strings corresponden a un conjunto de módulos conectados en serie mediante los conectores MC4 de los paneles fotovoltaicos.

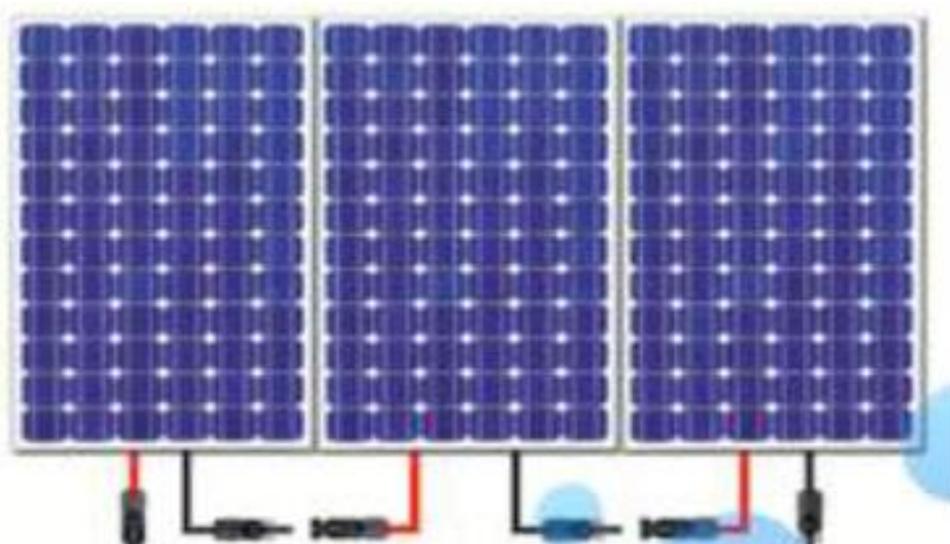


Figura 2: Modelo de conexión módulos en serie / Fuente: Tallmax

Los módulos por utilizar son:

- 58 módulos fotovoltaicos modelo TSM-450DE17M(II), de la marca TALLMAX 450Wp (escogido con software PVSyst)

El arreglo de los módulos en serie será de siguiente modo:

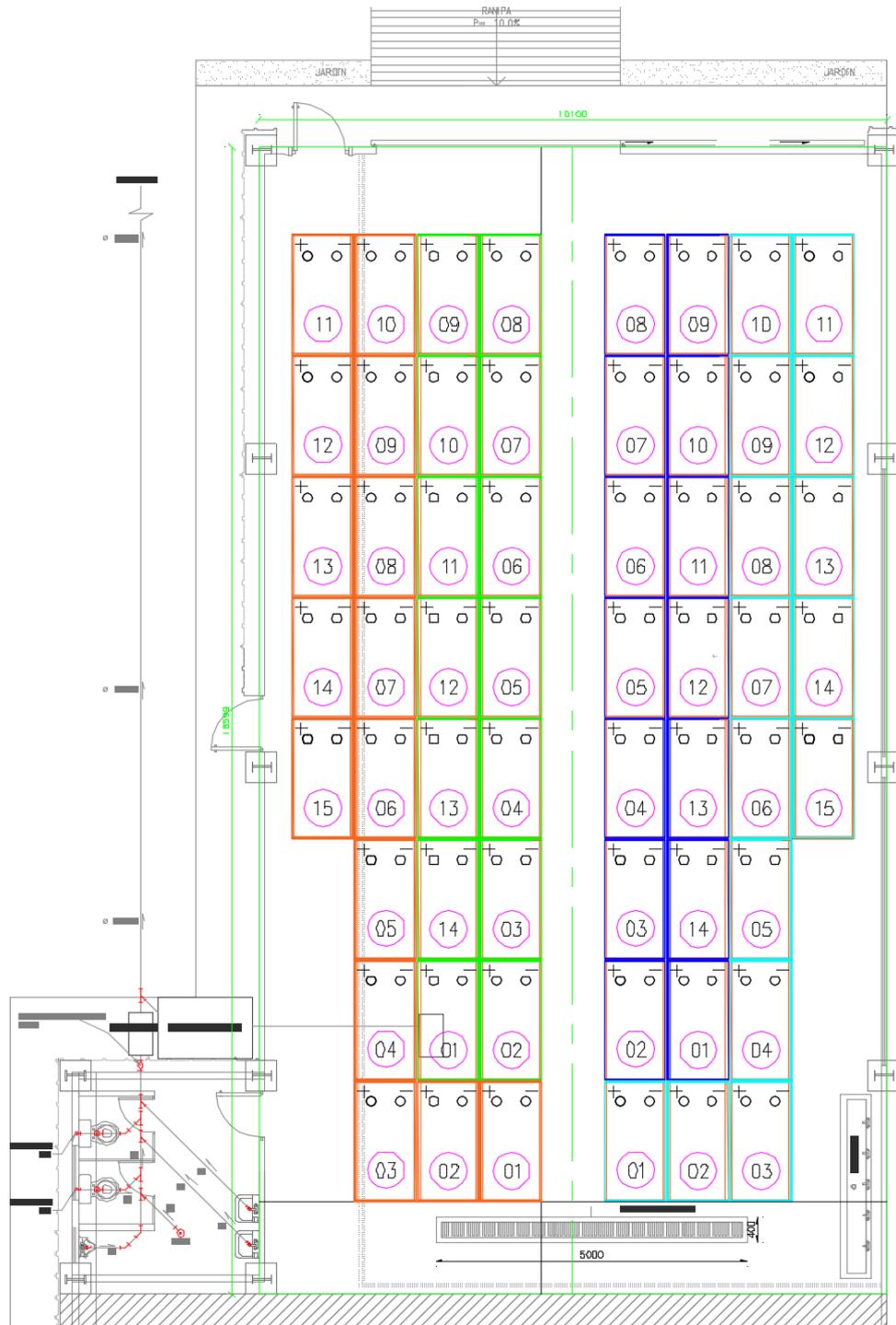


Figura 3: Distribución de strings / Fuente: elaboración propia

Los números de la figura 8, representan el recorrido que sigue el cableado de la conexión en serie. Como se aprecia se contará con 4 strings o cadenas que se deberán conectar al inversor. Los conductores que se usarán para la conexión en DC interna forman parte del módulo y no se requerirá el uso de ductos. La salida del string se llevará a una caja de paso metálica en el techo utilizando tubería

Conduit metálica flexible. Los strings de los laterales cuentan con 15 módulos en serie, obteniendo un total de 6.75 kWp por cada string, y los centrales cuentan con 14 módulos en serie, obteniendo un total de 6.3 kWp por cada string.

Los módulos fotovoltaicos utilizados están homologados según normas internacionales. Adicionalmente, la fabricación cumple el certificado IEC 61215. El rendimiento del módulo es superior al 20.6%.

La construcción mecánica de los módulos fotovoltaicos corresponde a marcos laterales solidos de aluminio anodizado, capaces de soportar peso y dimensiones de estos módulos y siendo la parte frontal de vidrio templado antirreflector de bajo contenido en hierro, estos equipos cumplen con las estrictas normas de calidad a las que son sometidos, soportando las inclemencias climáticas más duras, funcionando eficazmente sin interrupciones durante su larga vida útil.

Este producto integral debe contar con las siguientes certificaciones:

- IEC61215/IEC61730/IEC61701/IEC62716
- ISO 9001: Quality Management System
- ISO 14001: Environmental Management System
- ISO 14064: Greenhouse Gases Emissions Verication
- ISO 45001: Occupational Health and Safety Management System

La siguiente tabla resume las características generales de los módulos a utilizar:

Tabla 3: Datos técnicos del módulo fotovoltaico en condiciones STC.

PARÁMETRO	VALOR
Fabricante	TALLMAX
Modelo	TSM-450DE17M(II)
Potencia nominal (Wp)	450
Tensión en circuito abierto – Vac (V)	49.6
Intensidad en corto circuito – Isc (A)	11.53
Tensión en potencia máxima – Vmpp (V)	41
Intensidad en potencia máxima - Impp (A)	10.98
Eficiencia (%)	20.6
Área por módulo (m2)	2.09248

Fuente: Elaboración propia en base a la ficha técnica del módulo.

Inversor

Esta unidad se encargará de convertir la potencia de corriente continua proveniente de los módulos fotovoltaicos en potencia de corriente alterna y de sincronizar la salida en los niveles de voltaje y frecuencia con la empleada por el consumo final. El cableado DC que sale de los módulos fotovoltaicos llega hacia una caja de paso ubicada en el techo a través de tubería flexible de 1/2", y desde la salida de la caja de paso hacia el inversor, se utiliza tubería EMT de 1 1/2".

En tal sentido se instaló lo siguiente:

- Inversor de corriente Solis-25K-LV de 25kW, 3F/PE, 220V.



Figura 4: Inversor Solis-25K-LV / Fuente: Solis-Ginlong

Tabla 4: Características del Inversor

CARACTERÍSTICA	VALOR	
Modelo	SOLIS-25K-LV	
Input DC	Máxima potencia	31.35 kWp
	Rango de tensión de ingreso	200 – 850 V
	Máxima tensión DC en lazo abierto	1100 V
	Máxima corriente de entrada	28.5 A
	Número de MPP Trackers	2
	Máximo número de entradas por strings	6
Output AC	Potencial aparente	25000 VA
	Potencia activa	25000 W
	Corriente nominal de salida AC (Iac nom)	65.6 A
	Conexión On Grid	3/PE, 220V
	Frecuencia	50Hz/60 Hz
Varios	Eficiencia Europea	96.50%
	Temperatura ambiente	-25 a 60°C
	Degree protection	IP65
	Harmonics	< 3%
	Power factor	>0.99 (0.8 leading - 0.8 lagging)
	Dimensiones	630*700*357 mm
	Peso	63 kg

Fuente: Inversor Solis

Controlador

En esta unidad se lleva a cabo la gestión del sistema fotovoltaico y control de inyección de energía mediante el Smart Manager, el cual, mediante señales de voltaje y corriente el equipo gestionará la inyección de energía requerida por las cargas y a la vez la no inyección de energía a la red del distribuidor de energía.

- Export Power Manager Solis
- Transformadores de corriente 200/5A.
- Sistema de comunicación MODBUS RS485 con cable RS485 2p.

Además, se realiza el monitoreo y registro de la fuente suministrada por SFV y red eléctrica, así como los consumos generales de las instalaciones del campamento.



Figura 10: Export Power Manager Solis-5G / Fuente: Solis-Ginlong

Tabla 5: Datos técnicos del Smart Manager

CARACTERÍSTICA	VALOR
Voltaje nominal	230 o 400 V
Frecuencia	50 o 60 Hz
Corriente máxima (Cts.)	Hasta 3 x 3000 A
Potencia de consumo	2.5 W
Clase de precisión	1
Interfaz al inversor	Modbus RS485

Fuente: En base a la ficha técnica del Smart Meter.

Orientación, inclinación y proyección de sombras

El sistema fotovoltaico es un sistema fotovoltaico coplanar y sigue la inclinación del techo. En este proyecto, solo se calculó la distancia del arreglo solar en relación con los dos edificios adyacentes. La distancia debe ser la suficiente como para evitar la sombra proyectada de estos edificios sobre el arreglo. No se calculó

la distancia mínima entre módulos para evitar sombras, porque todos los módulos estarán anclados a la misma estructura.

Simulación de resultados

Los resultados de la simulación fueron realizados con el software especializado PV Syst v.7.2, obteniéndose de ese modo los siguientes valores de generación.

- Rendimiento específico: Por cada kilovatio pico instalado, el sistema tendrá un rendimiento total 1 773 kWh en todo el año.

Tabla 6: Producción de energía en el año 1 del sistema fotovoltaico.

MES	GHI (kWh/m ²)	Energía arreglo FV (MWh)	Energía inyectada a la red (MWh)
Enero	188.1	4.1	3.9
Febrero	163.2	3.5	3.4
Marzo	170.8	3.7	3.5
Abril	165.3	3.6	3.4
Mayo	180.5	3.9	3.8
Junio	176.0	3.8	3.7
Julio	190.6	4.1	3.9
Agosto	206.1	4.4	4.3
Setiembre	196.8	4.2	4.1
Octubre	204.5	4.4	4.2
Noviembre	199.6	4.3	4.1
Diciembre	183.2	3.9	3.8
Año	2224.8	47.9	46.1

Fuente: Elaboración propia en base a PV Syst.

Donde:

- GHI: Irradiación global horizontal.

Los valores de energía producida dependen directamente de la radiación solar en el punto de generación, pudiendo variar debido a las condiciones meteorológica y el mantenimiento realizado al sistema.

Interpretación

Con los datos de ubicación geográfica, condiciones climatológicas, descripción de las instalaciones y descripción del SFV, podemos dimensionar el SFV mas eficiente para la generación de energía eléctrica de suministro del campamento de la Central Hidroeléctrica Quitaracsa.

4.3 Objetivo específico 3: Evaluar cuál es el costo, beneficio de la implementación del sistema fotovoltaico para la generación de energía eléctrica de suministro para el campamento de la central Hidroeléctrica Quitaracsa – Ancash

Para este objetivo nos hemos basado en el costo de energía en soles (COE), con una tasa anual de interés del 7.75% (BCR-2023) y una duración o vida útil de los equipos de 20 años.

Tabla 7: Vida útil de los equipos del SFV

VIDA UTIL DE LOS EQUIPOS DEL SISTEMA							
	Módulo Fotovoltaico	Inversor	Medidor	Cables	Protecciones	Estructura Soporte	Instalación
Vida útil (años)	25	20	20	25	20	25	20
Coefficiente del costo anualizado del capital (CRF)	0.092	0.099	0.099	0.092	0.099	0.092	0.099
Entero	0	1	1	0	1	0	1
Vida útil del proyecto modificada (Nrep)	0	20	20	0	20	0	20
Variación del tiempo de reemplazo (Nrem)	5	20	20	5	20	5	20
Tasa de recuperación del componente (SSFcomp)	0.014	0.022	0.022	0.014	0.022	0.014	
Tasa de recuperación del proyecto (SSFproy)							0.022
Factor de reemplazo (Frem)							0.099
Costo por mantenimiento y operación anual (S/.)	1200	200	200		200		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8: Costo de la energía fotovoltaica

DESCRIPCIÓN	Inversión inicial (S/.)	Inversión Anualizada (S/.)	Costo de Reemplazo (S/.)	Capital de reemplazo modificado (S)	Costo de Reemplazo anualizado (S/.)	Costo Anualizado de Operación y Mantenimiento (S/.)
Módulo fotovoltaico	40653.0	3727.3	40653.0	8130.600	125.000	119.958
Inversor	9579.1	957.6	9579.1	9579.110	193.681	19.993
Medidor	750.0	75.0	750.0	750.000	15.164	19.993
Estructura soporte	18908.0	1733.6				
Cables	2709.2	248.4				
Protecciones	3259.9	325.9	3259.9	3259.910	65.912	19.993
Instalación	6637.1	663.5				
Costo anual total (S/.)		7731.2			399.757	179.937
COE (S/./ kWh)		0.208			0.011	0.005
					COE (S/./ kWh)	0.224

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9: Análisis de retorno de inversión EAFP vs EAHP, considerando los recibos de facturación eléctrica Hidrandina S.A.

ANÁLISIS DE FACTURACION EN ENERGÍA ACTIVA 2021					
MES	COSTO ENERGÍA (Hidrandina)	Energía Activa Fuera de Punta	Energía Activa en Hora Punta	Costo de energía EAFP	Costo de energía EAHP
	S/./ kWh	(kWh)	(kWh)	S/.	S/.
Enero	0.25	10457	2624	2614.3	656.0
Febrero	0.25	10546	2800	2636.5	700.0
Marzo	0.25	10938	2978	2734.5	744.5
Abril	0.25	11286	2752	2821.5	688.0
Mayo	0.25	13312	3334	3328.0	833.5
Junio	0.25	11359	2788	2839.8	697.0
Julio	0.25	11759	2635	2939.8	658.8
Agosto	0.25	11255	2620	2813.8	655.0
Setiembre	0.25	11523	2963	2880.8	740.8

Octubre	0.25	11749	2847	2937.3	711.8
Noviembre	0.25	10430	2293	2607.5	573.3
Diciembre	0.25	10347	2588	2586.8	647.0

Nota: EAFP= Energía Activa Fuera Punta Total Energía Act. S/. 42042.5

EAHP= Energía Activa Hora Punta

Fuente: Elaboración propia

Interpretación

Se analiza el costo total de la energía activa del año 2021 (S/. 42042.5), el Sistema fotovoltaico deberá competir con el costo de la energía activa en hora punta (EAHP) ya que en ese tiempo (6pm a 11pm), para poder ser eficiente ya que durante el día se estima un periodo de generación óptimo de 8 horas (8am a 4pm), para que el retorno de lo invertido sea en un promedio de 10 años, se tiene un CAPEX de inversión de 42000 dólares, equivalente a 151200 nuevos soles a la fecha, el costo de la instalación según tabla 8 más costos de ingeniería sería de 120000 nuevos soles.

En el mes de diciembre se obtiene valor mínimo de EAFP con 10347 kWh (S/. 2586.8) y EAHP de 2588 kWh (6pm a 11pm) con un valor de S/. 647, con el sistema fotovoltaico se espera 8 horas de generación óptima por ser un sistema On Grid de 26 kWp, con el precio actual de kWh de S/. 0.25 se tendría como generación fotovoltaica 4357 kWh equivalente a S/. 1090 siendo un 34% de ahorro en este mes, en el mes de mayo se obtiene un valor máximo de EAFP 13312 kWh (S/. 3328) y un valor de EAHP 3334 kWh (S/. 833.5), para este mes se tendría una generación óptima de 5605 kWh (S/. 1401.3) siendo un 46% de ahorro en este mes.

Como se puede observar cuando la demanda es mayor el porcentaje de ahorro es mayor, pero como la demanda no es uniforme se tiene un estimado de 25% de ahorro mensual. La energía activa en hora punta (EAHP) es aproximadamente el 20% del costo total de energía activa, por lo que se estima un retorno de lo invertido al décimo año de operación del sistema fotovoltaico.

Tabla 10. Tiempo de recuperación de lo invertido

TIEMPO DE RECUPERACION DE LA INVERSION			
AÑO	COSTO ENERGIA SOLAR	AHORRO POR INYECCION ENERGIA ANUAL	AHORRO ACUMULADO
	S/. / kWh	(S/.)	(S/.)
1	0.250	13367.82	13367.82
2	0.263	9747.37	23115.18
3	0.276	10234.73	33349.92
4	0.289	10746.47	44096.39
5	0.304	11283.79	55380.18
6	0.319	11847.98	67228.17
7	0.335	12440.38	79668.55
8	0.352	13062.40	92730.95
9	0.369	13715.52	106446.47
10	0.388	14401.30	120847.77
11	0.407	15121.36	135969.14
12	0.428	15877.43	151846.57
13	0.449	16671.30	168517.87
14	0.471	17504.87	186022.74
15	0.495	18380.11	204402.85
16	0.520	19299.12	223701.97
17	0.546	20264.07	243966.05
18	0.573	21277.28	265243.32
19	0.602	22341.14	287584.46
20	0.632	23458.20	311042.66

Fuente: Elaboración propia



Figura 11. Gráfico de barras consumo eléctrico 2021 / Fuente: elaboración propia

4.3 Objetivo general: Dimensionamiento del SFV

Potencia del SFV

De acuerdo con las especificaciones dadas anteriormente, se determinó la instalación de un sistema con 58 módulos TSM-450DE17M(II) de marca TALLMAX de 450 Wp, por lo que la potencia pico fotovoltaica del sistema es:

$$\mathbf{P_{pv}: P_{mod} \times N_{mod}}$$

Donde:

- Ppv: potencia pico del SFV
- Pmod: potencia del panel
- Nmod: Número de módulos fotovoltaicos

Obteniendo así una potencia del sistema de:

$$\mathbf{P_{pv}: 450 \times 58}$$

$$\mathbf{P_{pv}: 26.1 \text{ kW}}$$

Voltaje del sistema

Conocer los parámetros de voltaje mínimo y máximo es fundamental para optimizar el funcionamiento del sistema.

El sistema cuenta con 4 string de 2 tamaños diferentes de acuerdo con unas especificaciones técnicas, un tipo de string cuenta con 15 módulos en serie y el otro tipo cuenta con 14 por lo que los cálculos se realizan para ambos strings.

Voltaje mínimo del sistema

En un SFV el voltaje es inversamente proporcional a la temperatura, por lo tanto, a mayor temperatura el voltaje será menor y esto recae en el rendimiento del SFV. El voltaje mínimo se expresa con la siguiente fórmula:

$$V_{min} = N_s * V_{mpp} * \left[1 + \left((T_{max} + T_{aj} - T_{STC}) * \left(\frac{Tk_{Vmp}}{100} \right) \right) \right]$$

Donde:

- N_s : Número de paneles por cadena
- V_{mpp} : Tensión nominal del módulo en el punto de máxima potencia
- T_{max} : Temperatura ambiente alta para el sitio de instalación (°C)
- T_{aj} : Temperatura de ajuste según el método de instalación (°C)

Este parámetro se toma en cuenta al momento de la instalación. Al montar los paneles en el techo el calentamiento es mayor a diferencia de los instalados a ras de suelo.

- T_{stc} : Temperatura en condiciones estandar (Standar Test Condition), 25°C
- K_{vmp} : Coeficiente de temperatura del módulo de V_{mp} [% / °C]:

Por lo tanto, tenemos según tabla 6, tenemos los datos del módulo.

Tabla 11: Característica del módulo FV

Características	VALOR
Marca	TALLMAX
Tipo	TSM-450DE17M(II)
Potencia pico (Wp)	450
Voltaje en circuito abierto – Voc (V)	49.6
Corriente de corto circuito – Isc (A)	11.53
Voltaje en potencia máxima – Vmpp (V)	41
Corriente en potencia máxima – Impp (A)	10.98
Porcentaje de eficiencia (%)	20.6
Coeficiente de temperatura de Pmáx (%/°C)	-0.34
Coeficiente de temperatura en voltaje de circuito abierto Voc (%/°C)	-0.25
Coeficiente de temperatura en corriente de corto circuito Isc (%/°C)	0.04

Irradiancia 1000 W/m2, Temperatura de Celda: 25°C y AM: 1.5

Fuente: ficha técnica paneles TALLMAX

Donde: T°max registrada en Huaylas es 23 °C y T°min es 15 °C

Para el string de 15 módulos tenemos:

$$V_{min} = 15 + 41 \times \left[1 + \left(23 + 35 - 25 \times \left(\frac{-0.34}{100} \right) \right) \right]$$
$$V_{min} = 545.9 \text{ V}$$

Para el string de 14 módulos tenemos:

$$V_{min} = 14 + 41 \times \left[1 + \left(23 + 35 - 25 \times \left(\frac{-0.34}{100} \right) \right) \right]$$
$$V_{min} = 509.6 \text{ V}$$

Voltaje máximo del sistema

En el sistema cuando la temperatura es el voltaje será mayor. El voltaje máximo es un parámetro de seguridad de mucha importancia. El máximo valor de voltaje alcanzado debe de comprobarse para un correcto dimensionamiento de conductores y equipos del sistema.

El voltaje máximo viene dado por la siguiente formula:

$$V_{m\acute{a}x} = N_s * V_{oc} * \left[1 + \left((T_{min} - T_{STC}) * \left(\frac{Tk_{Voc}}{100} \right) \right) \right]$$

Donde:

- Ns: Cantidad de paneles fotovoltaicos
- Voc: Voltaje en circuito abierto
- Tmin: Temperatura mínima (considerar temperatura ambiente de la instalación)
- TSTC: Temperatura de prueba a 25°C
- TkVoc: Coeficiente de temperatura de voltaje en circuito abierto del string [% / °C], expresado como porcentaje negativo.

Por lo tanto:

Para el string de 15 módulos:

$$V_{max} = 15 + 49.6 \times \left[1 + \left((15 - 25) \times \left(\frac{-0.25}{100} \right) \right) \right]$$
$$V_{max} = 762.6 \text{ V}$$

Para el string de 14 módulos:

$$V_{max} = 14 + 49.6 \times \left[1 + \left((15 - 25) \times \left(\frac{-0.25}{100} \right) \right) \right]$$
$$V_{max} = 711.7 \text{ V}$$

Por lo tanto, se obtienen los siguientes valores de voltaje:

Tabla 12: Valores de voltaje del SFV

Voltaje (V)	String (N_s=15)	String (N_s=14)
Mínimo	545.997	509.597
Nominal	615.00	574.00
Máximo	762.6	711.76

Fuente: Elaboración propia.

Inversor

Para la selección de un inversor de SFV es de suma importancia saber el valor de la potencia nominal del SFV, con ese valor podemos dimensionar el número de paneles permitidos conectados en serie (15 paneles por string) para la tensión input del inversor.

Para el dimensionamiento del SFV tenemos un valor de potencia total instalada de $58 \times 450\text{W} = 26.1 \text{ kW}$, es por esto, que por cada entrada de MPPT del inversor tendríamos una potencia nominal de $15 \times 450\text{W} = 6.75 \text{ kW}$, y por ende nuestro inversor debe ser capaz de soportar dos strings con esa cantidad de módulos (Se

está tomando como modelo el tipo de string con mayor cantidad de módulos en serie, 15). Debido a que, el comportamiento de los módulos FV es determinado a condiciones estándar, el módulo FV trabajara típicamente a una potencia menor que la nominal, debido a que las condiciones climáticas locales son distintas a los estándares. Por este motivo, se define la razón carga del inversor (ILR), donde se busca sobredimensionar la potencia nominal FV por sobre la potencia nominal AC, con el objetivo de asegurar siempre la potencia AC en la salida del inversor a lo largo del día.

En lugares con irradiancia solar alta se recomienda un ILR de 1 mientras en lugares con muy baja irradiancia se logra llegar a un ILR de hasta 1.4. En el caso de esta instalación FV para la potencia de 26.1 kW se utilizó un ILR de 1 por lo cual el inversor a utilizar debe tener una potencia de:

$$P_{al} = \frac{P_{dc}}{ILR} = \frac{26.1}{1} = 26.1 \cong 25kW$$

Se seleccionó 25kW porque es el valor comercial más cercano. La corriente de ingreso (Isc de 11.53 A), es la que debe resistir el equipo además de la tensión mínima y máxima de los string de paneles FV según la configuración en serie. En base a esto, se seleccionó el siguiente inversor:

Tabla 13: Características del Inversor

	Parámetros	VALOR
Tipo		SOLIS-25K-LV
Input DC	Potencia máxima DC	31.35 kWp
	Tensión MPP	200 – 850 V
	Máxima tensión DC Voc	1100 V
	Máxima intensidad	28.5 A
	Número de MPP Trackers	2
	Máximo número de entradas por strings	6
Output AC	Potencial Nominal	25000 VA
	Potencia Máxima	25000 W
	Corriente nominal de salida AC (Iac nom)	65.6 A
	Tensión a la red	3/PE, 220V
	Frecuencia	50Hz/60 Hz
	Eficiencia Europea	96.50%
	Temperatura ambiente	-25 a 60°C
	Grado de protección	IP65

General	Armónicos	< 3%
	Factor de Potencia	>0.99 (0.8 leading - 0.8lagging)
	Dimensiones	630*700*357
	Peso	mm 63 kg

Fuente: Elaboración propia

El inversor seleccionado esta apto para tolerar la lcc de los paneles FV y esta apto para tolerar la tensión máxima de las cadenas fotovoltaicas.

Dimensionamiento de conductores

Conductor DC

Para el dimensionamiento de conductores calculamos la intensidad máxima, con este valor podemos dimensionar la sección del conductor el cual será apto para soportar el voltaje y corriente máxima.

Selección de cable por capacidad de corriente (ampacidad)

Para los cables de corriente continua la ampacidad debe ser mayor o igual a lcc (corriente de cortocircuito), de la cadena de paneles solares o String. La lcc de acuerdo con tabla 6 es de 11.53 A, por lo tanto, la ampacidad del cable es de 11.53A.

El calentamiento del conductor expuesto a máxima capacidad y trabajo constante no podrá exceder en cualquier instante el calor máximo permisible en los materiales característicos para el aislamiento del conductor. En la data sheet para cables termoplásticos se indica una temperatura de 70°C y para cables termoestables una temperatura de 90°C.

Caída de tensión en cables de corriente continua

El paso de corriente a través de los cables causa una caída de potencia que es llevada por el conductor y una pérdida de voltaje entre los voltajes de inicio y final del conductor de distribución. Esta diferencia de voltaje tiene que ser menor a los límites establecidos por la norma en cada lugar del sistema, con el propósito de optimizar la operatividad de las cargas alimentadas por el conductor.

La caída de tensión para circuitos DC en SFV debe ser 1% y en casos particulares no debe exceder de 3%:

$$S = 2 \cdot \rho \cdot \frac{PL}{U_{dc} \cdot \Delta U_{dc}}$$

Donde:

- S: Área del conductor según caída de voltaje máximo permisible en mm².
- ρ : Resistividad del cable a temperatura de trabajo en $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- P: Potencia en watts (W)
- L: Largo del cable en metros (m)
- ΔU_{dc} : Caída de voltaje máximo permisible en voltios (V)
- U_{dc} : Voltaje nominal (V)

La resistividad del conductor a temperatura de servicio prevista para el conductor se puede obtener de la siguiente tabla 12.

Tabla 14: Resistividad de cable por tipo de material aislante en Ω/mm^2

TIPO	Termoplásticos				Termoestables	
	$\rho 1 20^\circ$	$\sigma 1 20^\circ$	$\rho 1 70^\circ$	$\sigma 1 70^\circ$	$\rho 1 90^\circ$	$\sigma 1 90^\circ$
Cobre	0.018	56	0.021	48	0.023	44
Aluminio	0.029	35	0.033	30	0.036	28

Fuente: Libro de circuitos eléctricos 2019

En un sistema de corriente continua la caída de voltaje para SFV debe ser menor a 1% y, para otros casos, no debe superar el 3%, de acuerdo con tabla 13.

Tabla 15: Tolerancia de caída de voltaje

TRAMO	Máxima Caída de Tensión Admisible	Máxima caída de Tensión Aceptable
Controlador – Baterías	1%	0.5%
Controlador – Inversor	1%	0.5%
Controlador – Carga D.C.	3%	1.5%
Inverter – Carga C.A.	3%	1.5%
Controlador - Fuente	3%	1.5%

Fuente: Libro de circuitos eléctricos 2019

Entonces procederemos a calcular el área del cable teniendo en consideración que el tramo el techo solar hasta el inversor es de 50 metros.

Se calcula la sección para los string de 14 módulos:

$$S = 2 \times 0.0118 \times \frac{(14 \times 450) \times 50}{(14 \times 41)^8 \times (1\%)} = 3.44 \text{ mm}^2$$

Se calcula la sección para el String de 15 módulos:

$$S = 2 \times 0.0118 \times \frac{(15 \times 450) \times 50}{(15 \times 41)^8 \times (1\%)} = 3.21 \text{ mm}^2$$

De acuerdo con los resultados obtenidos la sección del cable debe estar por encima de los 3.44 mm^2 , este se describe en la tabla 11.

Cableado AC

Se deben tomar los siguientes criterios para la selección del cable adecuado para el circuito de corriente alterna:

Selección de cable por ampacidad

Dada por la siguiente ecuación:

$$\text{En circuito trifásico } \mathbf{In} = \frac{W}{\sqrt{3} \times V_{f-f} \times FP}$$

Donde:

- In: Corriente nominal (A)
- W: Potencia eléctrica total del sistema (W)
- Vf-f: Voltaje entre fases (V)
- FP: Factor de potencia

Una vez calculada la corriente de cada uno de los circuitos se confirmará el calibre del conductor por medio de la tabla dada por el fabricante donde se indica la corriente admisible de cada uno de los calibres de los conductores, tomando en cuenta que se debe elegir el calibre con el mismo valor de corriente que se necesita o mayor.

En este caso el sistema es trifásico de 220V, por lo que se tiene:

$$\mathbf{In} = \frac{25000}{\sqrt{3} \times 220 \times 1} = \mathbf{63.61A}$$

Por lo tanto, la corriente nominal del conductor debe ser superior a 63.61 Amperios

Cálculo por caída de tensión

Al seleccionar el cable por ampacidad, debemos verificar que cumpla con la caída de voltaje máximo permitido, el cual debe ser < 5%.

Para circuitos trifásicos se tiene:

$$S = c \cdot \sqrt{3} \cdot \rho \cdot \frac{PL}{U_{dc} \times \Delta U_{dc}}$$

Donde:

- P: Potencia en watts (W)
- ΔU_{dc} : Caída de voltaje (V)
- U_{dc} : Voltaje
- L: distancia del recorrido (m)
- C: Aumento de resistencia en AC (opcional C=1.02)

Por último, si el cable seleccionado por ampacidad no cumple con la caída de tensión requerida, deberemos retomar y hacer el cálculo por caída de tensión, hasta cumplir con el valor de caída de tensión requerida.

En base a lo mencionado y datos obtenidos en tablas 8, 9 y 10 obteniendo el siguiente resultado:

$$S = 1.02 \times \sqrt{3 \times 0.018} \times \frac{12500 \times 30}{380^2 \times 1\%}$$

$$S = 8.26 \text{ mm}^2$$

Tabla 16: Conductores y características

PANELES A INVERSOR	
Estilo de conductor:	Cable fotovoltaico H1Z2Z1-K
Área del cable:	6 mm ²
Cantidad por lazo:	2 por string. Rojo y Negro
Voltaje de funcionamiento	1.5kV
Tipo de aislamiento de los conductores	XLPE - Libre de halógeno
Capacidad de corriente en aire a 30°C	55 A
INVERSOR A TABLERO AC	
Estilo de conductor:	LSOH-80
Área del cable:	16 mm ²
Cantidad por lazo:	3F + N
Voltaje de funcionamiento	0.45/0.75 kV
Tipo de aislamiento de los conductores	Termoplástico libre de halógeno (HFFR)
Número de circuitos:	1
Cantidad de corriente al aire 30°C	99 A
Cantidad de corriente en ducto a 30°C	68 A
TABLERO AC A TABLERO GENERAL	
Estilo de conductor:	LSOH-80
Área del cable:	16 mm ²
Cantidad por circuito:	3F + N
Voltaje de funcionamiento	0.45/0.75 kV
Tipo de aislamiento de los conductores	Termoplástico libre de halógeno (HFFR)
Cantidad de circuitos:	1
Cantidad de corriente al aire 30°C	99 A
Cantidad de corriente en ducto a 30°C	68 A

V. DISCUSIÓN

En la presente investigación como objetivo específico número uno tenemos: Determinar la demanda de energía eléctrica para el campamento de la Central Hidroeléctrica Quitaracsa – Ancash.

López (2017), indica que con la evaluación para un diseño de un sistema fotovoltaico, se debe determinar la demanda de energía eléctrica para abastecer un edificio de varios usos, se necesitó observar la cantidad de equipos eléctricos instalados, la irradiancia y radiación de la energía solar que incide en ese punto, las horas punta fotovoltaicas y la potencia pico de cada módulo, basado en esto se obtuvo como resultados una demanda máxima de 14 kW, para un cálculo de 58 paneles solares, la cantidad de baterías a usar y demás componentes del sistema.

Por otro lado, Venegas y Ramos (2019), indican que la evaluación actual en cuanto al consumo de energía, determinando la máxima demanda, el factor de carga y la energía consumida. Las cargas eléctricas que están instaladas en el campamento destaca el horario promedio de uso por día; determinando la energía que se requiere en un día que es 8.8 kWh, y la potencia instalada 305 watt.

Abad y Flores (2016), indican que realizaron el dimensionamiento de un sistema Fotovoltaico con conexión a red en el edificio de la escuela de Ingeniería en Energía, con el fin de disminuir el consumo de energía eléctrica que abastece la empresa Hidrandina SAC. Así mismo ellos determinaron una demanda de consumo de energía eléctrica del edificio de 131.1 kWh/día con una potencia de equipos instalada de 26.7 kW, con lo cual se utilizó 138 módulos solares, constituidos en 6 ramales en paralelo y cada ramal conformado por 23 módulos en serie.

Por lo tanto, mediante la obtención de datos de la demanda de energía eléctrica podemos concluir que se ha cumplido con el primer objetivo para el dimensionamiento de nuestro sistema fotovoltaico hay coincidencia en los instrumentos usados para el mismo objetivo.

El objetivo específico número dos tenemos: Determinar los requerimientos necesarios para dimensionar un SFV para el campamento de la Central Hidroeléctrica Quitaracsa – Ancash.

Para este objetivo tenemos como indicador principal la radiación solar e irradiancia por lo tanto, frente a ello tenemos el estudio de Chambi (2018), dentro del contexto nacional; por lo tanto, su perspectiva en investigar en la ciudad de Arequipa la radiación solar global y radiación UV, del cual él tiene por objetivo en observar y examinar la energía solar, propagación mundial y emisión ultravioleta, se empleó como metodología el estudio de investigación de la propagación del sol; a través de imperfecciones ocasionados por el sol, también se consideró la radiación global y la radiación ultravioleta donde las manchas de las radiaciones del sol, son captadas satelitalmente y anunciadas mediante la web.

Flores y Domínguez (2019), a través de su artículo científico titulado como Medición de la eficiencia energética de los paneles solares de silicio, al respecto este estudio, se trata de un estudio analítico donde evalúa la comprobación de la eficacia activa de los paneles solares, se trató metodológicamente de un estudio descriptivo aplicando criterios de la mecánica, por lo tanto concluye que, la energía eléctrica si varía notablemente en la radiación; por tanto es el elemento que establece la potencia generada dado que el voltaje permanece casi constante.

Por otro lado, Ramos y Luna (2018), indican que mediante el diseño del sistema fotovoltaico se puede determinar: los kWh generados en el año, teniendo en cuenta las pérdidas ocasionadas por polución equivalentes a un 3%, con lo cual se determina la eficiencia anual del sistema. Para el cálculo del número de paneles fotovoltaicos se basa en la potencia instalada del sistema, con lo cual se obtiene lo adecuado para cubrir la demanda eléctrica.

También indica que el inversor es el elemento que permite la conversión de la corriente continua obtenida del sistema fotovoltaico a corriente alterna que es la que se necesita como suministro en el edificio estudiado. De las características del sistema depende la elección correcta del inversor el cual debe soportar los

voltajes t corrientes máximas de los módulos del sistema. Por último, indica que un estudio adecuado de sombras permite determinar la eficiencia esperada del sistema la cual pueda absorber al máximo la energía solar, también recalca que la parte fundamental de su proyecto es la irradiancia por lo cual su estudio es fundamental para el desarrollo del proyecto, indicando que recolectara información que venga del servicio meteorológico nacional.

En conclusión, indican que su proyecto será un sistema integrado a la red, para lo cual requieren estar cercanos al punto de llegada de la red eléctrica y del transformador de distribución, ya que el proyecto es desarrollado en la universidad, los días de asueto y fines de semana el sistema generaría energía no utilizada lo cual sería aprovechada como inyección a red disminuyendo la facturación de energía a favor de la universidad.

Por lo tanto, para este segundo objetivo específico podemos determinar que coincide en estudios de radiación e irradiancia como requerimientos para dimensionar el sistema, además de la selección de componentes como paneles e inversores para un tipo de sistema conectado a red que es el más adecuado y recomendado en este tipo de zonas por lo cual facilita el dimensionamiento e implementación del sistema en nuestro campamento.

El tercer objetivo específico fue: Evaluar cuál es el costo, beneficio de la implementación del sistema fotovoltaico para la generación de energía eléctrica de suministro para el campamento de la central Hidroeléctrica Quitaraca – Ancash

Tenemos que Abad y Flores (2016), indican en su evaluación técnica económica, el planteamiento de montaje e instalación del sistema fotovoltaico con una inversión de aproximadamente 46 mil dólares, un ahorro anual de 14000 dólares por dejar de usar un grupo electrógeno (uso de combustible), así mismo contempla una inversión anual de 900 dólares para mantenimiento del sistema, se contempla un periodo de renovación y duración de equipos de 25 años. Como indicadores de rentabilidad tiene una tasa de interés de mercado de 12% y un VAN > a 0.

Por lo tanto, para este objetivo se concluye que en la actualidad con el mayor auge de energías renovables los proyectos son viables, los datos obtenidos en los antecedentes concuerdan con el objetivo, para nuestro proyecto esperamos un retorno de inversión al noveno año contemplando los precios de kWh de la empresa concesionaria y los incrementos de costo por año de 3%, en el presente proyecto no se consideró gastos por mantenimiento ya que la empresa cuenta con personal de mantenimiento propio el cual se encargara de mantener el sistema operativo y eficiente.

Como objetivo general se tiene el Dimensionamiento de un SFV para suministro de energía eléctrica del campamento de la Central Hidroeléctrica Quitaracsa la presente Investigación se basa en la generación de energía fotovoltaica para el campamento de la Central Hidroeléctrica Quitaracsa, la cual tenía como suministro principal la concesionaria Hidrandina S.A. perteneciente al SEIN la cual tiene como principales fuentes de generación las centrales térmicas las cual emiten gases de efecto invernadero, para nuestro caso se realiza el dimensionamiento de un Sistema fotovoltaico hibrido el cual aprovecha durante el día la energía del sol para generar energía eléctrica y por las noches el suministro eléctrico es de la red comercial de Hidrandina. Para nuestro tema de estudio hemos tomado datos exclusivos de la Central Hidroeléctrica Quitaracsa. La evaluación de costo se tuvo en base a los recibos mensuales de la empresa concesionaria versus lo generado por el Sistema fotovoltaico esperando obtener una reducción mínima del 25% por lo cual es viable para la empresa Engie Energía Perú S.A.

VI. CONCLUSIONES

1. Para las instalaciones del campamento de acuerdo con los datos de demanda eléctrica se obtiene un consumo máximo de 13312 kWh por lo cual se sobredimensiona un sistema on grid de 26 kWp pensando a futuro se dé una resolución a favor de comercializar la inyección excedente del sistema a red, por el momento se a evaluado en base a la energía activa total.
2. El nivel de irradiación en el año según software PVSyst es de 2225 kWh/m² lo cual concuerda con el rango de 2300 a 2400 kWh/m² indicado por Meeonorm para la zona de Ancash. Para el dimensionamiento del sistema se calcula 58 paneles de 450 Wp, un inversor de 25 kW en corriente alterna y 26 kW para corriente continua del sistema, además de un Smart control el cual regula la inyección cero del sistema por lo cual todo lo generado por el sistema es para el campamento de la Central Hidroeléctrica Quitaracsa, hasta que se regule la inyección de excedente a red.
3. La evaluación de costo beneficio indica un retorno de la inversión al noveno año considerando los costos de energía y precio del kWh dado por la empresa concesionaria Hidrandina S.A. por lo cual se considera viable considerando un ahorro mensual del 25% del precio actual de energía mensual.
4. La empresa Engie Energía Perú S.A. propietaria de la Central Hidroeléctrica Quitaracsa tiene un Capex de inversión de 42 mil dólares para la implementación de un sistema fotovoltaico, teniendo como objetivo primordial al 2030 ser una empresa carbono neutral contribuyendo al objetivo de desarrollo sostenible.

VII. RECOMENDACIONES

Para aumentar la precisión y fiabilidad del valor de radiación solar utilizado encontramos dos recomendaciones, la primera de las cuales es experimental, que consiste en utilizar un medidor solar para tomar datos en la zona de estudio en

diferentes períodos y tiempos y otro tipo descriptivo, el cual consta en adquirir valores de una estación meteorológica ubicada en el área de investigación.

Para elevar la fiabilidad de los estándares técnicos y económicos utilizados en el dimensionamiento y selección de todos los componentes del sistema fotovoltaico se recomienda evaluar el tipo de clima del área de estudio y el tipo de células de los paneles fotovoltaicos directamente vinculados a la eficiencia del trabajo, por otro lado, se recomienda elegir un voltaje de sistema más alto para evitar corrientes elevadas y selección de conductores calibre exagerado.

Para establecer la rentabilidad económica del proyecto se pide evaluar si la empresa que se favorecerá con el sistema fotovoltaico contando con personal técnico apto para realizar actividades de mantenimiento preventivo y correctivo a los equipos del SFV, puesto que en caso no se cuente con dicha mano de obra calificada, se deberán considerar los costos por mantenimiento en la inversión total del proyecto.

REFERENCIAS

- Alvarado, J. (2018). *Planeamiento estratégico de las industrias de energías renovables*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Alva Silva, J. Z. (2016). "Estudio De Factibilidad De Un Sistema Fotovoltaico Para El Suministro De Energía Eléctrica En El Caserío De Vigaspampa, Celendín, Cajamarca". Cajamarca.
- Arencibia, G. (2018). La importancia del uso de los paneles solares en la generación de la energía eléctrica. (R. e. veterinaria, Ed.) *REDVET*, 17(6), 45-60.
- Ávila, S. (2017). Propuesta de diseño de un sistema de energía solar voltaica. Caso de aplicación en la ciudad de Bogotá. *Científica*, 3-4.
- Auto Solar. (2019). Obtenido de Controlador SmartSolar MPPT 150V 70A VICTRON: <https://autosolar.pe/controladores-de-carga-mppt/controlador-smartsolar-mppt-150v-70a-victron>
- BATALLA, et al. *Análisis de sensibilidad de sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica: Caso de estudio en Guerrero, México*. *Ingeniería Investigación y Tecnología*. 2017, Vol. 18, N° 03, pp. 209 -305. Disponible en (BATALLA, 2017):
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432017000300293
- BRAVO, D. *Energy, and sustainable development in Cuba*. cen. Az. 2015, Vol. 42, N°.04. pp.14-25. Disponible en:
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2223-%2048612015000400002&lng=es&nrm=iso&tlng=en%20ISSN:%200253-5777
- Cabezas, Franco y Fasoli. (abril de 2018). Diseño y Evaluación de un panel solar fotovoltaico y térmico para poblaciones dispersas en regiones de gran amplitud térmica. (Ingeniería, Ed.) *Scielo*, 19(2), 2-3.
- Chakraborty, Sadhu, y Pal. (2015). *Technical mapping of solar PV for ISM-an approach toward green campus*. India: *Energy Science and Engineering*. Obtenido de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/ese3.65>
- Chambi, L. (2018). *Estudio y Análisis de la actividad solar, radiación solar global y radiación UV en la ciudad de Arequipa*. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Recuperado el 12 de Setiembre de 2022, de

<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/7602/FSMchlavn.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Cieza, J. (2017). *Dimensionamiento de un sistema Fotovoltaico para las instalaciones eléctricas de alumbrado en el Hostal Lancelot, Chiclayo*. Chiclayo - Perú: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Direnergy. (14 de noviembre de 2020). *Controlador de carga PWM y MPPT*. Recuperado el 06 de noviembre de 2021, de Direnergy: <https://www.direnergy.net/index.php/blog/cargador-bateria-solar-pwm-mppt/>
- Editores. (2018). Obtenido de Inversores de corriente para sistemas fotovoltaicos: http://www.editores-srl.com.ar/revistas/ie/326/estabilizadores_work_inversores_corriente
- EfiMarket. (18 de julio de 2018). *Instalación fotovoltaica*. Recuperado el 03 de octubre de 2021, de EfiMarket.com: <https://www.efimarket.com/blog/string-una-instalacion-fotovoltaica/>
- Eslava y Olaya. (2018). *implementación de un panel solar móvil automatizado para la generación de energía limpia*. Bogotá - Colombia: Universidad Católica de Colombia.
- Fernández y Cervantes. (2017). *Proyecto de diseño e implementación de un sistema fotovoltaico de interconexión a la red eléctrica en la Universidad Tecnológica de Altamira*. Altamira - México: CIMAV.
- Flores y Domínguez. (2019). medición de la eficiencia energética de los paneles solares de silicio. (CIMAV, Ed.) *CIMAV, IV* (4), 3-4.
- Flores, E. (2019). *Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica en el distrito de Julcán*. Lima - Perú: Universidad Cesar Vallejo.
- Flores, J. (2018). implementación de energía fotovoltaica. (CIENCIAS, Ed.) *SCIELO*, 3-4.
- Frías, T. (2020). Colector térmica fotovoltaico interconectado a la red. *CIMAV, III*, 3-4. Recuperado el 13 de setiembre de 2022, de <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/447/1/Tesis%20Teresa%20Yadira%20Fr%C3%ADas%20Mart%C3%ADnez.pdf>
- Gallego, Sánchez y Casas. (2017). Impacto de la implantación de paneles fotovoltaicos en el sistema eléctrico Cayo Santa María. (ISSN, Ed.) *Scielo*, 38(02), 2-3. Recuperado el 12 de Octubre de 2022, de

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59012017000200002

Ganoza, P. (2019). Generación de energía limpia. *IBERDROLA*, 3-4.

Gonzales y Vilca. (2019). Ventajas de contar con energía limpia en la población de Zaragoza - España. (W. site, Ed.) *Web site*, II (2), 6-7.

Kumari, Sai y Babu. (2012). *Design and Analysis of P y O and IP y O MPPT Techniques for Photovoltaic System*. Artículo. Obtenido de: https://www.researchgate.net/publication/271198792_Design_and_Analysis_of_PO_and_IPO_MPPT_Techniques_for_Photovoltaic_System

Menéndez, H & Vilariño, J. *Análisis estadístico del índice de relación de comportamiento del sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica* Tecnología Química, 2017, Vol.37, N° 02, pp. 251-266. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2224-61852017000200005

Mosqueira Llovera, A. (2021). *Estudio para suministrar de energía eléctrica mediante energía solar fotovoltaica a la institución educativa Rafael Loayza Guevara*, Cajamarca, interconectado a la red. Chiclayo: UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/60668/Mosqueira_LADSD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ordoñez Rosales, P. (2020). *Diseño e implementación de sistemas fotovoltaicos en locales comunales, como respaldo energético, ante el corte del suministro eléctrico*, Provincia de Huarochirí. Lima: UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA. Obtenido de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4709/ordonez-rosalespaul-dario.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Peña la Torre y Nevado Talledo. (2019). *Desarrollo de un sistema de control que hace el seguimiento del máximo punto de potencia en paneles solares aplicado a sistemas de generación fotovoltaica*. Lima: Universidad de Ciencias Aplicadas.

Peña y Nevado. (2019). *Desarrollo de un sistema de control que hace seguimiento al máximo punto de potencia en paneles solares aplicados a sistema de generación Fotovoltaica*. Lima - Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

- Pérez Pereda, Jackson Alirio; Vides Herrera, Carlos Arturo y Torres Chávez, Ivaldo. *The implementation of an On-Grid photovoltaic system on a controlled two-axes structure, for the promotion of non- conventional sources of energy* at Gonzalo Jiménez Navas school in Florida Blanca-Santander, Colombia. *Revista de Investigación*. 2017, Vol.41, N°.92, pp. 56-73. ISSN 1010-2914. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S101029142017000300004&lng=es&nrm=iso&tlng=en
- Robles Algarín, C., & Rodríguez Álvarez, O. (2018). *An overview of the renewable energy in the World, Latin America, and Colombia*. *Revista Espacios*, 39(34), 10. <https://www.revistaespacios.com/a18v39n34/18393410.html>
- Rodríguez, F. (2019). Influencia de la radiación solar en la salud de las personas en la ciudad de Moquegua 2019. *Web site, III* (4), 6-8.
- Rodríguez Fernández, A. (2022). *Diseño de un plan de implantación progresiva de instalaciones fotovoltaicas en las cubiertas del Campus de Vera de la Universidad Politécnica de València*. Universidad Politécnica de Valencia. <http://hdl.handle.net/10251/187457>
- Rodríguez, S. (2018). *implementación de los paneles solares y sus componentes*. Trujillo - Perú: Universidad Privada Cesar Vallejo.
- Salamanca, S. (2017). Propuesta de diseño de un sistema de energía solar fotovoltaica, caso de aplicación en la ciudad de Bogotá. (R. científica, Ed.) *CIDC*, 30(3), 6-7.
- Salazar y Pichardo. (2017). La energía solar una alternativa para la generación de energía renovable. *Revista de investigación y Desarrollo*, II (2), 511-20. Recuperado el 13 de Octubre de 2022, de https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Investigacion_y_Desarrollo/vol2num5/Revista_de_Investigaci%C3%B3n_y_Desarrollo_V2_N5_2.pdf
- Saldaña, M. (2018). *Efecto Eléctrico*. Lima -Perú: ECURED.
- Sánchez, Rivera y Vera. (2021). *La sostenibilidad energética con paneles solares y su relación económico social en la incertidumbre para el desarrollo regional de México* (Vol. 21). México: Inquietud. Recuperado el 12 de Setiembre de 2022, de https://revistas.uptc.edu.co/index.php/inquietud_empresarial/article/view/12182/11200

SUNFIELDS, (2019). Obtenido de Radiación Solar (La energía del sol):
<https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/energia-fotovoltaica-radiacion-geometria-recorrido-optico-irradiancia-y-hsp/>

Vargas, Gil y Diaz. (2019). Aprovechamiento de energía solar para área académica de la escuela de aviación policial. (Investigación, Ed.) *Logos, Ciencia y Tecnología, II* (2), 46-59. Recuperado el 15 de octubre de 2022, de <file:///G:/2422-4200-logos-11-02-46.pdf>

ANEXOS

Anexo 1: Operacionalización de variables

Variables de estudio	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de Medición
Variable Independiente: Sistema fotovoltaico	Un sistema fotovoltaico es un conjunto de dispositivos que producen energía eléctrica a partir de la radiación solar. El principal factor de este sistema es el modulo fotovoltaico, a su vez compuesto por células capaces de transformar la energía luminosa incidentes en energía eléctrica de corriente continua. El resto de equipos incluido en un sistema fotovoltaico depende en gran medida de la aplicación a la que esta destinado (Perpiñán, 2015).	La energía solar fotovoltaica transforma de manera directa la luz solar en energía eléctrica empleando una tecnología basada en el efecto fotovoltaico (Acciona 2022)	Luz solar	Irradiancia incidente	Razón
				Orientación y Angulo de inclinación	
				Coordenadas geográfica	
			Energía eléctrica fotovoltaica	Eficiencia del panel	
Variable dependiente: Energía eléctrica	Equipos y materiales para el suministro de energía eléctrica en forma segura y que llega hasta el punto de entrega (MINEM DEG 031, 2003, p.3)	energía eléctrica representa la cantidad total de energía que se consumió, produjo o trasladó durante un determinado periodo, por lo que su unidad de medida es (W-h) (Diaz 2017).	Energía eléctrica	Energía activa en hora punta	
				Energía activa fuera de punta	

Anexo 2: Reporte software PVsyst



Version 7.2.0

PVsyst - Simulation report

Grid-Connected System

Project: SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICO QUITARACSA

Variant: Nueva variante de simulación

No 3D scene defined, no shadings

System power: 27.00 kWp

QUITARACSA - Peru



Project: SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICO QUITARACSA

Variant: Nueva variante de simulación

PVsyst V7.2.0

VC0, Simulation

20/06/23 10:20

Project summary

Geographical Site QUITARACSA Peru	Situation Latitude -8.81 °S Longitude -77.85 °W Altitude 1443 m Time zone UTC-5	Project settings Albedo 0.20
Meteo data QUITARACSA NREL NSRDB Typ. Met. Year PSMv3_1998 to 2016 - TMY		

System summary

Grid-Connected System	No 3D scene defined, no shadings	
PV Field Orientation Fixed planes 2 orientations Tilts/azimuths 12 / 80 ° 12 / -100 °	Near Shadings No Shadings	User's needs Unlimited load (grid)
System information PV Array Nb. of modules 60 units Pnom total 27.00 kWp	Inverters Nb. of units 1 Unit Pnom total 25.00 kWac Pnom ratio 1.080	

Results summary

Produced Energy 48.06 MWh/year	Specific production 1780 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR 80.87 %
--------------------------------	---------------------------------------	------------------------

Table of contents

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Main results	4
Loss diagram	5
Special graphs	6



Project: SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICO QUITARACSA

Variant: Nueva variante de simulación

PVsyst V7.2.0
VCO, Simulation
20/06/23 10:20

General parameters

Grid-Connected System	No 3D scene defined, no shadings		
PV Field Orientation			
Orientation		Sheds configuration	Models used
Fixed planes	2 orientations	No 3D scene defined	Transposition
Tilts/azimuths	12 / 80 °		Diffuse
	12 / -100 °		Circumsolar
			Imported separate
Horizon		Near Shadings	User's needs
Free Horizon		No Shadings	Unlimited load (grid)

PV Array Characteristics

PV module		Inverter	
Manufacturer	Trina Solar	Manufacturer	Solis
Model	TSM-DE17M-(II)-450	Model	SOLIS 25K-LV
(Custom parameters definition)		(Custom parameters definition)	
Unit Nom. Power	450 Wp	Unit Nom. Power	25.0 kWac
Number of PV modules	60 units	Number of inverters	1 Unit
Nominal (STC)	27.00 kWp	Total power	25.0 kWac
Modules	4 Strings x 15 In series	Operating voltage	200-850 V
At operating cond. (50°C)		Prom ratio (DC:AC)	1.08
Pmpp	24.57 kWp		
U mpp	560 V		
I mpp	44 A		
Total PV power		Total inverter power	
Nominal (STC)	27 kWp	Total power	25 kWac
Total	60 modules	Nb. of inverters	1 Unit
Module area	131 m ²	Prom ratio	1.08
Cell area	105 m ²		

Array losses

Array Soiling Losses		Thermal Loss factor		DC wiring losses				
Loss Fraction	2.0 %	Module temperature according to irradiance		Global array res.	211 mΩ			
		Uc (const)	20.0 W/m ² K	Loss Fraction	1.5 % at STC			
		Uv (wind)	0.0 W/m ² Km/s					
LID - Light Induced Degradation		Module Quality Loss		Module mismatch losses				
Loss Fraction	2.0 %	Loss Fraction	-0.5 %	Loss Fraction	2.0 % at MPP			
Strings Mismatch loss								
Loss Fraction	0.1 %							
IAM loss factor								
Incidence effect (IAM): Fresnel AR coating, n(glass)=1.526, n(AR)=1.290								
0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.999	0.987	0.962	0.892	0.816	0.681	0.440	0.000

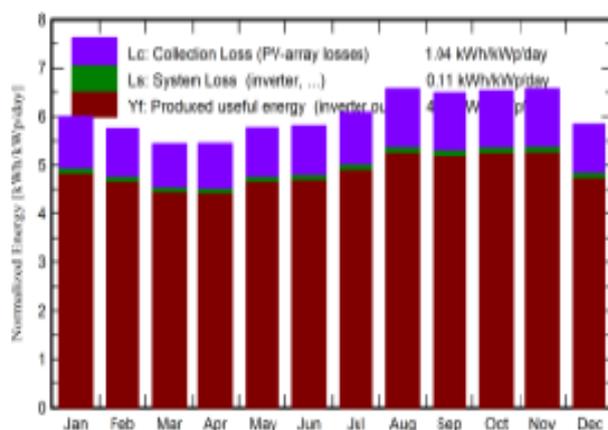
Main results

System Production

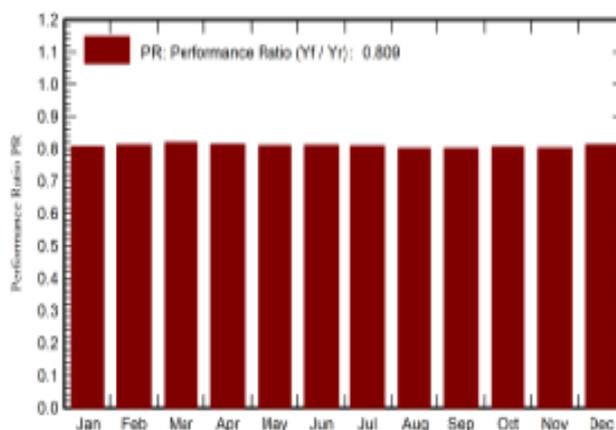
Produced Energy 48.06 MWh/year
 20/06/23 10:20

Specific production 1780 kWh/kWp/year
 Performance Ratio PR 80.87 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR ratio
January	188.1	79.73	18.56	188.0	178.2	4.147	4.053	0.807
February	163.2	75.70	17.63	161.1	154.5	3.618	3.535	0.813
March	170.8	85.51	18.00	168.7	161.6	3.818	3.731	0.819
April	165.3	65.37	18.61	163.5	156.5	3.679	3.585	0.814
May	180.5	47.11	19.02	178.8	170.9	4.003	3.913	0.811
June	176.0	33.84	17.66	174.3	166.1	3.905	3.818	0.811
July	190.6	32.28	17.84	188.7	180.2	4.214	4.121	0.809
August	206.1	40.65	18.95	204.0	195.6	4.511	4.412	0.801
September	196.8	58.28	19.37	194.8	187.2	4.315	4.219	0.802
October	204.5	72.42	18.87	202.7	194.9	4.510	4.409	0.806
November	199.6	70.37	18.81	197.3	189.6	4.377	4.279	0.803
December	183.2	86.98	17.92	181.2	173.5	4.071	3.979	0.813
Year	2224.8	748.25	18.44	2201.2	2108.8	49.169	48.062	0.809

Legends

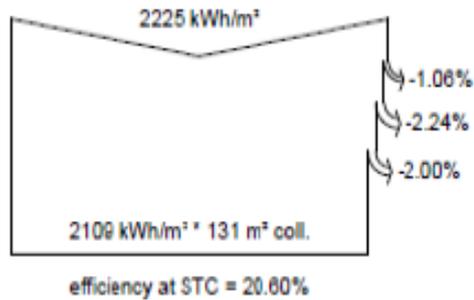
GlobHor	Global horizontal irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	E_Grid	Energy injected into grid
T_Amb	Ambient Temperature	PR	Performance Ratio
GlobInc	Global incident in coll. plane		
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings		



Project: SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICO QUITARACSA

Variant: Nueva variante de simulación

Loss diagram



Global horizontal irradiation

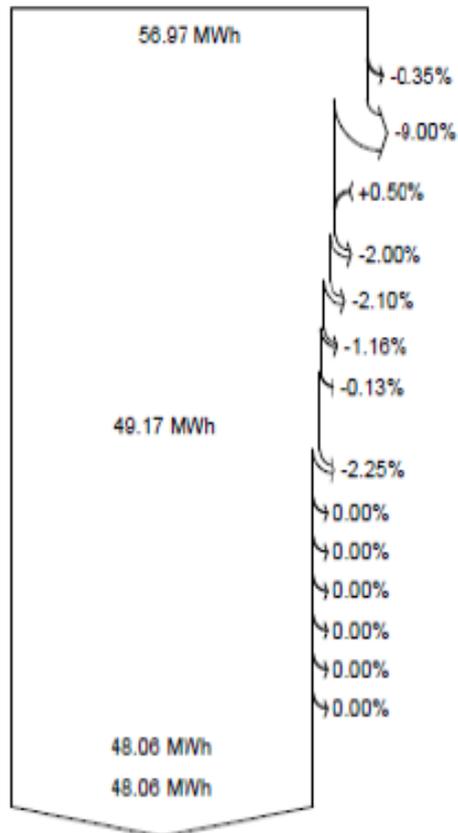
Global incident in coll. plane

IAM factor on global

Soling loss factor

Effective irradiation on collectors

PV conversion



Array nominal energy (at STC effc.)

PV loss due to irradiance level

PV loss due to temperature

Module quality loss

LID - Light induced degradation

Mismatch loss, modules and strings

Ohmic wiring loss

Mixed orientation mismatch loss

Array virtual energy at MPP

Inverter Loss during operation (efficiency)

Inverter Loss over nominal inv. power

Inverter Loss due to max. input current

Inverter Loss over nominal inv. voltage

Inverter Loss due to power threshold

Inverter Loss due to voltage threshold

Night consumption

Available Energy at Inverter Output

Energy injected into grid



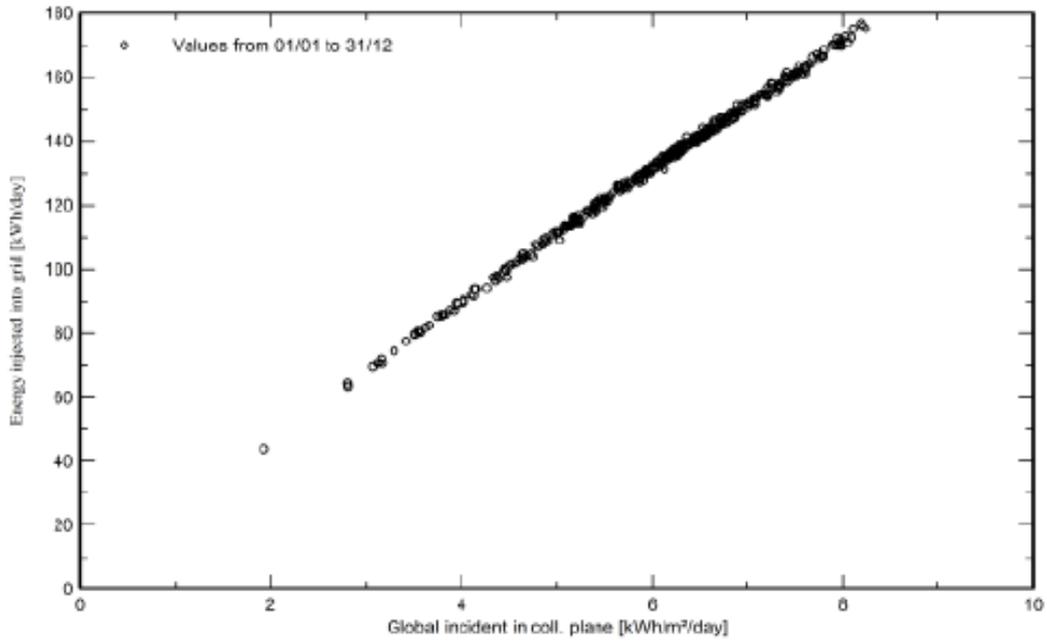
PVsyst V7.2.0
20/06/23 10:20

Project: SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICO QUITARACSA

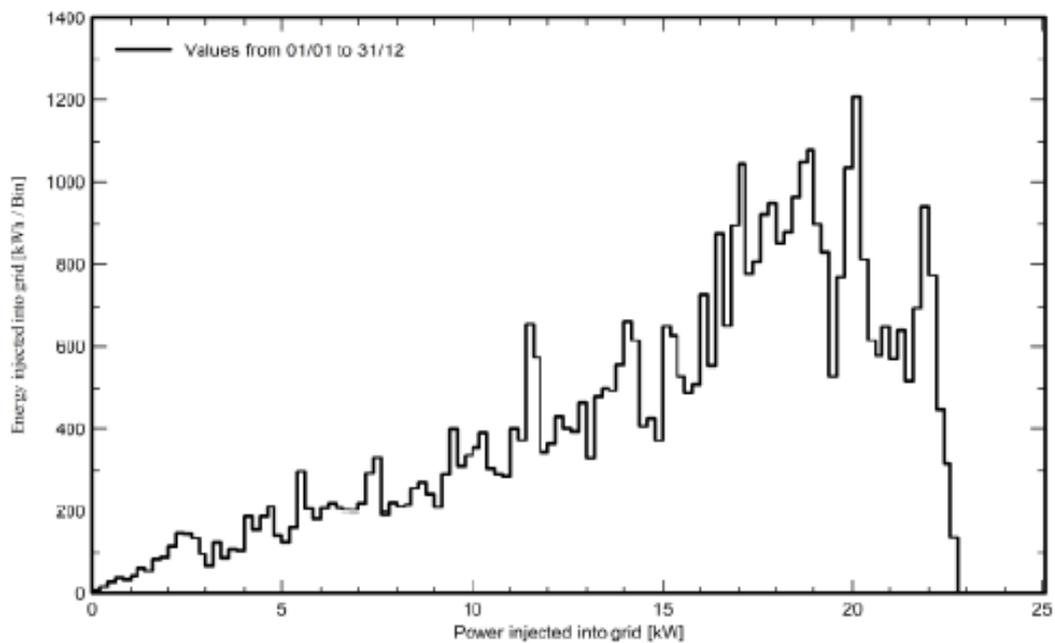
Variant: Nueva variante de simulación

Special graphs

Diagrama entrada/salida diaria



Distribución de potencia de salida del sistema

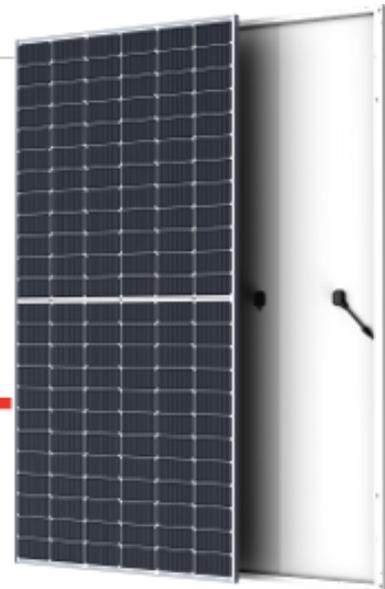


Anexo 3: Características del panel solar

Mono Multi Solutions

THE TALLMAX^M

FRAMED 144 LAYOUT MODULE



144 LAYOUT
MONOCRYSTALLINE MODULE

435-460W
POWER OUTPUT RANGE

21.0%
MAXIMUM EFFICIENCY

0~+5W
POSITIVE POWER TOLERANCE

PRODUCTS | POWER RANGE
TSM-DE17M(I) | 435-460W

Founded in 1997, Trina Solar is the world's leading total solution provider for solar energy. With local presence around the globe, Trina Solar is able to provide exceptional service to each customer in each market and deliver our innovative, reliable products with the backing of Trina as a strong, bankable brand. Trina Solar now distributes its PV products to over 100 countries all over the world. We are committed to building strategic, mutually beneficial collaborations with installers, developers, distributors and other partners in driving smart energy together.

Comprehensive Products and System Certificates

IEC61215/IEC61730/IEC61701/IEC62716
ISO 9001: Quality Management System
ISO 14001: Environmental Management System
ISO14064: Greenhouse Gases Emissions Verification
ISO45001: Occupational Health and Safety Management System



Trinasolar



High power

- Up to 460W front power and 21.0% module efficiency with half-cut and MBB (Multi Busbar) technology bringing more BOS savings
- Lower resistance of half-cut and good reflection effect of MBB ensure high power



High reliability

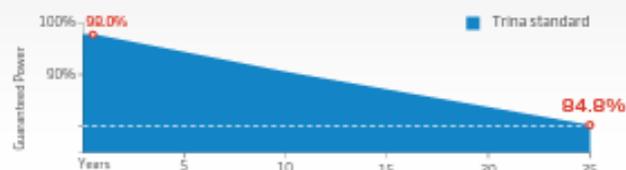
- Ensured PID resistance through cell process and module material control
- Resistant to salt, acid and ammonia
- Mechanical performance: Up to 5400 Pa positive load and 2400 Pa negative load



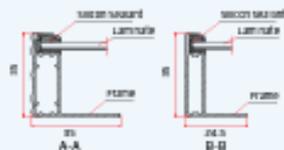
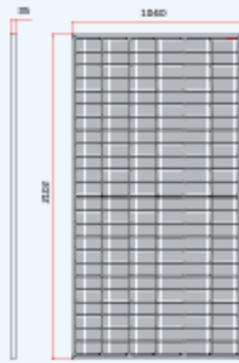
High energy generation

- Excellent IAM and low light performance validated by 3rd party with cell process and module material optimization
- Better anti-shading performance and lower operating temperature

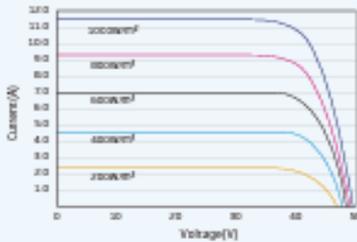
PERFORMANCE WARRANTY



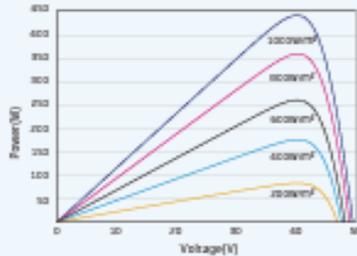
DIMENSIONS OF PV MODULE(mm)



I-V CURVES OF PV MODULE(445W)



P-V CURVES OF PV MODULE(445W)



ELECTRICAL DATA (STC)

Peak Power Watts- P_{max} (Wp)*	435	440	445	450	455	460
Power Tolerance- P_{max} (W)	0 ~ +5					
Maximum Power Voltage- V_{mp} (V)	40.5	40.7	40.8	41.0	41.2	41.3
Maximum Power Current- I_{mp} (A)	10.74	10.82	10.90	10.98	11.06	11.13
Open Circuit Voltage- V_{oc} (V)	49.0	49.2	49.4	49.6	49.8	50.0
Short Circuit Current- I_{sc} (A)	11.31	11.39	11.46	11.53	11.61	11.68
Module Efficiency η (%)	19.9	20.1	20.4	20.6	20.8	21.0

STC: Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5.
*Measuring tolerance: ±3%

ELECTRICAL DATA (NOCT)

Maximum Power- P_{max} (Wp)	328	332	336	340	344	347
Maximum Power Voltage- V_{mp} (V)	38.2	38.4	38.5	38.7	38.9	39.1
Maximum Power Current- I_{mp} (A)	8.60	8.66	8.71	8.77	8.84	8.89
Open Circuit Voltage- V_{oc} (V)	46.1	46.3	46.5	46.6	46.8	47.0
Short Circuit Current- I_{sc} (A)	9.11	9.18	9.24	9.29	9.36	9.41

NOCT: Irradiance at 800W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1m/s.

MECHANICAL DATA

Solar Cells	Monocrystalline
Cell Orientation	144 cells (6 × 24)
Module Dimensions	2102 × 1040 × 35 mm (82.76 × 40.94 × 1.38 inches)
Weight	24.0 kg (52.9lb)
Glass	3.2 mm (0.13 inches), High Transmission, AR Coated Heat Strengthened Glass
Encapsulant Material	EVA/POE
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) Landscape: N 1400 mm /P 1400 mm (55.12/55.12 inches)
Connector	MC4 EVO2 / TS4*

*Please refer to regional datasheet for specified connector.

TEMPERATURE RATINGS

NOCT(Nominal Operating Cell Temperature)	43°C (±2°C)
Temperature Coefficient of P_{max}	-0.34%/°C
Temperature Coefficient of V_{oc}	-0.25%/°C
Temperature Coefficient of I_{sc}	0.04%/°C

(Do not connect Fuse in Combiner Box with two or more strings in parallel connection)

MAXIMUM RATINGS

Operational Temperature	-40 ~ +85 °C
Maximum System Voltage	1500V DC (IEC)
Max Series Fuse Rating	20A

WARRANTY

12 year Product Workmanship Warranty
25 year Power Warranty
2% first year degradation
0.55% Annual Power Attenuation

(Please refer to product warranty for details)

PACKAGING CONFIGURATION

Modules per box: 31 pieces
Modules per 40' container: 682 pieces



CAUTION: READ SAFETY AND INSTALLATION INSTRUCTIONS BEFORE USING THE PRODUCT.

© 2020 Trina Solar Limited. All rights reserved. Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.

Version number: TSM_EN_2020_0

www.trinasolar.com

Anexo 4: Características del Inversor



Solis-(25-30)K-LV

Inversores Solis trifásicos



360 grados

Características:

- ▶ 97% de eficiencia máxima
- ▶ Cumplimiento con UL 1741, IEEE1547
- ▶ Rango de voltaje ultra amplio, voltaje de arranque ultra bajo
- ▶ 2 entradas MPPT, cada corriente nominal de 28.5A, compatible con módulos de alta potencia
- ▶ Interrupción de circuito de falla de arco integrado (AFCI)
- ▶ THDi <3% baja distorsión armónica
- ▶ Antirresonancia, compatible con más de 6 MW en paralelo en un transformador
- ▶ Solución perfecta de monitoreo de sitios comerciales
- ▶ Ventilador redundante inteligente



Modelo:

Solis-25K-LV

Solis-30K-LV

Tabla de datos

Modelo	Solis-25K-LV	Solis-30K-LV
Entrada (CC)		
Voltaje máxima de entrada	1100 V	
Voltaje de nominal	600 V	
Voltaje de arranque	200 V	
Rango de voltaje MPPT	200-850 V	
Corriente máxima de entrada	28.5 A / 28.5 A	
Corriente máxima de cortocircuito	44.5 A / 44.5 A	
Número de MPPT/Número máxima de cadenas de entrada	2/6	
Salida (CA)		
Potencia nominal de salida	25 kW	30 kW
Potencia máxima de salida aparente	25 kVA	30 kVA
Potencia máxima de salida	25 kW	30 kW
Voltaje nominal de la red	3/PE, 220 V	
Frecuencia nominal de la red	60 Hz	
Corriente nominal de salida de red	65.6 A	78.8 A
Corriente máxima de salida	65.6 A	78.8 A
Factor de potencia	>0.99 (0.8 que lleva a 0.8 de retraso)	
THDI	<3%	
Eficiencia		
Eficiencia máxima	97.0%	
Eficiencia EU	96.5%	
Protección		
Protección contra polaridad inversa DC	Sí	
Protección contra cortocircuito	Sí	
Protección de sobrecorriente de salida	Sí	
Monitoreo fallas a tierra	Sí	
Protección contra sobretensiones	Sí	
Monitoreo de red	Sí	
Detección Anti-isla	Sí	
Protección de temperatura	Sí	
Interruptor de CC integrado	Opcional	
Datos generales		
Dimensiones (longitud*ancho*altura)	630*700*357 mm	
Peso	63 kg	
Topología	Sin Transformador	
Consumo propio (noche)	<1 W	
Rango de temperatura de funcionamiento	-25 ~ +60°C	
Humedad relativa	0-100%	
Nivel de protección	TYPE 4X	
Enfriamiento	Ventilador redundante inteligente	
Altitud máxima de funcionamiento	4000 m	
Conformidad	UL 1741, IEEE 1547, UL 1699B, UL 1998, FCC, UL 1741SA	
Características		
Conexión de CC	Conector MC4	
Conexión de CA	Terminal OT	
Pantalla	LCD	
Comunicación	RS485, Opcional: Wi-Fi, GPRS	

Anexo 5: Características Smart Control (EPM Solis)

Solis-EPM-5G

Accessories - Solis Export Power Manager

>> Models:

Solis-EPM1-5G

Solis-EPM3-5G

Solis-EPM3-5G-PRO



360° View



Smart & strong

- Simultaneous control of 60 X Solis inverters
- Realizing reactive compensation of the system, which ensure the power factor of the system is up to standard

Saving & high precision

- Simultaneously monitor the operating data of the 60 X Solis inverter, saving the cost of the monitoring system
- The control accuracy is up to 3%, which improves the system's spontaneous use rate

Friendly & compatible

- Supports simultaneous access of Solis inverters with different powers
- Monitor power generation and load consumption at all times

DATASHEET
Solis-EPM-5G
Models
Solis-EPM1-5G
Solis-EPM3-5G
Solis-EPM3-5G-PRO
Input AC

Rated voltage	1 Φ /PE, 240 V / 208 V	3 Φ /PE, 480 V
Input voltage range	100~300 V (L-N)	175~650 V (L-L)
Input frequency range	45~65 Hz	

Communication

Inverter communication	Modbus	
Communication with inverter	RS485 (Wired)	
Max. communication inverter numbers	30	60 ⁽¹⁾
Max. communication distance	1000 m	
Monitoring	S2-WL-ST/ S3-WFI-ST/ Solis-Cellular (optional)	

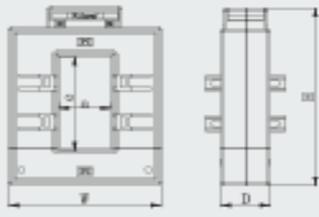
General Data

Ambient temperature	-25 ~ +60°C	
Relative humidity	5%~95%	
Ingress protection	TYPE 4X	
Self-consumption	<5 W	
Dimensions (W*H*D)	364*276*134 mm	
Weight	2.1 kg (without CT, Meter)	
AC connection	Quick connection terminal	
Display	LCD	
Smart meter	No	Yes
CT connection	Plug terminal	
CT specification	Optional (Secondary current is 5A)	

Features

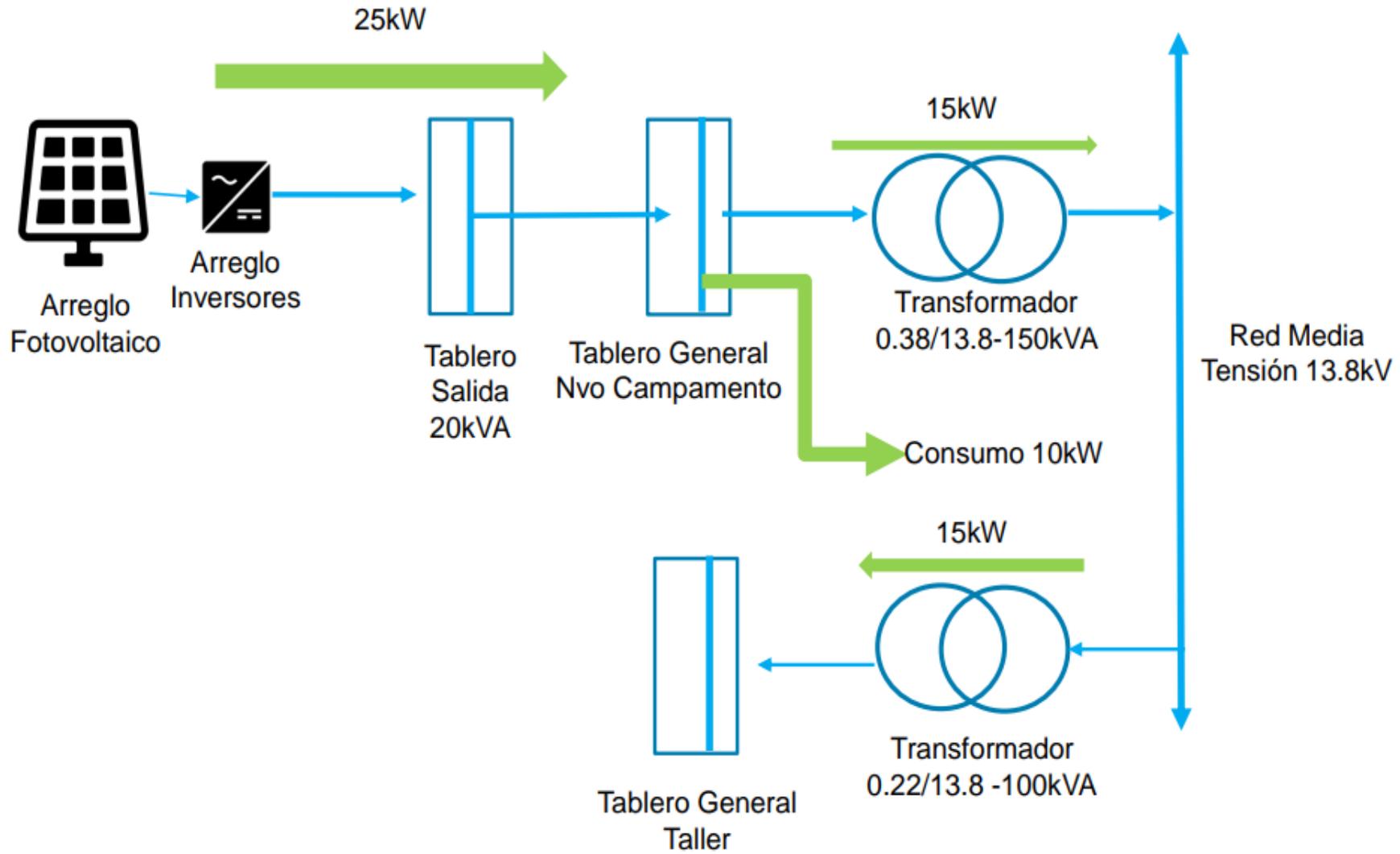
Failsafe function	Yes	
Remote upgraded	Yes	
PF adjustment	No	Yes
Control time	5 s	

CT specification

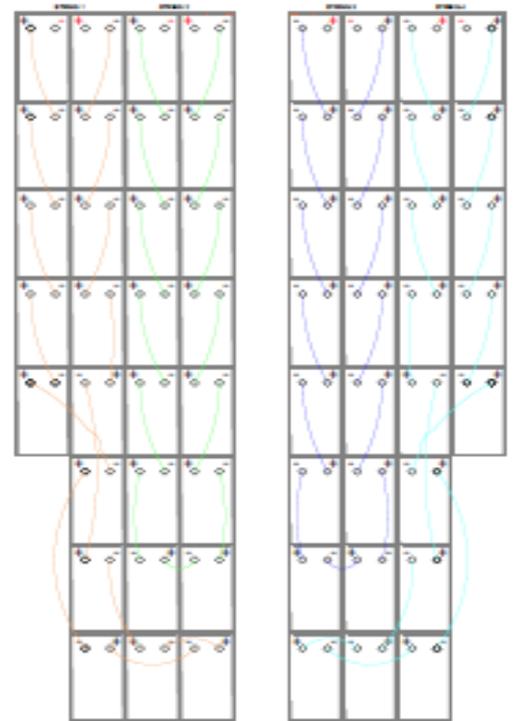
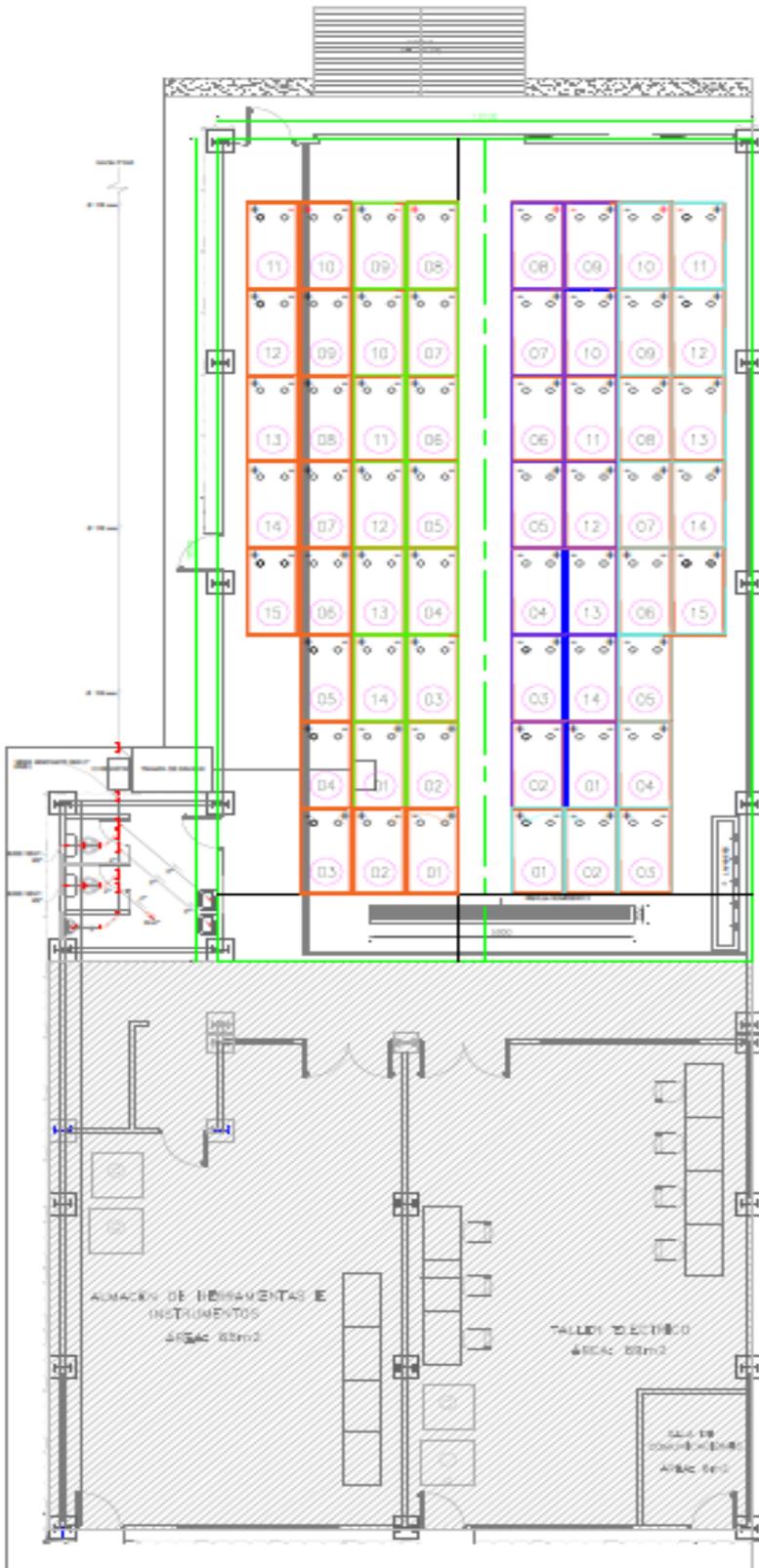
	Specification	Dimensions (mm)			Hole size (mm)		Ratio
		W	H	D	a	e	
	CT-30*20-100 A	90	114	40	22	32	100:5 A
	CT-60*40-300 A	114	140	36	42	62	300:5 A
	CT-80*40-600 A	122	162	40	42	82	600:5 A
	CT-80*40-1000 A	122	162	40	42	82	1000:5 A
	CT-160*80-2000 A	184	254	52	82	162	2000:5 A
	CT-160*80-3000 A	184	254	52	82	162	3000:5 A

(1) The installed capacity of the inverter cannot exceed 5MW.

Anexo 7: Esquema de funcionamiento



Anexo 8: Distribución de los String en techo de taller general en campamento conectados en serie



Anexo 9: Recibos de facturación eléctrica de mayo y diciembre 2021 para análisis de retorno de inversión

Recibo N° S630-16128681

Huallanca/Huaylas

Recibo por Consumo del 01/05/2021 al 31/05/2021

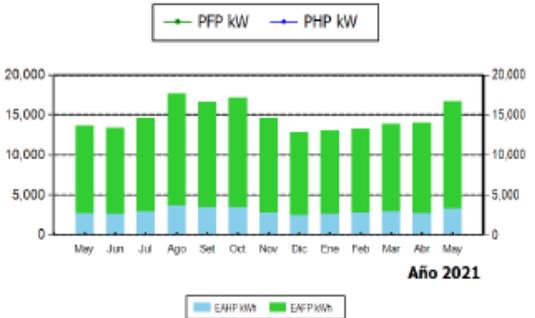
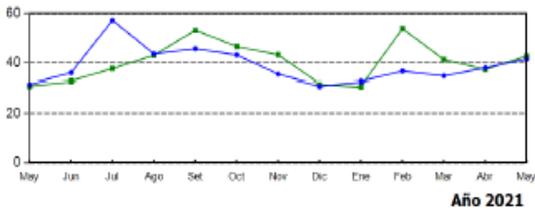
Ciente	ENGIE ENERGIA PERÚ S.A.		
R.U.C.	20333363900		
Dirección	Carr. Carretera Central N° S/N Centro Huallanca - Huallanca / Huaylas / Ancash		
Referencia			
Ruta	242-1658-10		
Tarifa	MT4	Serie Medidor	000000013237228 - Electrón.
Medición	Media Tension	N° Hilos Medidor	4
Tensión y SED	13.8/7.96 kV / E-362559	Modalidad	Potencia Variable
Sist. Eléctrico	SED124 Huallanca (ST4)	Inicio Contrato	21/12/2016
Tipo Suministro	Trifásica-Aérea(C5.1)	Termino Contrato	20/12/2021

Mayo-2021	
CÓDIGO	58754560

Promedio	Máxima Demanda	Potencia Contratada
48.2373		80.7000

Calificación	Horas Punta	HorasPunta	125
---------------------	--------------------	-------------------	-----

Magnitud Leída	Lectura Anterior	Lectura Actual	Diferencia	Demanda	Concepto	Consumo	Precio Unitario	Total
Energía Activa Total (kWh)	27,202.5657	27,467.9611	265.3954	16,647.5369	Cargo Fijo		10.4600	10.46
Energía Activa Hora Punta (kWh)	5,447.6373	5,500.7979	53.1606	3,334.6209	Cargo por Reposición y Mantenimiento de la Conexión			18.09
Energía Activa Fuera Punta (kWh)	21,754.9284	21,967.1632	212.2348	13,312.9160	Energía Activa	16647.5369	0.2216	3689.09
Energía Reactiva (kVarh)	8,778.5048	8,789.4524	10.8576	681.0679	Pot. Uso Redes Distrib. HP	48.2373	11.5000	554.73
Potencia Hora Punta (kW)	0.6050	0.6620	0.6620	41.5255	Pot. Activa Generación HP	42.7173	55.7900	2383.20
Potencia Fuera Punta (kW)	0.5950	0.6810	0.6810	42.7173	Alumbrado Público (Alicuota : S/ 0.5293)			370.51
Factor Calificación : 0.6245	Fac.Medic. 62.7273				Interés Compensatorio	1.0000	19.5046	19.50
					SUB TOTAL			7045.58
					Imp. Gral. a las Ventas			1268.20
					Interés Moratorio	1.0000	2.3918	2.39
					Saldo por redondeo	1.0000	-0.0200	-0.02
					Redondeo			0.05
					Aporte Ley Nro. 28749	16647.5369	0.0088	148.50
					TOTAL RECIBO DE MAYO-2021			8462.70
					Aporte FOSE(Ley N°27510) S/ 272.84			



Importe 2 Últimos Meses Facturados	
Mar - 2021 S/ 7784.90	Abr - 2021 S/ 7622.60

HISTORICO DE CONSUMOS Y DEMANDAS

	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May
EAFP kWh	10883	10764	11600	13060	13089	13716	11796	10303	10457	10546	10008	11288	12613
EAHP kWh	2779	2672	3030	3709	3503	3606	2857	2535	2624	2800	2678	2752	3335
PFP kW	30.0246	32.8064	37.6961	43.0309	53.1300	46.5437	43.2191	31.6146	30.6737	53.7573	41.2746	37.3227	42.7173
PHP kW	31.6146	36.0205	57.1446	43.5905	45.9655	43.1964	35.4400	30.0246	32.8800	36.8905	34.7509	37.9500	41.5255

Recibo N° S630-16748219

Huallanca/Huaylas

Recibo por Consumo del 01/12/2021 al 31/12/2021

Ciente	ENGIE ENERGIA PERÚ S.A.		
R.U.C.	20333363900		
Dirección	Carr. Carretera Central N° S/N Centro Huallanca - Huallanca / Huaylas / Ancash		
Referencia			
Ruta	242-1658-10		
Tarifa	MT4	Serie Medidor	000000009650268 - Electrón.
Medición	Media Tension	N° Hilos Medidor	4
Tensión y SED	13.8/7.96 kV / E-362559	Modalidad	Potencia Variable
Sist. Eléctrico	SE0124 Huallanca (ST4)	Inicio Contrato	21/12/2016
Tipo Suministro	Trifásica-Aérea(C5.1)	Termino Contrato	20/12/2022

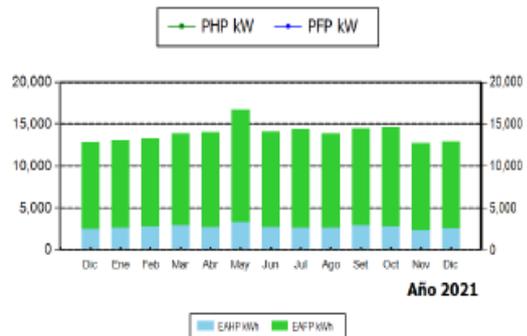
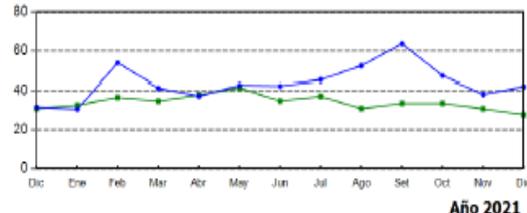
Diciembre-2021

CÓDIGO 58754560

Promedio	Máxima Demanda	Potencia Contratada
60.5633		80.7000

Calificación	Fuera de Punta	Horas Punta	125
--------------	----------------	-------------	-----

Magnitud Leída	Lectura Anterior	Lectura Actual	Diferencia	Demanda	Concepto	Consumo	Precio Unitario	Total
Energía Activa Total (kWh)	28,810.5019	71.5000	206.2354	12,936.5899	Cargo Fijo		11.3465	11.35
Energía Activa Hora Punta (kWh)	5,758.0761	15.4800	41.2718	2,588.8686	Cargo por Reparación y Mantenimiento de la Conexión			19.65
Energía Activa Fuera Punta (kWh)	23,052.4258	56.0400	164.9636	10,347.7212	Energía Activa	12936.5899	0.2499	3232.85
Energía Reactiva (kVarh)	8,846.9675	4.4200	12.2014	765.3609	Pot. Uso Redes Distrib.FP	60.5633	12.6900	768.55
Potencia Hora Punta (kW)	0.4920	0.4420	0.4420	27.7255	Pot. Activa Generación FP	57.5837	38.6300	2224.46
Potencia Fuera Punta (kW)	0.6090	0.6700	0.6700	42.0273	Alumbrado Público (Alicuota : S/ 0.5748)			287.40
Factor Calificación : 0.3597	Fac.Medic. 62.7273				Interés Compensatorio	1.0000	44.5451	44.55
					SUB TOTAL			6588.81
					Imp. Gral. a las Ventas			1185.99
					Interés Moratorio	1.0000	5.1675	5.17
					Saldo por redondeo	1.0000	0.0400	0.04
					Redondeo		0.0500	0.05
					Aporte Ley Nro. 28749	12936.5899	0.0088	113.84
					TOTAL RECIBO DE DICIEMBRE-2021			7893.90
					Aporte FOSE(Ley N°27510) S/ 256.77			



Importe 2 Últimos Meses Facturados	
Oct - 2021 S/ 7906.70	Nov - 2021 S/ 6889.30

HISTORICO DE CONSUMOS Y DEMANDAS

	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
EAHP kWh	13303	10457	10546	10938	11286	13313	11358	11758	11255	11524	11748	10430	10348
EAFP kWh	2635	2624	2630	2678	2752	3335	2778	2635	2620	2964	2947	2284	2589
PFP kW	31.6146	30.6737	53.7573	41.2746	37.3227	42.7173	42.2762	45.2284	52.3146	63.5428	47.2337	38.2000	42.0273
PHP kW	30.9246	32.6809	36.6955	34.7509	37.9500	41.5255	34.6764	37.1973	36.9246	33.6216	33.6200	30.8616	27.7255